



HAL
open science

Une histoire de la "systémologie générale" de Ludwig von Bertalanffy - Généalogie, genèse, actualisation et postérité d'un projet herméneutique

David Pouvreau

► To cite this version:

David Pouvreau. Une histoire de la "systémologie générale" de Ludwig von Bertalanffy - Généalogie, genèse, actualisation et postérité d'un projet herméneutique. Histoire, Philosophie et Sociologie des sciences. Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS), 2013. Français. NNT: . tel-00804157v2

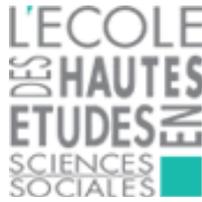
HAL Id: tel-00804157

<https://theses.hal.science/tel-00804157v2>

Submitted on 8 May 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



École des Hautes Études en Sciences Sociales
Formation doctorale « Histoire et civilisations »
Centre Alexandre Koyré

Thèse

Pour l'obtention du titre de docteur de l'E.H.E.S.S.
en Sciences Sociales
Spécialité « Histoire des sciences »

**Une histoire de la « systémologie générale »
de Ludwig von Bertalanffy**

**Généalogie, genèse, actualisation et postérité
d'un projet herméneutique**

Soutenue par

David POUVREAU

le 7 mars 2013 – Mention très honorable, avec félicitations du jury

Jury

Chris BISSELL – Professeur à l'Open University, Walton Hall (rapporteur)

Luciano BOI – Maître de conférences à l'École des Hautes Études en Sciences Sociales

Jean DHOMBRES – Directeur d'Études émérite à l'École des Hautes Études en Sciences Sociales (directeur de thèse)

Paul-Antoine MIQUEL – Professeur à l'Université de Toulouse II

Patricia RADELET-DE-GRAVES – Professeur à l'Université catholique de Louvain (présidente)

Michel SAINT-GERMAIN – Professeur émérite à l'Université d'Ottawa (rapporteur)

*À Hélène, Camille et Sarah,
mes filles*

*À Flora,
ma compagne*

Remerciements

Je tiens ici à remercier en premier lieu Jean Dhombres, mon directeur de thèse à l'École des Hautes Études en Sciences Sociales : pour la grande liberté qu'il m'a laissée dans mes travaux de recherche ; pour l'intérêt qu'il leur a porté ; et surtout pour le niveau d'exigence qu'il m'a appris à avoir, aussi bien dans le contenu des analyses que dans leur formulation stylistique.

Je souhaite également remercier Michel Saint-Germain, professeur émérite en administration de l'éducation à la Faculté d'éducation de l'Université d'Ottawa, qui a considérablement facilité mon travail d'acquisition des sources bibliographiques et par l'intermédiaire duquel j'ai pu m'approcher au plus près du mouvement scientifique dont cette thèse retrace l'histoire.

Je remercie encore Wolfgang Hofkirchner, professeur en sciences et technologies de l'information et de la communication à la *Technische Universität* de Vienne, ainsi que Manfred Drack, chercheur au département de biologie théorique de l'Université de Vienne, pour les échanges stimulants qu'ils m'ont permis d'entretenir avec des représentants contemporains de ce mouvement ; et pour leur mise à ma disposition, dans la capitale autrichienne, d'archives qui se sont révélées précieuses pour mon travail.

Je remercie enfin ma famille pour la patience dont elle a fait preuve et pour le soutien qu'elle m'a apporté tout au long de mes années de thèse.



Ludwig von Bertalanffy (1901-1972)¹

¹ Photographie issue de Gray W. & Rizzo N.D. (1973).

L'historien des sciences trouve toujours que le nombre d'idées fécondes est limité
et qu'elles tendent à réapparaître en spirale à des niveaux toujours plus élevés de sophistication.

(Ludwig von Bertalanffy, 1967)¹

La tâche n'est pas tant de voir ce que nul n'a encore vu
que de penser ce que chacun voit d'une manière dont nul n'a encore pensé

(Arthur Schopenhauer, 1851)².

¹ Bertalanffy L. von (1967a), p. 60.

² Schopenhauer A., in *Parerga und Paralipomena II* (1851) : „Die Aufgabe ist nicht sowohl zu sehen was noch keiner gesehen hat, als, bei dem, was jeder sieht, zu denken, was noch keiner gedacht hat“. Également cité in Bertalanffy L. von (1949e), p. 15.

Une histoire de la « systémologie générale » de Ludwig von Bertalanffy – Généalogie, genèse, actualisation et postérité d'un projet herméneutique

Introduction	1
I-1 – Les origines et les étapes initiales de cette étude	2
I-2 – Définition de l'objet de cette étude et perspective méthodologique adoptée	8
I-3 – Les problèmes spécifiques considérés dans cette étude et son organisation	11
Première partie	17
Généalogie du projet de « systémologie générale »	
Enquête sur les origines des valeurs, des schèmes conceptuels et de la problématique de Ludwig von Bertalanffy	
1-1 – L'omniprésence du thème de la « crise » – Les valeurs de Bertalanffy selon l'idéal de la <i>Bildung</i>	19
1-1-1 – « Crise » des sciences et « crise » de « la » science	19
1-1-1-1 – L'état « critique » des divers domaines académiques	19
1-1-1-2 – Constats de « crise » de « la » science dans son ensemble	22
1-1-2 – Aux origines de la « crise de la culture » : l'idéal de la « <i>Bildung</i> », ses expressions et ses manifestations chez Bertalanffy	23
1-1-2-1 – Des causes et des motifs de la réaffirmation de l'idéal de la <i>Bildung</i>	24
1-1-2-2 – Idéal de la <i>Bildung</i> et rejet de la massification de l'enseignement	27
1-1-2-3 – Aristocratie de la <i>Bildung</i> contre « avènement des masses »	28
1-1-2-4 – Idéal de la <i>Bildung</i> , anti-utilitarisme, anti-matérialisme et anti-capitalisme	29
1-1-2-5 – Idéal de la <i>Bildung</i> et anti-modernisme	32
1-1-2-6 – De l'idéal de la <i>Bildung</i> au mépris et au rejet de la démocratie	34
1-1-2-7 – Idéal de la <i>Bildung</i> et anti-positivisme	35
1-1-2-8 – « Culture » contre « civilisation »	38
1-1-2-9 – « Crise de la culture » et « déclin de l'Occident »	39
1-1-3 – De la « crise de la réalité » à la quête d'un nouveau <i>cosmos</i>	42
1-1-3-1 – Entre relativisme et quête d'absolu	42
1-1-3-2 – La quête d'une « troisième voie »	43
1-1-3-3 – Du <i>chaos</i> au <i>cosmos</i>	44
1-2 – Sur quelques néologismes centraux : essai de clarification	47
1-2-1 – « Mérisme » et « holisme »	47
1-2-1-1 – La logique « méristique »	48
1-2-1-2 – La logique « holistique »	49
1-2-2 – « Réductionnismes » et « émergentismes »	50
1-2-2-1 – Les diverses formes de « réductionnisme »	50
1-2-2-2 – Les diverses formes d'« émergentisme »	51
1-2-3 – « Mécanicismes »	52
1-2-3-1 – Les utilisations restreintes du terme « mécanicisme » et leur inadéquation	52
1-2-3-2 – Une définition du « mécanicisme » – Sa relation aux « vitalismes » en biologie	53
1-3 – La « vie », reine du <i>Zeitgeist</i>	55

1-3-1 – Le flux héraclitéen opposé à l'être parménidien	56
1-3-2 – La « vie » cosmique et ses principes	58
1-3-2-1 – Le thème hylozoïque de la « vie » cosmique	58
1-3-2-2 – De la « créativité » comme catégorie du réel au principe d'« activité primaire »	59
1-3-2-3 – L'évolution cosmique comme « anamorphose » et le dépassement perpétuel de soi en tant que principe général d'accomplissement	61
1-3-3 – Le « pragmatisme vital »	62
1-3-3-1 – Une naturalisation « biologisante » de l'esprit	62
1-3-3-2 – La fortification de la vie comme critère biologiciste ultime de vérité	63
1-3-4 – « Dionysiaque » contre « socratique »	65
1-3-4-1 – La signification du « dionysiaque » chez Nietzsche	65
1-3-4-2 – Les « philosophies de la vie » et l'interprétation irrationaliste du « dionysiaque »	66
1-3-4-3 – La position de Bertalanffy face à l'irrationalisme « <i>lebensphilosophisch</i> »	68
1-3-5 – Sciences de la « vie culturelle » contre sciences de la « nature »	70
1-3-5-1 – Les oppositions entre sciences « nomothétiques » et « idiographiques », ou entre sciences « généralisantes » et « individualisantes » : Windelband et Rickert	70
1-3-5-2 – Les dichotomies diltheyennes	71
1-3-5-3 – Les antithèses spengleriennes	73
1-3-6 – Les résurgences vitalistes en biologie : origines, formes et controverses avec les « mécanismes » biologiques	74
1-3-6-1 – Les sources kantiennes de la « tradition » vitaliste germanique	76
1-3-6-2 – Le courant « téléomécaniciste » de la biologie allemande	78
1-3-6-3 – L'émergence et la domination du paradigme « mécaniciste »	80
1-3-6-4 – De l'embryologie à la métaphysique vitaliste : Hans Driesch	82
1-3-6-5 – Autres vitalismes métaphysiques – « Psychovitalismes »	84
1-3-6-6 – Réactions « mécanicistes » : défense de l'orthodoxie « scientifique »	85
1-3-7 – Premier bilan de l'impact des « philosophies de la vie » sur la détermination des schèmes conceptuels et de la problématique de Bertalanffy	89
1-4 – Ubiquité et universalité de la catégorie de « totalité »	91
1-4-1 – <i>Hen kai Pan</i> ! : « l'Un et le Tout » dans la « tradition » de <i>Naturphilosophie</i>	91
1-4-1-1 – Une philosophie de l'Identité : le monisme spinoziste des <i>Naturphilosophen</i>	92
1-4-1-2 – La science en tant que projet holistique humaniste	93
1-4-1-3 – Le holisme métaphysique « intégral » des <i>Naturphilosophen</i>	94
1-4-1-4 – L'analogie substituée à la causalité en tant que voie d'intelligibilité du cosmos	95
1-4-1-5 – « <i>Ex omnibus partibus relucet totum</i> » : holisme et principe d'analogie	97
1-4-1-6 – La morphologie goethéenne et son concept de « type »	98
1-4-1-7 – La dialectique de la Nature et le principe cosmique d'équilibre dynamique	99
1-4-1-8 – Le principe holistique de tendance vers la stabilité chez Fechner et Pezoldt	101
1-4-1-9 – L'épigenèse cosmique et le principe universel d'auto-organisation	102
1-4-1-10 – La « vision monadologique du monde »	102
1-4-1-11 – L'émergentisme et l'indéterminisme selon Fechner	104
1-4-1-12 – Bilan des réminiscences du <i>Hen kai Pan</i> chez Bertalanffy	105
1-4-2 – L'avènement de pensées « holistiques » en sciences physiques	106
1-4-2-1 – Vers une « homogénéisation » de la réalité physique	106
1-4-2-2 – La « désubstantialisation » de la physique	107
1-4-2-3 – La nature statistique des lois et « l'indéterminisme » de la nouvelle physique	109
1-4-2-4 – La réhabilitation de la téléologie en tant que principe formel	112
1-4-2-5 – La physique moderne investie par le holisme	114
1-4-3 – La résurgence de métaphysiques holistiques et émergentistes dans le premier tiers du XX^e siècle	116
1-4-3-1 – Le « procès » comme catégorie fondamentale du réel	118
1-4-3-2 – Métaphysique de la relation contre métaphysique de la substance – La relativité des concepts de « forme » et de « matière »	120
1-4-3-3 – Une logique holistique universelle	121
1-4-3-4 – Causalité holistique contre causalité méristique	125
1-4-3-5 – « Évolution créatrice » et principes émergentistes	127
1-4-3-6 – Stratification du réel et problématique de l'unité dans la diversité	131

1-4-3-7 – Bilan de l’impact sur Bertalanffy de la résurgence contemporaine de métaphysiques holistiques et émergentistes	135
1-4-4 – L’avènement de psychologies holistiques	136
1-4-4-1 – La psychologie « associationniste » du XIX ^e siècle et ses relais en neurologie	136
1-4-4-2 – Premières attaques de la psychologie « associationniste »	137
1-4-4-3 – La « psychologie de la <i>Gestalt</i> ».....	140
1-4-4-4 – L’ébauche d’une « théorie générale de la <i>Gestalt</i> » par Wolfgang Köhler	145
1-4-4-5 – Des critiques holistiques de la « psychologie de la <i>Gestalt</i> » à la « psychologie de la totalité »	149
1-4-4-6 – Bilan de l’impact sur Bertalanffy de l’avènement de psychologies holistiques	152
1-4-5 – La réaffirmation de perspectives holistiques en sciences biologiques	153
1-4-5-1 – Approches holistiques en embryologie	154
1-4-5-2– Des insuffisances des théories de l’évolution phylogénétique à l’émergence d’une conception « bionomogénétique » de cette évolution	158
1-4-5-3 – Un « retour à Goethe » en morphologie.....	162
1-4-5-4 – Approches holistiques du problème de l’hérédité	165
1-4-5-5 – L’organisme et son environnement comme « totalité »	168
1-4-5-6 – L’organisme en tant que « totalité » dans son environnement.....	170
1-4-5-7– Associations biologiques et biocénoses : les « totalités supra-individuelles »	174
1-4-5-8 – Le cadre holistique de la « biologie physique » d’Alfred J. Lotka : premiers éléments sur l’un des ancêtres directs du projet « systémologique » général	179
1-4-5-9 – Totalité et téléologie	182
1-4-5-10 – Émergentisme métaphysique et holisme naturaliste en philosophie biologique : de Montgomery à Woodger	188
1-4-5-11– Vitalisme méthodologique et biologie holistique : Ungerer	193
1-4-5-12– Philosophie biologique et « théorie de la <i>Gestalt</i> »	194
1-4-5-13– Bilan de l’impact sur Bertalanffy de la réaffirmation de perspectives holistiques en biologie	200
1-4-6 – Perspectives holistiques en médecine en général et en psychiatrie en particulier	201
1-4-6-1 – Résurgences naturopathistes	202
1-4-6-2– « Pathologie constitutionnelle », « typologie constitutionnelle » et médecine psychosomatique	203
1-4-6-3 – Holismes organismiques en neuropsychiatrie.....	205
1-4-6-4 – Bilan de l’impact sur Bertalanffy des médecines holistiques	208
1-4-7 – Ontologies et méthodologies holistiques en sciences sociales	209
1-4-7-1 – Quelques traits problématiques des ontologies holistiques en sciences sociales	210
1-4-7-2– Ontologies holistiques et constitution des sciences sociales	212
1-4-7-3 – Organicisme et sociologie biologiciste au XIX ^e siècle	217
1-4-7-4 – Du concept de « communauté » à la théorie de l’État total	218
1-4-7-5 – Des morphologies de « l’histoire universelle » à la thèse du « déclin de l’Occident »	220
1-4-7-6 – L’« herméneutique » en tant que méthodologie holistique propre à des « sciences de l’esprit » appréhendées dans une perspective « morphologique »	225
1-4-7-7 – Bilan de l’impact sur Bertalanffy des diverses manifestations du holisme en sciences sociales	227
1-5 –« Vie », « totalité » et idéologie	229
1-5-1 – Origines et logiques de l’idéologisation des holismes	229
1-5-1-1 – Mécanicismes et idéologies au XIX ^e siècle	229
1-5-1-2 – Holismes, idéal de la <i>Bildung</i> et « idéologie mandarinale »	230
1-5-1-3 – La « totalité » comme « métaphore générative » et véhicule de l’idéologisation de la science	231
1-5-2 – La conjonction des holismes et des « philosophies de la vie » dans l’idéologie totalitaire.....	233
1-5-2-1 – Concept holistique de « communauté du peuple » et « réalisme héroïco-populaire »	233
1-5-2-2 – La science holistique et le cautionnement du totalitarisme national-socialiste	235
1-5-3– Biologie, holisme et idéologies	240
1-5-3-1 – Biologie, holisme et socialisme	240
1-5-3-2 – Biologie, holisme et eugénisme – Les positions critiques de Bertalanffy	242
1-5-3-3 – Le holisme au service du racisme et de l’antisémitisme	245
1-5-3-4 – La biologie en général et la biologie holistique en particulier en tant que piliers du national-socialisme	247
1-5-3-5 – Biologie, holisme et enseignement dans l’État national-socialiste	251
1-5-3-6 – Bertalanffy en tant que biologiste du III ^e Reich	253
1-6 – Conclusion de la première partie : la problématique de Bertalanffy et les vocations de ses travaux	257

Seconde partie..... 263

La genèse du projet de « systémologie générale » de Ludwig von Bertalanffy

**Du perspectivisme au projet « systémologique » général
via la biologie « organismique » et la « théorie des systèmes ouverts »**

2-1– Importance, origines et fondements du perspectivisme de Bertalanffy 265

2-1-1 – Nécessités d’une prise en compte de la théorie de la connaissance de Bertalanffy en préalable à toute interprétation de ses travaux265

2-1-1-1 – La précocité et le rôle central du perspectivisme de Bertalanffy265

2-1-1-2 – Le problème des interprétations erronées des positions de Bertalanffy265

2-1-1-3 – Premiers éléments sur l’inscription du perspectivisme de Bertalanffy dans la tradition critico-idéaliste266

2-1-2 – Une « anthropologie philosophique » comme cadre du perspectivisme bertalanffien ..270

2-1-2-1 – Fondements biologiques de la spécificité humaine270

2-1-2-2 –Principe de « cognition créatrice » contre « dogme de l’immaculée perception » : le cadre constructiviste de Bertalanffy272

2-1-2-3 – La spécificité de l’homme en tant qu’« animal symbolique »276

2-1-2-4 – La fonction médiatrice du symbolisme278

2-1-2-5 – Points de vue néo-kantiens sur les origines, la genèse et la logique évolutive de la fonction symbolique280

2-1-2-6 –L’éclairage des psychologies « génétiques » sur les origines, la genèse et la logique évolutive de la fonction symbolique283

2-1-2-7 – Productivité et autonomie des univers symboliques285

2-1-2-8 – L’ambivalence de la fonction symbolique et ses conséquences : la « tragédie de la culture » selon Bertalanffy ...287

2-1-3 – La théorie perspectiviste de la connaissance de Bertalanffy.....289

2-1-3-1 – La thèse de la relativité biologique des catégories289

2-1-3-2 – La thèse de la relativité culturelle des catégories291

2-1-3-3 – Le thème perspectiviste de Bertalanffy et sa dualité : principales ascendances dans le contexte des années 1920 .295

2-1-3-4 – Les ascendances cusaine et leibnizienne du perspectivisme bertalanffien et de sa dualité297

2-1-3-5 –Sur l’origine nietzschéenne du choix du terme « perspectivisme » par Bertalanffy et sur la signification de son mutisme à cet égard302

2-1-3-6 – Le perspectivisme de Bertalanffy en tant que théorie évolutionniste de la connaissance306

2-1-3-7 – Le perspectivisme de Bertalanffy en tant que théorie « transactionnaliste » et « génétique » de la connaissance ..309

2-1-3-8 – Le perspectivisme de Bertalanffy comme relationalisme313

2-1-3-9 – Les sources « phénoménalistes », « fictionalistes » et « logico-positivistes » du relationalisme de Bertalanffy314

2-1-3-10 – Les sources néo-criticistes du relationalisme de Bertalanffy et le constructivisme de Cassirer comme modèle pour sa compréhension319

2-1-3-11 – Le perspectivisme comme condition de l’objectivité : du processus de « dé-anthropomorphisation » au « structuralisme mathématisé »322

2-1-3-12 – Idéalisme néo-criticiste ou réalisme structural ? Des limites et de la dignité de la connaissance humaine329

2-2– Les expressions du perspectivisme de Bertalanffy dans sa philosophie des sciences et son concept de « système » 333

2-2-1 – La promotion de la pensée théorique dans un cadre perspectiviste333

2-2-1-1 – Nécessité de la pensée théorique et d’un rejet de l’empirisme dogmatique333

2-2-1-2 – Nature de la pensée théorique338

2-2-1-3 – Vocations et critères de validation de la pensée théorique343

2-2-1-4 – D’une « science des images » à une « science des principes »344

2-2-1-5 – La « science des principes » comme science mathématique ?346

2-2-1-6 – La science en tant qu’art perspectiviste de l’omission et de l’interprétation du « réel ».....349

2-2-2 – Du perspectivisme au « modélisme »354

2-2-2-1 – Le modèle comme « essence de toute connaissance en général »354

2-2-2-2 – Premières manifestations du concept de modèle chez Bertalanffy358

2-2-2-3 – Eléments constitutifs de la compréhension bertalanffienne du concept de modèle359

2-2-2-4 – Esquisse d’une reconstruction systématique de la compréhension bertalanffienne du concept de modèle363

2-2-2-5 – Une typologie perspectiviste des modèles366

2-2-2-6 – Le concept d’isomorphisme nomique : racines d’une émergence369

2-2-2-7 – Fonctions des modèles375

2-2-2-8 – Évaluation des modèles379

2-2-2-9 – Dangers des modèles380

2-2-3 – Du perspectivisme à l’herméneutique « systémologique »	381
2-2-3-1 – L’ambivalence constitutive du concept de système et ses origines	382
2-2-3-2 – Le concept de système : tentatives de définition	384
2-2-3-3 – « Agrégat » et « système » : sur les sens d’une complémentarité	388
2-2-3-4 – Les difficultés associées au concept de système	391
2-2-3-5 – Le « système » comme perspective de l’existant	395
2-2-3-6 – La compréhension perspectiviste du « système » à la lumière des réflexions des systémiciens immédiatement postérieures à la genèse du projet « systémologique »	400
2-2-3-7 – Structuralisme et compréhension perspectiviste du « système »	404
2-2-3-8 – La compréhension perspectiviste du « système » à la lumière des réflexions des systémiciens postérieures à la fin des années 1960	406
2-2-3-9 – L’émergence et la stratification du « réel » dans un cadre perspectiviste	411
2-2-3-10 – Vers une herméneutique « systémologique »	416

2-3– La perspective « organismique » de Bertalanffy : du programme biothéorique à la « systémologie biologique »..... 421

2-3-1 – Légitimité, exigence, nature et vocations d’une biologie théorique421

2-3-1-1 – De la légitimité d’une biologie théorique	421
2-3-1-2 – L’exigence d’une biologie théorique	426
2-3-1-3 – Les deux sens de la biologie théorique selon Bertalanffy	428
2-3-1-4 – La biologie théorique, vecteur de l’accession de la biologie au rang de science « exacte »	431
2-3-1-5 – Le « système de la biologie » selon Bertalanffy	434

2-3-2 –« Par-delà le mécanicisme et le vitalisme » : la perspective et le programme « organismiques » de Bertalanffy437

2-3-2-1 – La « théorie critique de la morphogenèse », acte de naissance de la biologie « organismique » de Bertalanffy	437
2-3-2-2 – L’expression « biologie organismique » : origines et premières significations chez Bertalanffy	440
2-3-2-3 – La critique générale des mécanicismes biologiques	442
2-3-2-4 – La critique spécifique des perspectives méristiques en biologie	446
2-3-2-5 – La critique stratégique du « péché » méristique des théories « sélectionnistes » et « mutationnistes » de l’évolution phylogénétique	451
2-3-2-6 – La critique des vitalismes non méthodologiques	453
2-3-2-7 – La perspective et le programme « organismiques » bertalanffiens en biologie	455
2-3-2-8 – Diversité et critique des perspectives « organismiques » – La conception bertalanffienne des rapports entre physique et biologie	458
2-3-2-9 – Les lois « organismiques » comme « statistiques d’ordre supérieur » – De la signification de leur autonomie	464

2-3-3 – Des « principes organismiques » à l’ébauche d’une « systémologie biologique »468

2-3-3-1 – Premières étapes vers le concept du système ouvert en « équilibre de flux »	469
2-3-3-2 – Le système ouvert en « équilibre de flux », premier « principe » théorique « organismique »	472
2-3-3-3 – Le second « principe » théorique « organismique » : l’ordre hiérarchique	475
2-3-3-4 – Ordre hiérarchique et « causalité d’impulsion »	478
2-3-3-5 – La combinaison des « principes » théoriques « organismiques » et la caractérisation du vivant : l’ordre hiérarchique de systèmes ouverts en équilibre de flux	481
2-3-3-6 – Trois conséquences de la combinaison des deux « principes » théoriques « organismiques »	485
2-3-3-7 – Les trois schèmes philosophiques d’interprétation « organismique » de la réalité biologique : « totalité », « ordre dynamique » et « activité primaire »	487
2-3-3-8 – Des organismes aux « organisations d’ordre supérieur » : le concept général de « système organisé »	491
2-3-3-9 – L’ébauche d’une « systémologie biologique »	496

2-3-4 – La réception de la biologie « organismique » de Bertalanffy500

2-3-4-1 – Des réceptions défavorables aux emprunts silencieux de la biologie « organismique » de Bertalanffy parmi les biologistes et philosophes de la biologie	500
2-3-4-2 – Les critiques négatives de la biologie « organismique » de Bertalanffy issues des rangs néo-positivistes	504
2-3-4-3 – Les réceptions favorables de la biologie « organismique » de Bertalanffy dans le monde germanophone	506
2-3-4-4 – Les réceptions favorables de la biologie « organismique » de Bertalanffy hors du monde germanophone	510
2-3-4-5 – Bilan de la réception de la biologie « organismique » de Bertalanffy	513

2-4– L’impact des premiers développements d’une biologie mathématique sur la genèse du projet de « systémologie générale » 515

2-4-1 – Éléments historiques sur les obstacles opposés à la rencontre entre biologie, mathématiques et modes holistiques de pensée516

2-4-1-1 – Fechner, premier avocat d’une biologie mathématique ?	516
2-4-1-2 – Biologie scientifique, mathématiques et holisme : improbables mariages	517

2-4-2 – Défenses et illustrations d’une morphologie mathématique	518
2-4-2-1 – Du type morphologique à la « similitude topologique » : les mathématiques comme instrument du holisme chez D’Arcy W. Thompson	519
2-4-2-2 – La « bionomie » comme science mathématique des formes organiques	524
2-4-3 – L’avènement d’une « biophysique mathématique » et de modèles mathématiques de systèmes ouverts en physiologie	528
2-4-3-1 – Les modèles de croissance et de division cellulaire de Rashevsky	529
2-4-3-2 – Des modèles mathématiques de l’excitation et de la conduction nerveuses	533
2-4-3-3 – La philosophie de la mathématisation de Rashevsky dans son programme d’une « biophysique mathématique »	536
2-4-3-4 – De la difficulté de légitimer une théorisation mathématique en biologie : les critiques adressées à Rashevsky et leur caractère paradigmatique	542
2-4-4 – Du « holisme écologique » à la mathématisation des systèmes biocénétiques : Lotka, pionnier du projet « systémologique » général	545
2-4-4-1 – Les « équations fondamentales de la Cinétique de l’évolution »	546
2-4-4-2 – Un principe général de formalisation des systèmes ouverts	548
2-4-4-3 – La construction <i>a priori</i> du modèle logistique de croissance d’une population	550
2-4-4-4 – La « stoechiométrie » des associations biologiques dans une perspective « systémologique »	553
2-4-4-5 – Méthodologie et signification de la mathématisation dans la perspective « systémologique » de Lotka	558
2-4-5 – De la théorie mathématique de la « lutte pour la vie » de Volterra au « chrono-holisme » biomathématique de Donnan	562
2-4-5-1 – Premiers aspects de la « théorie mathématique de la lutte pour la vie » de Volterra	563
2-4-5-2 – De l’usage méthodologique d’un isomorphisme pour la construction mathématique d’une théorie biologique : la « dynamique démographique » de Volterra	566
2-4-5-3 – Les significations de l’approche analogique de Volterra et sa spécificité par rapport à celle de Lotka	567
2-4-5-4 – De la « mécanique héréditaire » de Volterra à la prophétie holiste de Meyer-Abich	568
2-4-5-5 – « Chrono-holisme » et équations intégro-différentielles : la contribution de Donnan	570
2-4-5-6 – Les critiques « holistiques » des travaux de Donnan et l’impact de ces travaux sur Bertalanffy	572
2-4-6 – Les prémisses d’une biologie (logico-) mathématique « qualitative » chez Woodger et dans le <i>Theoretical Biology Club</i>	574
2-4-6-1 – Une approche logico-mathématique de la théorie de l’organisme	575
2-4-6-2 – La construction logico-mathématique du concept d’ordre hiérarchique	578
2-4-6-3 – Le <i>Theoretical Biology Club</i> : vers une approche topologique de la morphogenèse	579
2-4-6-4 – La « biologie axiomatique » de Woodger	581
2-4-6-5 – Les enseignements tirés par Bertalanffy des ébauches de « mathématiques de la forme » organique	584
2-4-7 – Les médiations mutuelles fécondes entre biologie scientifique, pensées holistiques et mathématiques, et leur impact sur les idées de Bertalanffy	585
2-4-7-1 – Logique et fécondité des médiations mutuelles entre biologie scientifique, pensées holistiques et mathématiques	585
2-4-7-2 – L’impact de la biologie mathématique sur le programme « organismique » de Bertalanffy et sur la genèse de son projet « systémologique » général	586
2-5– De la théorie de la croissance organique à la « morphologie dynamique » : la mise en œuvre du programme « organismique »	591
2-5-1 – La théorie mathématique de la croissance animale globale	593
2-5-1-1 – La problématique de la croissance animale globale : difficultés et controverses	594
2-5-1-2 – La multiplicité des tentatives de formulation mathématique du cours de la croissance animale globale – Leurs insuffisances et critiques respectives	599
2-5-1-3 – Une première approche de la croissance animale globale par Bertalanffy : modèle d’un système chimique ouvert dirigé vers un « pseudo-équilibre dynamique »	601
2-5-1-4 – Premier modèle mathématique bertalanffien de croissance animale globale	603
2-5-1-5 – Les insuffisances du premier modèle et leurs significations	607
2-5-1-6 – La théorie mathématique de la croissance animale globale de Bertalanffy	610
2-5-1-7 – L’impact de la théorie mathématique de la croissance animale globale de Bertalanffy dans l’évolution de ses idées	616
2-5-2 – Vers une « morphologie dynamique »	618
2-5-2-1 – Considérations systémiques sur la morphologie en général et sur le concept d’homologie en particulier	618
2-5-2-2 – De la possibilité d’un traitement mathématique de la croissance relative	621
2-5-2-3 – De l’interprétation physiologique des relations allométriques de la croissance relative à l’esquisse d’une théorie synthétique de la croissance animale	625
2-5-2-4 – La « morphologie dynamique » comme expression de la perspective « organismique » relativement au problème de la forme organique	628
2-5-2-5 – La « morphologie dynamique », véhicule de l’annexion de la génétique au programme « organismique »	629

2-5-2-6 – La « morphologie dynamique », véhicule de l’annexion de la théorie de l’évolution phylogénétique au programme « organismique »	632
2-5-2-7 – L’extension de la perspective « organismique » aux « unités biologiques élémentaires », conçues comme « cristaux unidimensionnels à métabolisme »	636
2-5-2-8 – Les fonctions et les insuffisances de la « morphologie dynamique » de Bertalanffy : bilan de la mise en œuvre de son programme « organismique »	639

2-6– La « théorie des systèmes ouverts », antichambre de la « systémologie générale » **643**

2-6-1 – Esquisse d’une théorie (cinétique) générale des systèmes ouverts **643**

2-6-1-1 – Vers un modèle formel des systèmes ouverts en général	644
2-6-1-2 – La « théorie des systèmes ouverts », acte de naissance d’une ontologie des « systèmes généraux » : ambiguïtés et difficultés du texte fondateur de Bertalanffy	647
2-6-1-3 – De la construction de l’être « système ouvert général » à partir de ses paradigmes : à la recherche d’attributs communs aux systèmes ouverts « concrets ».....	650
2-6-1-4 – Les significations et les vocations de la « théorie des systèmes ouverts » eu égard au programme « organismique » et au projet « systémologique » général	651

2-6-2 – La connexion entre « théorie des systèmes ouverts » et thermodynamique des processus irréversibles **653**

2-6-2-1 – L’avènement de la thermodynamique des processus irréversibles	655
2-6-2-2 – La pertinence douteuse du « théorème de Prigogine » pour la biologie	657
2-6-2-3 – La relation de Bertalanffy à la thermodynamique des processus irréversibles	658

2-7–Conclusion de la seconde partie : les véhicules du projet de « systémologie générale » de Bertalanffy **663**

Troisième partie..... **667**

Des premières formulations du projet de « systémologie générale » à son actualisation dans la *Society for General Systems Research*

3-1– Les premières formulations du projet de « systémologie générale » par Bertalanffy **669**

3-1-1 – Chronologie et motivation des premiers exposés de Bertalanffy entre 1945 et 1953..... **670**

3-1-1-1 – Éléments chronologiques	671
3-1-1-2 – Les motivations de Bertalanffy	673

3-1-2 – Les arguments et postulats fondateurs de Bertalanffy **675**

3-1-2-1 – Le constat de « parallélismes » holistiques	675
3-1-2-2 – Le constat de « parallélismes » émergentistes et le postulat « régulateur » d’une stratification du « réel » en « niveaux d’organisation » autonomes	678
3-1-2-3 – Le postulat de l’existence de lois et de principes systémiques généraux	680
3-1-2-4 – Le projet d’une « systémologie générale »	685
3-1-2-5 – Le rôle « illustratif » du système différentiel général d’ordre 1 et du « système ouvert général ».....	689
3-1-2-6 – Le biais « organismique » assumé de la « systémologie générale »	696

3-1-3 – Premières controverses autour du statut scientifique de la « systémologie générale » et de son concept fondamental d’isomorphisme **698**

3-1-3-1 – Controverses autour du statut de « science formelle » de la « systémologie générale »	698
3-1-3-2 – Controverses autour du concept d’isomorphisme	702

3-1-4 – Les fonctions de la « systémologie générale » telles qu’initialement conçues par Bertalanffy **706**

3-1-4-1 – La perspective d’un cadre méthodologique de la modélisation systémique.....	707
3-1-4-2 – La « systémologie générale », organe d’extensions conceptuelles en vue de théorisations « exactes » non réductionnistes dans les sciences non physiques	708
3-1-4-3 – La « systémologie générale », véhicule d’une unité formelle de la science	710
3-1-4-4 – Le rôle de la « systémologie générale » dans la formation des scientifiques	711
3-1-4-5 – Premières expressions des dimensions axiologique, idéologique et praxéologique de la « systémologie générale »	715

3-1-5 – Conclusion sur les premiers exposés du projet de « systémologie générale » par Bertalanffy	721
---	------------

3-2– Les itinéraires respectifs des cofondateurs de la <i>Society for General Systems Research</i> avant 1954 : leur cheminement propre vers le projet de « systémologie générale »	723
--	------------

3-2-1 – Le creuset de l’université de Chicago et l’impulsion de la Fondation Ford dans un contexte politique spécifique	723
--	------------

3-2-1-1 – L’université de Chicago : une politique favorable à l’épanouissement de l’interdisciplinarité et d’approches holistiques	723
--	-----

3-2-1-2 – L’impulsion de la Fondation Ford et son contexte politique	724
--	-----

3-2-1-3 – L’université de Chicago, carrefour des fondateurs de la <i>Society for General Systems Research</i>	725
---	-----

3-2-2 – Ralph W. Gerard : de l’« org » comme modèle d’une sociologie biologiciste à l’idéal technocratique et totalitaire	726
--	------------

3-2-2-1 – Étapes de la formation d’une problématique holistique et transdisciplinaire	726
---	-----

3-2-2-2 – « Orgs » et « animorgs »	728
--	-----

3-2-2-3 – Le concept d’« épiorganisme », fondement d’une sociologie biologiciste	730
--	-----

3-2-2-4 – Une philosophie organiciste de la science	733
---	-----

3-2-2-5 – Un idéal politique technocratique et totalitaire	735
--	-----

3-2-3 – Anatol Rapoport : entre réflexion sur la place des mathématiques dans la compréhension systémique et philosophie opérationnaliste de la science	737
--	------------

3-2-3-1 – De la musique aux mathématiques	737
---	-----

3-2-3-2 – Un retour à l’esprit « systémologique » de Lotka	738
--	-----

3-2-3-3 – Une philosophie « opérationnaliste » de la connaissance	739
---	-----

3-2-3-4 – Analogies, métaphores et modèles scientifiques dans la perspective « opérationnaliste » de Rapoport	743
---	-----

3-2-3-5 – Une légitimation « opérationnaliste » des approches holistiques	744
---	-----

3-2-3-6 – Les dimensions axiologique et praxéologique de la recherche scientifique	746
--	-----

3-2-4 – James G. Miller : vers une intégration de la biologie, de la psychologie et des sciences sociales dans les « sciences du comportement »	747
--	------------

3-2-4-1 – Formation et premières activités de Miller en tant que psychologue	747
--	-----

3-2-4-2 – Création, vocations intégratives et activités du « Comité sur les sciences du comportement »	748
--	-----

3-2-4-3 – Convergences et divergences entre le projet « systémologique » de Bertalanffy et les travaux du groupe dirigé par Miller	750
--	-----

3-2-5 – Kenneth E. Boulding : l’ouverture de l’économie à la transdisciplinarité et l’approche « systémologique » de la « révolution organisationnelle »	750
---	------------

3-2-5-1 – Formation et germes de l’hétérodoxie d’un économiste Quaker et pacifiste	751
--	-----

3-2-5-2 – La critique de l’économie orthodoxe : vers une « économie écologique » en tant que perspective particulière parmi d’autres portée sur le système social	752
---	-----

3-2-5-3 – La fonction axiologique des sciences sociales selon Boulding	754
--	-----

3-2-5-4 – Les orientations « systémologiques » du séminaire dirigé par Boulding à l’Université du Michigan à partir de 1949	755
---	-----

3-2-5-5 – Une approche « systémologique » de la « révolution organisationnelle »	756
--	-----

3-2-6 – L’unité dans la diversité des perspectives développées par les fondateurs de la <i>Society for General Systems Research</i> avant sa création	762
--	------------

3-3– L’avènement parallèle des « cybersciences » : aux sources de leur rapprochement avec le projet de « systémologie générale »	765
---	------------

3-3-1 – La mesure mathématique de l’information et le problème de sa signification transdisciplinaire dans une perspective « systémologique »	766
--	------------

3-3-1-1 – Éléments sur les origines du concept mathématique d’information et de son interprétation problématique	766
--	-----

3-3-1-2 – Une mesure de l’information isomorphe à l’entropie thermodynamique	767
--	-----

3-3-1-3 – La tentation d’interpréter l’information mathématique comme une mesure généralisée de la complexité systémique et les espoirs nourris à cet égard	769
---	-----

3-3-1-4 – La distance critique précoce de certains systémiciens proches de Bertalanffy	771
--	-----

3-3-2 – Les sources et premiers développements constitutifs de la cybernétique	773
---	------------

3-3-2-1 – Une diversité de sources disciplinaires originelles	773
---	-----

3-3-2-2 – Une entreprise de réhabilitation scientifique de la téléologie au moyen du mécanisme de « rétroaction négative »	774
--	-----

3-3-2-3 – Premières focalisations sur les schèmes de causalité circulaire dans le champ des sciences sociales	776
---	-----

3-3-2-4 – La logique mathématique, instrument d’un projet de théorie unifiée du fonctionnement du cerveau et des ordinateurs	777
3-3-2-5 – Les colloques de la Fondation Macy, lieux de l’émergence de la cybernétique comme nouveau champ scientifique	778
3-3-2-6 – La vocation de la cybernétique à s’établir comme science générale et transdisciplinaire du comportement finalisé des systèmes complexes	779
3-3-2-7 – Les apparentes promesses offertes par la cybernétique aux sciences sociales et les difficultés manifestes de leur satisfaction	781
3-3-2-8 – Les biais mécanicistes ou réductionnistes des premiers cybernéticiens et leurs premières critiques	783
3-3-2-9 – Les enjeux idéologiques et sociopolitiques de la cybernétique	785
3-3-3 – Les premiers positionnements critiques de Bertalanffy vis-à-vis de la cybernétique.....	786
3-3-3-1 – Les « parallélismes » entre cybernétique et « systémologie générale » relevés par Bertalanffy	787
3-3-3-2 – La critique bertalanffienne du modèle cybernétique d’explication du comportement téléologique : « ordre dynamique » contre « ordre machinaliste »	787
3-3-3-3 – L’interprétation bertalanffienne de la cybernétique comme une branche spécifique de la « systémologie générale »	790
3-3-4 – William R. Ashby, médiateur entre cybernétique et « systémologie générale »	791
3-3-4-1 – La problématique initiale d’Ashby : nature et origine du comportement adaptatif	791
3-3-4-2 – Une focalisation sur la « machine » en tant que « système à état déterminé »	792
3-3-4-3 – La critique de Bertalanffy par Ashby et son interprétation de la cybernétique comme une « théorie générale des systèmes » (à état déterminé)	793
3-3-4-4 – Une intégration de l’« ordre dynamique » à l’optique de la cybernétique tendant à réduire la portée des critiques de Bertalanffy	795
3-3-4-5 – « Machines isomorphes », « machines homomorphes » et problématique de la modélisation systémique : les précisions apportées par Ashby	796
3-3-4-6 – Par-delà l’opposition entre déterminisme et spontanéisme : l’homéostat d’Ashby, machine réelle auto-adaptative	797
3-3-4-7 – La « loi systémique générale exacte » de la « variété requise », fondement d’un rapprochement avec la conception bertalanffienne de l’« ordre organismique »	799
3-3-5 – Origines et perspectives de la « recherche opérationnelle ».....	801
3-3-5-1 – Les étapes de la constitution de la « recherche opérationnelle » comme discipline scientifique autonome et sa problématique générale	801
3-3-5-2 – Concepts centraux et spécificités de la « recherche opérationnelle » comme science des systèmes adaptatifs et finalisés	803
3-3-5-3 – La « recherche opérationnelle » comme méthodologie interdisciplinaire de l’étude systémique des problèmes posés par les organisations sociales modernes	804
3-3-5-4 – Les traits herméneutique et praxéologique de la « recherche opérationnelle », sources de dialogues conflictuels avec la « systémologie générale »	805
3-3-6 – La situation problématique des « cybersciences » et les raisons de leur rapprochement avec le projet de « systémologie générale »	806
3-4– Création et dynamiques de la <i>Society for General Systems Research</i> : la « systémologie générale », point de convergence ?	809
3-4-1 – Les étapes de la création de la <i>Society for General Systems Research</i>	809
3-4-1-1 – Préliminaires à la création de la société	809
3-4-1-2 – La fondation du <i>Center for advanced studies in the behavioral sciences</i>	811
3-4-1-3 – Les recherches menées au C.A.S.B.S., première phase de l’actualisation du projet « systémologique » général	814
3-4-1-4 – Une prise de conscience par Bertalanffy de l’émergence d’un « mouvement systémique » et de ses conséquences pour son projet « systémologique » général	817
3-4-1-5 – Les plans d’une « société pour le développement de la théorie des systèmes généraux » (<i>Society for the Advancement of General Systems Theory</i>)	818
3-4-1-6 – Le <i>Mental Health Research Institute</i> d’Ann Arbor, institut de « recherche sur les systèmes généraux »	820
3-4-1-7 – Constitution et aspects initiaux de la <i>Society for General Systems Research</i> – Une société scientifique vouée à la « recherche sur les systèmes généraux »	823
3-4-2 – Les principales dynamiques d’évolution de la S.G.S.R. après sa création	825
3-4-2-1 – Premiers aspects évolutifs : effectifs, internationalisation, activités et représentation des courants du « mouvement systémique »	825
3-4-2-2 – Le clivage entre recherches purement théoriques et recherches appliquées et la pression pour un investissement dans la résolution des problèmes sociopolitiques	829
3-4-2-3 – Les <i>General systems yearbooks</i> , forum de la S.G.S.R.	831
3-4-2-4 – Une étude des tendances globales des articles publiés dans <i>General systems</i>	835
3-4-2-5 – La revue <i>Behavioral science</i> et le M.H.R.I., lieux d’une transformation progressive des vocations de la « recherche sur les systèmes généraux » ?	838

3-4-2-6 – Les attaques précoces par Rapoport, Bertalanffy et Boulding des tendances technocratiques et scientifiques au sein du « mouvement systémique »	842
3-4-2-7 – La recherche « systémologique » générale, courant spécifique d'un « mouvement systémique » traversé par de multiples clivages	847

Quatrième partie 853

Maturation et postérité de l'« herméneutique systémologique » Un essai de systématisation

4-1– La maturation de l'« herméneutique systémologique » – Essai de systématisation 855

4-1-1 – Un schéma systématique de l'« herméneutique systémologique »855

4-1-1-1 – La définition problématique de la nature du champ « systémologique »	855
4-1-1-2 – Premières tentatives de classifications de la « systémologie générale »	857
4-1-1-3 – Un schéma du « système herméneutique de la systémologie générale »	859

4-1-2 – Le pôle de la « systémologie philosophique »861

4-1-2-1 – Le perspectivisme comme philosophie « systémologique » de la connaissance	862
4-1-2-2 – L'anthropologie philosophique « systémologique »	864
4-1-2-3 – La philosophie « systémologique » de la science	864
4-1-2-4 – Composante ontologique de la « systémologie philosophique »	868
4-1-2-5 – Composante logique de la « systémologie philosophique »	872
4-1-2-6 – Composante méthodologique de la « systémologie philosophique » – De la place et des fonctions des « sciences formelles » en « systémologie théorique »	878
4-1-2-7 – La métaphysique « systémologique »	890
4-1-2-8 – L'axiologie « systémologique »	893
4-1-2-9 – La vocation praxéologique de la « systémologie générale »	900
4-1-2-10 – La « systémologie générale » entre praxéologie et idéologie	901
4-1-2-11 – La « systémologie générale » comme projet humaniste	911

4-1-3 – Le pôle de la « systémologie théorique fondamentale ».....914

4-1-3-1 – L'ontologie des « systèmes généraux »	915
4-1-3-2 – Logique et méthodologie de la théorisation des « systèmes généraux »	920
4-1-3-3 – Statut et fonctions théoriques de la « systémologie théorique fondamentale »	927
4-1-3-4 – « Systèmes généraux » ininterprétés	934
4-1-3-5 – « Systèmes généraux » transdisciplinairement interprétés	936

4-1-4 – Le pôle de la « systémologie théorique appliquée »940

4-1-4-1 – Entre théories de « systèmes généraux » et modélisations systémiques spécifiques : schéma de la procédure d'application « théorético-systèmeologique »	940
4-1-4-2 – Un modèle « allométrique » de distribution démographique	944
4-1-4-3 – Interprétations du « système organisé général » bertalanffien en psychologie, psychiatrie et sciences sociales	945
4-1-4-4 – Une reconstruction « systémologique » de la « course aux armements »	951
4-1-4-5 – Construction d'un modèle des fluctuations des valeurs de titres boursiers isomorphe à un modèle statistico-thermodynamique des systèmes biocénétiques	953

4-1-5 – Le pôle de la « technologie systémique ».....955

4-1-5-1 – Objets et fonctions de la « technologie systémique »	955
4-1-5-2 – L'exemple des contributions de Miller et Gerard à la création d'Internet	956
4-1-5-3 – L'exemple du second rapport au « Club de Rome » sur les « limites à la croissance »	957
4-1-5-4 – Des vues ambivalentes sur la « technologie systémique »	960

4-2– La postérité de l'« herméneutique systémologique »..... 963

4-2-1 – Un destin ambivalent963

4-2-1-1 – Les attaques du projet de « systémologie générale »	963
4-2-1-2 – Un processus d'institutionnalisation tenu en échec	971
4-2-1-3 – Actualité et anonymat des thèmes « systémologiques »	974

4-2-2 – Quel avenir pour l'« herméneutique systémologique » ?976

Bilan de conclusion..... 981

Conclusion	995
-------------------------	------------

Annexes.....	1001
---------------------	-------------

Annexe 1-4-5-2 : Les critiques de la théorie darwinienne de l'évolution reprises par Bertalanffy	1002
Annexe 1-4-5-7 : L'équation « logistique » et ses propriétés.....	1004
Annexe 1-4-7-5 : La mathématique et la physique « faustiennes » selon Spengler : de la « morphologie historique » comparée au relativisme et à la thèse du déclin.....	1006
Annexe 1-5-3-2 : Éléments historiques sur l'avènement de l'eugénisme et de l'« hygiène raciale »	1008
Annexe 1-5-3-6 : Éléments sur le comportement de Bertalanffy vis-à-vis du N.S.D.A.P. et de l'administration du III ^e Reich	1010
Annexe 2-1-2-5 : Quelques idées directrices de la philosophie du « comme si » de Vaihinger.....	1017
Annexe 2-1-3-11 : Résumé des origines et des fondements de la thèse de la « vérité-cohérence » et de la doctrine du « physicalisme » défendues par Carnap et Neurath.....	1019
Annexe 2-4-5-2 : La construction par Volterra d'une dynamique démographique isomorphe à la mécanique analytique de Jacobi-Hamilton.....	1020
Annexe 2-5-1-2 : Les formulations mathématiques du cours de la croissance animale globale avant Bertalanffy et leurs insuffisances	1027
Annexe 2-6-2-2(a) : Un fondement de la thermodynamique des processus irréversibles : le « théorème de réciprocity » d'Onsager	1033
Annexe 2-6-2-2(b) : Une démonstration du « théorème de Prigogine »	1034
Annexe 2-6-2-2(c) : La généralisation par Prigogine et De Groot du « principe de modération » de Le Châtelier aux processus irréversibles.....	1035
Annexe 3-1 : La procédure de « dénazification » appliquée à Bertalanffy	1036
Annexe 3-4-2-4 : L'évolution des thèmes des articles publiés dans <i>General Systems</i>	1039
Annexe 4-1-3-2 : Quelques éléments sur la théorie mathématique des catégories	1046
Annexe 4-1-5-3 : Structure du « modèle-monde » de Mesarović et Pestel	1047

Bibliographie.....	1049
---------------------------	-------------

Sources primaires	1050
--------------------------------	-------------

Œuvres de Bertalanffy.....	1050
Autres sources primaires	1055

Sources secondaires.....	1083
---------------------------------	-------------

Notices biographiques	1093
------------------------------------	-------------

Index des auteurs cités	1095
--------------------------------------	-------------

Introduction

Le travail qui suit relève un défi, bien résumé par une image cocasse offerte par l'un des contributeurs à ce que je vais appeler ici la « systémologie générale » :

Écrire au sujet de la systémologie générale [*general systems theory*], c'est comme écrire au sujet des licornes. Même après avoir éliminé tous les gens qui n'en ont jamais entendu parler et tous les gens qui en ont entendu parler mais qui ne s'intéressent pas au sujet, vous devez affronter les gens qui ne croient pas qu'elle existe. Une raison pour croire en elle est qu'elle a une histoire¹.

J'ai voulu donner corps à cette affirmation en retraçant une histoire protéiforme, riche et mouvementée. Je veux montrer qu'elle ne manque pas d'intérêt du point de vue de l'histoire des idées comme du point de vue de la philosophie et de la réalité contemporaines des sciences. Cette histoire qui forme la matière de la présente étude a sa propre histoire, que je commence par évoquer ici afin d'être ensuite en mesure d'exposer les problématiques que mon travail a explorées, de justifier les perspectives et les méthodes que j'ai adoptées pour le mener à bien, et de présenter sa structuration.

I-1 – *Les origines et les étapes initiales de cette étude*

Mon cheminement a commencé il y a une dizaine d'années. Enseignant déjà les mathématiques, je m'étais depuis 2001 initié à l'histoire de ma discipline dans le cadre de l'Institut de recherche sur l'enseignement des mathématiques (I.R.E.M.) de l'Académie de Toulouse. J'y réalisai principalement une étude de ce qui peut apparaître comme une anticipation, dans l'Inde des XIV^e, XV^e et XVI^e siècles, des développements en séries entières des fonctions trigonométriques et de certaines techniques d'accélération de convergence de telles séries, bien avant la découverte de ces techniques en Europe². Mais mon intérêt se tourna très vite en parallèle vers ce qui ressort plutôt de la philosophie des mathématiques et de la mathématisation. Quelle est la nature des objets mathématiques ? Pourquoi et comment des constructions mathématiques du « réel » sont-elles possibles ? Comment s'expliquent et que signifient leur succès dans les sciences physiques et, au contraire, leurs difficultés manifestes voire leurs échecs dans les sciences de la vie et les sciences sociales ? Telles étaient les questions auxquelles je me confrontai alors à la lumière d'essais divers, parfois anciens et très classiques, mais pour la plupart assez récents.

Ces centres d'intérêt et premières lectures m'ont inévitablement très vite amené à me tourner vers ce qui m'est *a posteriori* apparu comme une préoccupation majeure de l'histoire et de la philosophie contemporaines des sciences : la question des origines et des fondements épistémologiques de la promotion, au XX^e siècle, du concept de « modèle » scientifique (en particulier mathématique) et de l'avènement des pratiques de modélisation. Deux essais ont alors attiré mon attention sur les idées du philosophe, biologiste et « théoricien des systèmes » d'origine austro-hongroise Ludwig von Bertalanffy (1901-1972). Tel fut le cas d'une réflexion menée par le philosophe des sciences Daniel Parrochia autour de ce qu'il a appelé la « réciprocité des concepts de 'système' et de 'modèle' », qui montrait l'impossibilité de penser l'un de ces concepts sans l'autre tout en discutant les difficultés épistémologiques qu'ils impliquent, en particulier du fait de leur intime connexion avec le raisonnement analogique : Parrochia y évoquait la « théorie générale des systèmes » de Bertalanffy et je compris qu'il en suggérait le caractère incontournable dans toute réflexion sur la problématique en question, que je trouvai du plus haut intérêt³. L'autre essai est celui publié en 1996 par l'historien des mathématiques Giorgio Israel sur « la mathématisation du réel »⁴. Israel chercha à y démontrer que la modélisation mathématique constitue une forme inédite de mathématisation, typique du XX^e siècle, qui aurait pris son essor à partir des années 1920 et dont l'avènement s'enracinerait dans une « crise du modèle unitaire et mécaniste de la réalité »⁵ coïncidant avec celle de la physique classique. Un point de vue essentiellement phénoménologique et formaliste se serait alors progressivement imposé,

¹ Weinberg G.M. (1972), pp. 98-99.

² Pouvreau D., *Trigonométrie et « développements en séries » en Inde médiévale*, I.R.E.M. de Toulouse, 2003.

³ Parrochia D. (1991), en particulier p. 215 et p. 218 pour ses mentions de Bertalanffy.

⁴ Israel G. (1996).

⁵ *op. cit.*, p. 81. Le « schéma mécaniste » consiste selon Israel (*op. cit.*, pp. 78-79) à considérer toute entité comme un agrégat de composants élémentaires et son évolution comme le résultat de l'interaction de ces composants ; ce point de vue foncièrement « atomiste » et « analytique » est de surcroît caractérisé par Israel comme *déterministe* (chaque composant de l'entité étudiée est soumis à l'opération de causes qui déterminent de manière univoque l'évolution de son comportement).

opérant une rupture décisive : les mathématiques ne seraient désormais plus conçues que comme un ensemble de schèmes dérivés des opérations de la nature elle-même, mais plutôt comme un « réservoir de formes abstraites » et de « schémas vides », un « langage » et une « technique séparée de la nature qu'on 'applique' occasionnellement à l'étude des phénomènes ». Israel affirmait en outre que, dans la mesure où s'était imposé un renoncement aux prétentions réductionnistes liées à la domination de la mécanique classique, « l'histoire de la modélisation mathématique est surtout celle des sciences non physiques », celles-ci ayant pu prétendre s'approprier à leur tour ces formes mathématiques devenues « agnostiques » – c'est-à-dire libérées de leur engagement dans des représentations physiques du « réel » et plus encore dans une forme déterminée de métaphysique. À l'ancienne conception d'une unité de la science fondée sur l'ubiquité du « modèle mécaniste » se serait alors substituée l'idée que des schémas mathématiques sont susceptibles d'unifier des réalités différentes, mais « isomorphes »¹. Israel cita maintes fois la « théorie générale des systèmes » de Bertalanffy comme l'expression la plus typique de ce processus² dont l'aboutissement aurait toutefois démenti les espoirs puisque l'activité scientifique apparaît plus morcelée que jamais.

Fin 2002, je me retrouvai ainsi naturellement incité à lire, d'abord dans une version française aux traductions parfois très contestables, l'ouvrage de Bertalanffy au titre ambitieux et prometteur cité dans ces essais, dont je ne tardai pas à m'apercevoir qu'il constitue presque invariablement la référence exclusive à cet auteur : *General system theory – Foundations, development, applications*³. J'y trouvai la fameuse « théorie » présentée comme une réponse à quatre phénomènes : (1) une augmentation du volume de la connaissance scientifique impliquant un fractionnement des disciplines, une spécialisation des compétences et des difficultés accrues de communication – surtout entre « sciences de la nature » et « sciences humaines » ; (2) un sentiment répandu de l'urgence de cadres théoriques solides dans les sciences non physiques (biologie, psychologie, économie, sociologie, etc.) afin d'y dépasser le stade de la collection de matériaux empiriques et les controverses quant à leur interprétation ; (3) l'existence dans bon nombre de domaines scientifiques de prises de positions épistémologiques similaires consistant à promouvoir des approches « holistiques »⁴ des problèmes posés par la « complexité organisée »⁵ tout en soulignant l'inadéquation, pour l'appréhension de ces problèmes, de modes de pensée « analytiques » (ou « atomistes ») souvent qualifiés de « mécanistes », réputés caractéristiques des sciences physiques antérieures à la fin du XIX^e siècle ; (4) le retour récurrent de certains modèles conceptuels, voire de modélisations mathématiques spécifiques, dans des disciplines très diverses quant à la nature de leurs objets. La « théorie » avancée par Bertalanffy après guerre, qu'il exposa en fait dès 1937 dans un séminaire à l'université de Chicago, prétendait être un cadre répondant à ces constats et adapté à ces besoins. Elle reposait sur le postulat de la possibilité de formuler et d'élaborer des principes, des modèles et des lois systémiques, généraux en ce sens qu'ils seraient applicables à diverses classes de « systèmes » à définir, indépendamment donc de la nature des composants de ces « systèmes ». Étaient assignées à la « *general system theory* » les tâches d'actualiser cette possibilité et d'extraire ainsi les modes holistiques de pensée de leur confinement traditionnel à la métaphysique afin de les rendre accessibles à la rigueur logico-mathématique. Un objectif majeur en était d'exploiter les « isomorphismes » (similitudes entre structures conceptuelles) existant entre disciplines et d'en exhiber de nouveaux, et d'écarter ainsi les « analogies superficielles » tout en révélant des « homologues profondes ». Elle avait vocation à servir de matrice pour la construction de modèles théoriques dans les sciences non physiques, et de mettre celles-ci sur la voie de l'« exactitude ». Il s'agissait encore d'élaborer un langage et des concepts transdisciplinaires rétablissant une communication entre scientifiques, et de jeter les bases d'un type inédit d'unité de la science : non plus une unité hypothétique fondée sur l'espoir peut-être chimérique et certainement source de controverses d'une réduction ultime des concepts, méthodes et lois de toutes les sciences à une seule jugée plus fondamentale, mais une « unité formelle » qui se manifesterait par les isomorphismes entre des disciplines dont l'autonomie serait

¹ *op. cit.*, p. 19, p. 38, p. 75, p. 80 et p. 257.

² *op. cit.*, notamment p. 51, pp. 71-72, pp. 83-84, pp. 268-271.

³ Bertalanffy L. von (1968a). La version française à laquelle je fais allusion, dont les traductions sont souvent beaucoup trop approximatives et dans certains cas sources de contresens, est *Théorie générale des systèmes*, publiée chez Bordas en 1973 et rééditée chez Dunod en 1993.

⁴ Ce terme sera défini au 1-2-1. En première approximation (qui suffira provisoirement ici), le terme « holistique » réfère à toute approche ou perspective dont le principe directeur est le « primat du tout sur ses parties ».

⁵ Expression forgée par Warren Weaver (1948), par opposition à la « simplicité organisée » et à la « complexité chaotique ».

garantie, et qui reposerait sur l'ubiquité de concepts et de principes systémiques généraux, parfaitement transdisciplinaires. Je remarquai aussi la solidarité que Bertalanffy établissait très fréquemment entre ses discours scientifiques ou scientifico-philosophiques et une éthique humaniste où je devinai bien des thèmes caractéristiques des critiques de la modernité et de la rationalité techniciste avec lesquels j'étais déjà familier de par mes lectures antérieures de philosophes tels qu'Hannah Arendt, Herbert Marcuse, Jürgen Habermas, Jacques Ellul ou Ivan Illich : il était clair que Bertalanffy ne concevait pas la science ni la philosophie, qu'elles soient systémiques ou non, séparément de leurs implications pour la vie et la dignité humaines. Je constatai enfin que les idées de Bertalanffy furent tout sauf une idiosyncrasie : il évoquait l'existence d'une société scientifique, la *Society for General Systems Research* (S.G.S.R.), qu'il avait fondée à partir de 1954 avec d'autres chercheurs afin de promouvoir et de développer sa « théorie ». Il mentionnait de plus l'existence d'une collection de recueils d'essais annuellement publiés par cette société, les *General Systems Yearbooks*, qu'il présentait comme autant de contributions à sa « théorie ».

Cette première approche me laissa quelque peu perplexe, avec le sentiment ambivalent de découvrir un corpus de concepts, de perspectives philosophiques et de travaux scientifiques certes particulièrement original et stimulant, mais souffrant aussi bien d'un manque de cohérence et de justifications d'ordre épistémologique que d'un décalage manifeste entre d'une part les ambitions « théoriques » et « fondatrices » révolutionnaires affichées, et d'autre part la relative modestie des constructions effectivement exposées en tant qu'exemples d'« applications » d'une « théorie générale des systèmes » qui m'apparut déjà bien mal nommée. J'observai toutefois que cet ouvrage de Bertalanffy ne constituait absolument pas une tentative de systématisation de ses idées, mais bien au contraire une collection hétéroclite d'essais déjà publiés, parfois temporellement distants de plus d'un quart de siècle sans être pour autant chronologiquement ordonnés. Par ailleurs, ces essais fourmillaient de références souvent très laconiques non seulement à des dizaines de travaux antérieurs de Bertalanffy publiés dans le second quart du XX^e siècle, mais aussi à de nombreux travaux philosophiques et scientifiques d'autres chercheurs dont beaucoup remontaient au premier tiers du XX^e siècle et pour lesquels Bertalanffy ne citait parfois même pas de référence particulière. L'ampleur du spectre des champs intellectuels représentés par ces auteurs et publications en général mentionnées sans plus était pour ainsi dire vertigineuse : il couvrait quasiment tous les domaines scientifiques, de la physique et la chimie aux sciences sociales en passant par la biologie et la psychologie aussi bien que par la théorie de la connaissance, la philosophie de l'histoire, l'éthique et la philosophie des valeurs, ou encore la « critique culturelle ». Je suspectai de ce fait que je n'avais entre les mains qu'une introduction finalement assez sommaire non seulement à l'œuvre de Bertalanffy lui-même, mais aussi à tout un ensemble de productions qui, par-delà ce systémicien, représentaient une part significative de la recherche scientifique et philosophique des deux premiers tiers du XX^e siècle. Désormais piqué de curiosité et très motivé pour accéder à une meilleure compréhension des origines, de la signification et de la portée de sa « théorie générale des systèmes », je compris dès lors aussi qu'une telle ambition m'imposerait d'explorer en profondeur tant ses nombreux travaux que ceux, plus nombreux encore, auxquels il s'était référé.

Il me sembla toutefois clair qu'une telle exploration ne serait vraiment possible et efficace que dans un cadre institutionnel favorisant aussi bien mon accès aux textes en question que la confrontation à la critique. L'École des Hautes Études en Sciences Sociales, notamment de par sa réputation d'ouverture à l'interdisciplinarité, et le Centre Alexandre Koyré d'histoire des sciences et des techniques qui s'y rattache, me furent décrits comme des cadres adéquats. Il me restait toutefois encore à trouver au sein de ces institutions un directeur de recherche susceptible de me guider dans les méandres d'une étude qui promettait d'être particulièrement longue et complexe du fait de la diversité des domaines du savoir et de l'étendue de la période historique qu'il me faudrait aborder ; j'avais en particulier besoin d'une connaissance experte de l'histoire de la philosophie et des pratiques de mathématisation. Il me fut conseillé de me tourner vers Jean Dhombres¹. Je lui exposai mon projet d'étudier l'histoire de la « théorie » de Bertalanffy et, bien que je ne fusse pas encore en mesure de formuler une problématique claire, il accepta de diriger mes recherches. Celles-ci purent commencer à l'automne 2003, dans le cadre d'un Diplôme d'Études Approfondies (désormais « master recherche »)

¹ Je dois mon orientation vers l'E.H.E.S.S., le Centre Koyré et Mr Dhombres à Maryvonne Spiesser, alors enseignante en mathématiques et chercheuse en histoire des mathématiques à l'Université de Toulouse III.

en histoire des sciences, dont l'acquisition fut étalée sur deux ans compte tenu de mes contraintes professionnelles parallèles.

Cette première phase de mon travail commença par la recherche et la lecture de tous les textes de Bertalanffy que je fus en mesure de trouver à Paris, ainsi que d'une bonne partie des textes qu'il citait explicitement et d'un nombre significatif de textes de chercheurs dont il s'était limité à ne citer que le nom. Je m'efforçai aussi de compléter ce premier corpus bibliographique dans trois directions : les essais déjà consacrés aux thèmes scientifiques et philosophiques discutés par Bertalanffy, voire à l'étude spécifique de ses travaux, par des auteurs qu'il n'avait pas cités ; les essais relativement récents consacrés à l'histoire et à la philosophie de la modélisation ; enfin, les essais consacrés à l'histoire des sciences et, plus généralement, du contexte culturel dans le monde germanophone de la période antérieure à 1948 – date à laquelle Bertalanffy quitta définitivement son Autriche natale pour s'installer sur le Nouveau Continent. Mon travail, pour l'essentiel focalisé sur Bertalanffy, procéda alors de manière « concentrique » : il s'agissait de cerner la genèse et l'organisation de ses idées, mais aussi de repérer par élargissements successifs les composantes de l'« écosystème » intellectuel dans lequel il les avait développées, c'est-à-dire de « cartographier » ses influences, qu'elles soient perceptibles dans son environnement scientifique et philosophique immédiat, ou plus « souterraines » parce que se rapportant à un contexte culturel plus large. Ces premières recherches me permirent d'aboutir à plusieurs résultats.

Je pus d'abord constater que la formation comme les écrits de jeunesse de Bertalanffy (ceux de la période 1923-1932) s'inscrivirent entièrement dans les champs de la philosophie et de ce que l'on appelait alors les « sciences de la culture ». D'abord étudiant en histoire de l'art à l'université d'Innsbruck, Bertalanffy consacra ses premiers essais à ce domaine ainsi qu'à la philosophie de l'histoire. Rejoignant en 1924 l'université de Vienne, il entreprit ensuite des études doctorales sous la direction de deux philosophes de la connaissance : le néo-kantien Robert Reininger et le néo-positiviste Moritz Schlick. Bertalanffy ne commença à investir le champ de la biologie qu'en 1926, après la soutenance de sa thèse consacrée à la « doctrine des intégrations d'ordre supérieur » de Gustav T. Fechner – que je n'étais malheureusement pas encore en mesure de lire : presque tous ses essais de la période 1926-1932 furent consacrés à l'élaboration d'une philosophie de la biologie, sur laquelle se concentra une bonne part de cette première phase de mon travail. Qualifiée d'« organismique », cette philosophie exposait une théorie de la connaissance biologique et une position des « problèmes de la vie » conditionnant un programme de recherche aussi ambitieux qu'inédit : la construction d'une biologie théorique, hypothético-déductive et à vocation nomothétique, fondée sur des concepts et des « principes » systémiques généraux s'appliquant à tous les niveaux d'organisation biologique (principalement ceux de « système ouvert en équilibre de flux » et d'« organisation hiérarchique progressive ») ; une biologie théorique vouée par là-même à formuler les lois du vivant en tant que lois de *systèmes* et à unifier de la sorte la connaissance biologique en dépit de l'extrême diversité apparente de ses objets, que Bertalanffy n'hésitait toutefois pas à présenter aussi comme ayant une portée culturelle potentielle considérable dépassant très largement le domaine scientifique.

Cette évolution précoce des centres d'intérêt de Bertalanffy appelait une explication : il fallait rendre compte des raisons qui le poussèrent à s'orienter vers la biologie, et ce dans la perspective précédemment indiquée. Cette nécessité m'amena déjà à poser les jalons d'une enquête généalogique explorant de multiples sources d'influence, la plupart avérées par ses propres références, mais pour certaines encore hypothétiques, qui me furent suggérées mes lectures complémentaires. Je pus ainsi repérer en premier lieu des sources philosophiques très diverses et ne concernant pas directement la biologie, dont purent se nourrir sa pensée systémique et sa théorie dite « perspectiviste » de la connaissance : certaines mystiques médiévales (notamment celle de Nicolas de Cues) ; une longue tradition de « philosophies de la nature » qui, partant d'Héraclite pour aboutir à Nicolaï Hartmann, passait par Gottfried W. Leibniz, Johann W. von Goethe, Friedrich W.J. von Schelling et Gustav T. Fechner ; les récentes métaphysiques « émergentistes »¹ et « holistiques » anglo-saxonnes (notamment celles d'Alfred N. Whitehead et Conwy Lloyd Morgan) ; la philosophie de Friedrich Nietzsche ; les théoriciens des « sciences de la culture » de Wilhelm von Humboldt à Wilhelm Dilthey, Georg

¹ Ce terme sera défini au 1-2. En première approximation, suffisante ici, l'« émergentisme » réfère à une doctrine de la stratification du « réel » en niveaux d'organisation de plus en plus complexes, qui postule l'irréductibilité des lois gouvernant les entités d'un niveau d'organisation déterminé aux lois gouvernant les entités d'un niveau « inférieur » d'organisation.

Simmel et Oswald Spengler ; les philosophes néo-positivistes de la science, d'Ernst Mach à ceux du « Cercle de Vienne » ; enfin et surtout, les philosophes néo-kantiens, dont je suspectai déjà l'influence profonde en remarquant notamment les nombreuses convergences entre Bertalanffy et Ernst Cassirer. Je fus aussi en mesure d'opérer un premier repérage des travaux biologiques (en particulier embryologiques) et des débats bio-philosophiques à la suite desquels Bertalanffy inscrivit ses réflexions, et d'observer là encore comment nombre des thèmes constitutifs de sa philosophie biologique s'en inspirèrent. Il en fut de même de certains travaux et débats se rapportant cette fois au domaine de la psychologie, l'influence de la psychologie dite « de la *Gestalt* » élaborée dans les années 1920 en Allemagne apparaissant notamment décisive. Je relevai également l'importance pour la formation de ses idées des débats consécutifs aux évolutions récentes de la physique moderne, surtout l'avènement de la physique des champs et de la mécanique quantique. Quant à la portée culturelle que Bertalanffy prétendait conférer à sa philosophie biologique, j'en trouvai quelques premières explications dans le contexte sociopolitique où il l'élabora, un contexte de « crise » généralisée marqué par l'avènement du national-socialisme, où les connotations idéologiques des concepts de « vie » et de « totalité » furent considérables et où la biologie, surtout si elle était « holistique », put par là-même se retrouver promue « reine des sciences ».

L'autre partie de mes recherches initiales porta sur la manière dont Bertalanffy entreprit, entre 1933 et la fin de la seconde guerre mondiale, de mettre lui-même en œuvre le programme scientifique qu'il avait élaboré. Bien que bon nombre des thèmes caractéristiques de ses exposés ultérieurs de la « *general system theory* » fussent déjà repérables dans sa philosophie biologique, tel n'était pas le cas de tous ; en particulier, je n'y voyais pas reconnue l'importance du rôle des mathématiques dans la construction systémique du « réel ». Il s'agissait donc pour moi de comprendre pourquoi et comment les idées de Bertalanffy évoluèrent rapidement dans cette direction, l'amenant en seulement cinq ans à passer de l'exposé de sa biologie « organismique » à celui de sa « *general system theory* ». Mais j'aspirais aussi à saisir les raisons de l'échec cinglant qu'il essuya en 1937 en avançant cette dernière, échec dont il reconnut lui-même qu'il l'amena à différer après-guerre ses publications sur le sujet ; et je voulais comprendre les fonctions qu'eurent en conséquence ses travaux biologiques et biophysiques entre 1938 et 1944, alors même qu'il avait déjà en tête cette « théorie » très générale. Je fus ainsi amené à étudier sa construction, à partir de 1933, de ce qui reste comme l'un de ses apports scientifiques majeurs : son modèle théorique de la croissance organique, qui constitua à l'époque une réussite lui servant à légitimer son programme scientifique et la perspective épistémologique qui le fondait. Je m'attachai aussi à comprendre l'évolution du rapport de Bertalanffy aux mathématiques au cours de la période 1933-1937, en étudiant l'effet de sa découverte des travaux de certains biomathématiciens (ou « bio-logiciens ») tels qu'Alfred J. Lotka, Vito Volterra, Nicolas Rashevsky et Joseph H. Woodger. Mon étude suggéra que l'implication de Bertalanffy dans l'histoire précoce de la biologie mathématique avait joué un rôle décisif dans sa transition de la biologie « organismique » à la « *general system theory* ». Mais aussi que Bertalanffy ne disposait pas encore en 1937 d'arguments assez convaincants, que ce soit au niveau épistémologique ou du point de vue de l'existence de théories systémiques opérationnelles, pour justifier les prétentions de son programme « organismique » à embrasser efficacement tous les « problèmes de la vie » ; et qu'il en allait *a fortiori* de même des prétentions qu'il commença pourtant à afficher cette année-là avec une « *general system theory* » supposée parfaitement transdisciplinaire. C'est sous l'angle de ces insuffisances que je cherchai alors à analyser les entreprises de Bertalanffy intermédiaires entre l'échec qu'il essuya et ses publications de la fin des années 1940 : d'une part ses efforts pour formuler les principes d'une « morphologie dynamique » et montrer sa capacité à investir l'ensemble des domaines (y compris la génétique et la théorie de l'évolution) concernés par la question de l'émergence des formes organiques ; d'autre part sa construction d'une « théorie » formelle des « systèmes ouverts » généralisant certains de ses « principes organismiques » et susceptible de s'appliquer à des objets non biologiques : cette « théorie » m'apparut comme une manière d'avancer les thèmes caractéristiques de la « *general system theory* » en les déclinant sur un mode assez spécifique pour qu'ils puissent être illustrés et gagner ainsi en force de conviction.

Cette première phase de mon travail, qui s'acheva au printemps 2005, souffrait d'insuffisances de plusieurs types, dont la cause n'était pas seulement un inévitable manque de temps. La première, évidente, est que je m'étais limité à considérer les aspects généalogiques et génétiques de la « théorie » de Bertalanffy, donc la période antérieure à sa publication ; si j'avais pu me servir de certaines de ses

réflexions postérieures à la guerre, je n'avais donc pas analysé l'évolution de ses conceptions relatives à la « *general system theory* » proprement dite, ni même les détails de sa manière de l'exposer initialement. Plus largement, c'est par-delà Bertalanffy toute l'histoire de cette « théorie » à partir de sa publication que j'avais laissée de côté : même si j'avais pu lire quelques textes d'autres systémiciens, je ne les avais pas encore vraiment pris en compte dans mon étude et n'avais en particulier aucunement considéré l'histoire de la S.G.S.R. Les limites de ce premier travail furent aussi liées à d'importantes difficultés d'ordre bibliographique. Je n'avais pas encore pu accéder aux premiers textes de Bertalanffy s'inscrivant dans le champ des « sciences de la culture », ni à sa thèse doctorale, ni même à l'ensemble de ses textes ayant trait à la biologie au cours de la période 1926-1944 : ils n'étaient pas disponibles en France. De sorte que même des points de vue généalogique et génétique que j'avais adoptés, mes analyses restaient incomplètes et souvent hypothétiques. Cette difficulté était accrue du fait que les bibliothèques et archives personnelles de Bertalanffy avaient été détruites en mars-avril 1945 en conséquence de la politique de la « terre brûlée » que les soldats S.S. appliquèrent à Vienne en raison de la progression de l'armée soviétique ; ne disposant de ce fait d'aucune correspondance, la reconstruction des liens entretenus par Bertalanffy avec d'autres philosophes et scientifiques de son époque, autrichiens notamment, m'était rendue d'autant plus difficile. Par ailleurs, je n'avais pas non plus été en mesure d'étudier toutes les publications auxquelles Bertalanffy s'était référé au cours de cette période, ne disposant pas du temps nécessaire pour étudier cette très volumineuse littérature : je m'étais souvent reposé sur des commentaires des textes en question rédigés soit par Bertalanffy, soit par certains de ses contemporains, soit encore par des historiens des sciences, sans avoir pris le temps d'analyser moi-même ces textes. Mon étude du contexte scientifique et philosophique de la genèse de sa « *general system theory* » restait donc largement à préciser. Quant à la période postérieure à la guerre, non seulement je n'avais pas non plus été en mesure de trouver en France tous les textes publiés par Bertalanffy, mais il en allait de même de la plupart des publications de la S.G.S.R., à commencer par l'incontournable série des *General Systems Yearbooks*. Les circonstances de la création de cette société, ses activités, les dynamiques de son évolution, le rôle qu'y joua effectivement la « *general system theory* » et la manière dont d'autres scientifiques que Bertalanffy interprétèrent celle-ci, restaient donc très largement un mystère pour moi : les quelques essais d'autres systémiciens contemporains que j'avais pu lire ne me laissaient guère qu'entrevoir des divergences significatives quant à la compréhension du sens de cette « théorie », ainsi que l'existence d'une véritable « jungle » de travaux s'y rattachant, dont une vision synthétique m'apparaissait alors comme un bien lointain horizon.

La seule manière de poursuivre et d'approfondir mon étude en direction d'une compréhension globale de l'histoire de la « *general system theory* » était pour toutes ces raisons d'en faire l'objet d'une thèse de doctorat en histoire des sciences. Jean Dhombres accepta volontiers de poursuivre la direction de mon travail. Dans cette nouvelle phase de mes recherches qui commença à l'automne 2005, ma première initiative fut de dresser une liste très fournie de l'ensemble des publications auxquelles il me faudrait accéder pour pouvoir mener à bien mon entreprise, liste que j'établis à partir des références bibliographiques disponibles dans les multiples textes dont je disposais déjà, et en fonction de l'importance qu'elles me semblaient revêtir. Deux événements facilitèrent considérablement mon acquisition de copies de l'ensemble de ces publications. Le premier fut consécutif à ma prise de contact avec Michel Saint-Germain, alors professeur en administration de l'éducation à l'université d'Ottawa. J'étais entré en relation avec lui dès 2004 après avoir eu connaissance de l'existence de sa thèse de doctorat entièrement consacrée à la « théorie organismique des systèmes » de Bertalanffy¹, qu'il soutint en 1979. Saint-Germain disposait de l'ensemble de la collection des *General Systems Yearbooks* publiés entre 1956 et 1984 et, jugeant que j'en avais plus besoin que lui, il m'en fit gracieusement don. Je me retrouvai donc en possession d'une véritable mine entièrement à explorer (un travail que je savais ne jamais avoir été fait) qui, en vingt-huit volumes très denses de l'ordre de 250 pages chacun, regroupait des articles de systémiciens qui furent pour leur très grande majorité membres de la S.G.S.R. C'est aussi par l'intermédiaire de Saint-Germain que je pris, au moment de mon inscription en thèse, connaissance de la récente et fortuite découverte, aux États-Unis, de restes des archives de Bertalanffy, de leur transfert à Vienne et de la création à cette occasion dans la capitale autrichienne du *Bertalanffy Center for the Study of Systems Sciences*. Ce centre de

¹ Saint-Germain M. (1979).

recherche devait permettre la classification et l'étude de ces archives, mais sa vocation était plus largement de regrouper l'ensemble de l'œuvre de Bertalanffy et, plus largement encore, de promouvoir tous les travaux se rapportant à la « *general system theory* ».

Je consacrai toute la fin 2005 et la première moitié de l'année 2006 à la collection des publications dont je m'étais fixé la liste et à la lecture prioritaire de celles que je jugeais les plus importantes. Un séjour passé fin 2005 dans les bibliothèques universitaires strasbourgeoises me permit d'en trouver déjà un grand nombre. Mais c'est au cours de mes deux séjours à Vienne, en février et mai 2006, que je trouvai les textes les plus précieux. D'abord parce que j'eus l'opportunité d'être le premier à pouvoir examiner l'ensemble des archives de Bertalanffy. Celles-ci dataient certes toutes de l'après-guerre, ne me permettant donc pas de disposer d'éléments nouveaux concernant la période antérieure, hormis la preuve de l'existence de certaines correspondances dont je ne fis que découvrir le prolongement. L'examen détaillé des correspondances disponibles enrichit toutefois significativement ma compréhension de Bertalanffy, en me révélant des aspects de sa psychologie et de ses valeurs que je n'avais pas été jusqu'alors en mesure de soupçonner. Je pus aussi accéder dans ses archives à quasiment tous ses écrits, notamment ses plus précoces de la période 1923-1926, dont sa thèse de doctorat. Je trouvai par ailleurs bon nombre de publications de la S.G.S.R., dont des actes de colloques, des bulletins d'information internes et des listes complètes de membres de la société. Enfin, un nombre important de livres et d'articles ayant appartenu à Bertalanffy, le plus souvent annotés par ses soins, étaient disponibles ; plusieurs d'entre eux faisaient justement partie de ceux que je recherchais. Mes séjours à Vienne furent aussi pour moi l'occasion de prendre connaissance de l'ensemble des travaux déjà consacrés à Bertalanffy, que je répertoriai avec Manfred Drack – lequel commençait à cette époque à engager ses recherches à l'université de Vienne dans le domaine de la « *biologie théorique des systèmes* ». Je pus notamment avoir accès à deux thèses soutenues respectivement en 1996 à Vienne (par Veronika Hofer) et en 1997 à Münster (par Sabine Brauckmann)¹. Si la seconde ne m'apporta guère d'éclairage nouveau sur Bertalanffy, la première, par la démonstration de son passé nazi et de son inscription dans un courant idéologique antimoderniste, me révéla la nécessité d'accorder une attention beaucoup plus soutenue et critique aux moments axiologiques de sa pensée et à la manière dont ils diffusèrent dans ses discours ; mais aussi celle d'analyser de manière plus approfondie le contexte culturel de la genèse de ses idées.

La période du printemps 2006 à l'été 2007 fut consacrée à l'examen systématique du très volumineux matériel que j'avais accumulé. Il s'agissait pour moi de progresser vers une vision globale, synthétique et précise des multiples aspects de l'histoire de la « *general system theory* », que je classifiai en différentes thématiques se rapportant aux diverses manifestations et dimensions (scientifiques, philosophiques, idéologiques, institutionnelles) d'une pensée systémique ayant précédé, accompagné et suivi l'œuvre de Bertalanffy. Il s'agissait aussi par là-même de circonscrire le champ des problèmes qui m'apparaissaient pertinents et féconds, et de définir les perspectives susceptibles de permettre une structuration cohérente de cette histoire. La rédaction d'une biographie de Bertalanffy exploitant le matériel trouvé dans ses archives² et celle de plusieurs articles favorisèrent ce processus de maturation. Celui-ci aboutit à la construction de la problématique et aux options méthodologiques qui ont guidé la rédaction de la présente thèse de doctorat, commencée en juillet 2007.

I-2 – Définition de l'objet de cette étude et perspective méthodologique adoptée

L'objectif primordial était naturellement de définir correctement l'objet de l'histoire que je projetais d'écrire. Il était en premier lieu nécessaire de s'interroger sur l'adéquation de sa dénomination introduite en 1950 par Bertalanffy, « *general system theory* », qui fut sa propre traduction de l'expression qu'il avait forgée en allemand : « *allgemeine Systemlehre* ». Toutes mes lectures me suggéraient l'impossibilité de tenir celle-ci pour une théorie scientifique, et pas plus pour une simple doctrine philosophique : elle était en mesure de s'inscrire dans une multitude de domaines scientifiques tout en relevant d'une multitude de champs philosophiques (théorie de la connaissance,

¹ Hofer V. (1996) et Brauckmann S. (1997).

² Pouvreau D. (2009b). Cette biographie fut éditée en français fin 2006 par le B.C.S.S.S. dans une version numérique. Elle fut éditée aux États-Unis en 2009 avec des compléments significatifs dans une version anglaise. Le lecteur est renvoyé à cette édition, qui s'achève en particulier par la première bibliographie exhaustive des œuvres de Bertalanffy et des travaux qui lui furent consacrés. Seuls les aspects biographiques essentiels au traitement de la problématique de la présente thèse seront exposés ici, au fur et à mesure des besoins.

philosophie de la science, logique, méthodologie, ontologie, épistémologie, anthropologie philosophique, métaphysique de la nature, axiologie et praxéologie). Le terme *Lehre* présentait peut-être sur celui de « *theory* » l'avantage de préserver l'ambiguïté, mais cela ne contribuait en rien à clarifier les choses. La traduction française la plus fidèle, qui prenait acte du singulier appliqué par Bertalanffy au terme « système », me semblait être non pas « théorie générale des systèmes », mais « théorie générale de la *catégorie* de système », et je n'étais de toute façon pas satisfait par le terme « théorie » : je disposais désormais des éléments nécessaires pour constater qu'aucune mise en ordre systématique des idées avancées par Bertalanffy n'avait jamais été réalisée, des termes tels que « théorie », « *theory* » ou « *Lehre* » m'apparaissant donc inappropriés – ne serait-ce que par les sources de confusion qu'ils peuvent induire. Le caractère problématique de la dénomination était accentué par le fait que, comme je le montrerai, les systémiciens qui développèrent la « théorie » de Bertalanffy, voire ce dernier lui-même à l'occasion, utilisèrent aussi des expressions légèrement différentes pour la désigner, posant le problème de savoir si ces différences étaient significatives : « *general systems theory* », « *general theory of systems* », ou « *theory of general systems* » en anglais ; et « *allgemeine Systemtheorie* » ou « *allgemeine Theorie der Systeme* » en allemand. Dans ma première phase de recherche, j'avais pensé utiliser l'expression « systémique générale ». Au cours de nos discussions début 2006 à Vienne, Drack et moi convinrent d'introduire l'expression « *general systemology* » (donc, en français, « systémologie générale »), mieux à même selon nous de préserver la richesse des significations que Bertalanffy et ses collègues avaient donné à leur entreprise : elle réfère étymologiquement à un discours général sur la catégorie de « système » visant à fonder sur celle-ci une forme déterminée de rationalité. Nous découvrîmes en fait l'année suivante que le terme anglais « *systemology* » avait déjà été utilisé avant nous (sans l'adjectif *general*), ce qui confirmait au moins la pertinence de notre choix : les premiers à le faire furent, en 1973, l'Américain Russell L. Ackoff et le Tchèque Jan Kamarýt, suivis huit ans plus tard par l'Américain Donald H. McNeil, qui utilisa par la suite régulièrement ce terme¹. Il nous apparut en tous cas nécessaire de qualifier cette « systémologie » de « générale », dans la mesure où son horizon est l'ensemble des aspects du « réel » tels que reconstruits au moyen de la catégorie de « système » : ce qualificatif n'est pas superfétatoire, car il inclut l'idée que l'on peut concevoir des « systémologies restreintes » se focalisant sur des objets de nature spécifique – des objets biologiques par exemple.

Cette nouvelle terminologie serait dépourvue d'intérêt si elle ne correspondait pas à une perspective inédite sur l'objet qu'elle désigne. Je n'y voyais de sens qu'en relation avec mon effort pour préciser la signification de cet objet, c'est-à-dire la nature et les vocations scientifiques et philosophiques de la construction initiée par Bertalanffy. Il s'agissait de répondre à cette question aussi simple qu'épineuse : « qu'est-ce que la 'systèmeologie générale' ? ». Je n'avais trouvé aucune réponse synthétique et satisfaisante dans la masse de littérature que j'avais parcourue. Or, il me semblait vain d'entreprendre l'histoire d'un objet que je ne serais pas en mesure de définir. La solution que je trouvai à ce dilemme fut de subordonner cette entreprise à une définition hypothétique de mon objet, dont mon histoire aurait justement pour première fonction de justifier la pertinence. J'avais entrevu cette hypothèse dès mon travail préparatoire, en qualifiant dans le titre de mon mémoire la « théorie générale des systèmes » de « projet herméneutique ». Mais je ne l'avais pas formulée clairement à l'époque, et m'en étais encore moins servi d'instrument pour organiser et unifier mes analyses. Quelques articles clefs trouvés dans les archives de Bertalanffy, que je citerai le moment venu, me convainquirent qu'il y avait dans cette intuition première une idée essentielle à développer. L'hypothèse directrice que je formulai alors et que le présent travail vise à soumettre à l'examen historique, est que la « systémologie générale » peut être comprise comme le *projet* d'une *science de l'interprétation systémique du « réel »*. Je parle de « projet » parce qu'il m'est très vite apparu que la « systémologie générale » n'a jamais atteint un stade que l'on pourrait qualifier de mature, n'étant développée avec assez de conséquence ni dans ses fondements, ni dans ses applications. Le terme « science » doit ici être entendu en un sens très large : il réfère à un ensemble de concepts, de principes et de méthodes élaborés pour rationaliser le « réel » de manière spécifique (« systémique »), mais aussi à l'ensemble des justifications de cette entreprise de rationalisation. Enfin, je parle d'« interprétation » pour deux raisons qu'il va justement s'agir de justifier de manière approfondie : d'une part, le projet « systémologique » revendique une philosophie constructiviste de la connaissance systémique, qui se

¹ Ackoff R.L. (1973), p. 383 et (1974), p. 19 ; Kamarýt J. (1973), p. 88 ; McNeil D.H. (1981), (1993) et (1995).

traduit méthodologiquement ; d'autre part, les concepts holistiques de « système » sont indissociables de la problématique du sens et de la recherche de significations. Mon hypothèse est que la « systémologie générale » vise à concilier recherche de significations et rigueur de la pensée tout en étant en mesure de guider l'action conformément à certaines valeurs spécifiques. Et que cette « science de l'interprétation systémique du réel » se caractérise en fin de compte comme une *herméneutique*, au sens où elle a pour vocation d'élaborer à la fois les moyens de construire des interprétations systémiques d'aspects particuliers du « réel » sous la forme de modèles théoriques spécifiques et les moyens d'interpréter à leur tour de tels modèles comme des déclinaisons de modèles systémiques théoriques d'un degré de généralité supérieur. Le problème central de cette thèse devient de savoir si appréhender en ces termes la « systémologie générale » peut favoriser une compréhension adéquate de sa genèse et de son devenir, permettre de prendre simultanément en compte tout ses aspects, rendre intelligibles les relations entre ces derniers et donner une cohérence à l'ensemble des travaux des systémiciens ayant contribué à son histoire, à commencer bien sûr par ceux de Bertalanffy.

Il n'est certes pas question de créer de toutes pièces une construction systématique inédite. Il s'agit néanmoins d'examiner dans quelle mesure l'histoire de la « systémologie générale » contient *déjà* tous les éléments nécessaires pour une telle construction, et d'étudier de quelle manière ces éléments en général restés dispersés jusqu'à présent sont susceptibles d'être effectivement eux-mêmes systématisés. Si mon travail s'inscrit avant tout dans le champ de l'histoire des sciences, l'enquête historique est donc aussi vouée ici à servir cette *reconstruction*, dont j'appellerai le produit le « système herméneutique de la systémologie générale ». Un tel système doit clarifier la nature du projet « systémologique » et par là-même contribuer à nourrir des réflexions tout-à-fait contemporaines – notamment celles concernant la philosophie des modèles et de la modélisation, ou encore les débats sur l'avenir de la recherche systémique qui agitent actuellement la « communauté » des systémiciens.

Cette approche en fin de compte elle-même systémique se trouve-t-elle de ce fait porteuse d'un biais téléologique ? Je me propose certes avec elle d'interpréter des travaux qui se sont succédés à différentes périodes sur la base d'une vision d'ensemble qui a été construite *a posteriori*. Je suis ainsi conduit à utiliser certains de ces travaux afin d'en analyser d'autres, chronologiquement antérieurs. Mais d'une part je me suis scrupuleusement soumis à la discipline consistant à toujours corroborer mes analyses et interprétations sur la base des écrits des chercheurs que j'ai considérés, ce qui justifie la longue bibliographie des œuvres consultées ; d'autre part et surtout, je n'ai de la sorte cherché qu'à dégager de l'ensemble des faits et productions que j'ai étudiés une signification d'ensemble sur laquelle ces chercheurs pourraient s'accorder, qui non seulement ne contredit pas leurs travaux, mais explicite certains de leurs aspects et contribue ainsi à leur intelligibilité. Mon hypothèse directrice est en fait solidaire d'une méthodologie suscitée par les caractéristiques de l'œuvre de Bertalanffy (et de celles d'autres systémiciens), qui s'est imposée à moi comme une nécessité. Dès lors que j'eus parcouru l'ensemble de ses écrits, je fus frappé par le trait quasi-« monadologique » de sa pensée. Ma lecture de sa thèse doctorale fut à cet égard décisive. Je pus y déceler, sous une forme certes embryonnaire, presque tous les thèmes structurant ses travaux ultérieurs, lesquels m'apparurent de ce fait comme un effort continu pour élaborer ce qui n'était encore qu'une intuition originelle et actualiser les potentialités contenues dans les schèmes conceptuels que cette thèse avait ébauchés. Même si elle ne fut jamais systématisée, la pensée de Bertalanffy suivit en quelque sorte des lois propres de développement, se nourrissant certes constamment et abondamment des sciences et philosophies de son époque mais seulement pour mieux accomplir une trajectoire qui fut pour l'essentiel fixée dès ses premiers travaux, en tous cas dès 1937. On peut alors se demander ce qu'apportèrent les trente-cinq années suivant cette date, marquées par près de deux cents publications souvent répétitives, où l'on peut notamment observer dans les années 1950 maints articles en anglais très largement voués à traduire des articles publiés en allemand vingt ans plus tôt... Là se trouve justement la clef de ma position méthodologique qui, par son caractère résolument herméneutique, m'a permis d'approfondir significativement les premières études que j'avais entreprises en 2003-2005 : loin d'être superflues, les publications de Bertalanffy postérieures à 1937 (mais aussi celles des autres contributeurs au développement de la « systémologie générale ») fourmillent d'éléments prenant tantôt la forme de simples remarques apparemment anodines, tantôt celle de réflexions plus approfondies, dont la valeur est inestimable et la prise en compte indispensable pour comprendre les travaux antérieurs. Sur bien des aspects, en particulier ceux qui touchent aux fondements du point de vue

« systémologique » en théorie de la connaissance et à la portée éthique des travaux qui s'y rapportent, les premières publications de Bertalanffy restaient non pas muettes, mais souvent beaucoup trop vagues, imprécises ou implicites. Et il se trouve que celles qui suivirent, surtout entre 1953 et 1967, contiennent maintes réponses aux objections que l'on peut légitimement élever (mais qui ne le furent pas pour autant) à l'encontre de ses travaux antérieurs à 1937. Soit parce qu'elles explicitent, élaborent et justifient des positions certes déjà reconnaissables dans ces derniers mais ne pouvant justement guère l'être qu'*a posteriori*, une fois que l'on a à l'esprit ces contributions plus tardives ; soit parce que celles-ci comblent des lacunes qui, précisément, avaient plus tôt gêné l'élaboration de ses réflexions. En d'autres termes, c'est seulement par l'intermédiaire de ses écrits ultérieurs que l'on accède à la pleine signification des premiers travaux de Bertalanffy ; comme si sa pensée, une fois parvenue à maturité, ne faisait que révéler ce qui y avait déjà opéré auparavant de manière plus ou moins confuse. Il s'agit certainement là d'un principe méthodologique applicable à d'autres auteurs, peut-être même à tous. Au moins dans le cas de Bertalanffy, cela m'est apparu comme un outil efficace pour comprendre les ressorts de sa pensée.

I-3 – *Les problèmes spécifiques considérés dans cette étude et son organisation*

Une fois formulée mon hypothèse directrice, il me restait à structurer mon histoire et à préciser les questions plus spécifiques dont cette structuration allait permettre l'examen. Un premier découpage diachronique s'imposait naturellement : se focaliser dans un premier temps sur les travaux de Bertalanffy antérieurs à 1945 pour comprendre les sources d'inspiration et la genèse du projet de « systémologie générale » tel qu'il le formula ensuite ; puis étudier ce qu'il advint de ce projet une fois que Bertalanffy l'eut publié. La grande diversité des influences auxquelles il fut soumis tout au long de ses quinze premières années de recherche et le constat que je fis très vite de ses multiples emprunts conceptuels à d'autres auteurs (contemporains ou antérieurs) me conduisirent à introduire un découpage plus synchronique concernant la première phase. J'ai tenu à distinguer d'une part ce qui relève d'une généalogie des thèmes « systémologiques » de Bertalanffy, pour rendre compte des emprunts en question et de l'émergence de sa problématique dans le contexte de sa formation ; et d'autre part une analyse de la genèse du projet de « systémologie générale » visant quant à elle à rendre compte de la manière dont Bertalanffy organisa progressivement ses idées en direction de ce projet. Il y avait matière à deux parties, que j'avais certes déjà explorées dans la première phase de mon travail, mais pour lesquelles je disposais de nombreux éléments nouveaux me mettant en situation d'approfondir significativement et de systématiser mes analyses initiales. Quant au traitement de la phase postérieure à 1945, un découpage synchronique s'imposait aussi bien. Car il s'agissait cette fois d'une part de rendre compte de la convergence entre les travaux de Bertalanffy et ceux d'autres chercheurs afin d'expliquer la constitution, les activités et le devenir de la S.G.S.R. ; et d'autre part d'étudier comment et dans quelle mesure le projet de « systémologie générale » fut effectivement actualisé au cours de l'évolution de cette société scientifique. Il y avait donc encore matière à deux parties, dont la seconde aurait plus encore vocation que les autres à tester la pertinence de mon hypothèse directrice.

L'enquête généalogique qui forme la matière de ma première partie est inaugurée par une étude des enracinements, dans le monde germanophone des années 1890-1930, du système de valeurs qui diffuse avec une remarquable constance dans l'ensemble de l'œuvre de Bertalanffy. L'enjeu est en premier lieu de comprendre pourquoi et selon quelles modalités s'est très tôt forgée chez lui la conviction, qui ne le quitta jamais et à laquelle sa « systémologie générale » eut par la suite pour fonction de répondre, que son époque était celle d'une très profonde « crise » de la représentation du monde, de nature ultimement « cosmologique ». Une « crise » qui affectait l'ensemble des aspects de la culture et remettait en particulier en question aussi bien le sens que les contenus de la recherche scientifique. Il s'agit simultanément de repérer les éléments nécessaires à une compréhension de cette caractéristique majeure de sa « systémologie générale » que sont les liens inextricables et problématiques constamment établis par ce projet entre options épistémologiques d'une part, et options axiologiques d'autre part.

Cette enquête se poursuit, après un effort de clarification des possibles significations de certains termes omniprésents dans la littérature considérée (« holisme », « émergentisme »,

« mécanicisme », « vitalisme »), par l'examen détaillé de l'un des aspects les plus importants du contexte culturel de la formation des idées de Bertalanffy : la multiplicité et la popularité de « philosophies de la vie » qui, dans leur ensemble, tendaient à ériger en normes universelles de la pensée des extensions métaphoriques de la « vie » biologique ou psychologique. Ses écrits portent l'empreinte profonde et durable de ces philosophies affectant notamment, par-delà la compréhension de la psychologie de l'individu et des valeurs ultimes guidant son existence, celle des origines et de la signification de la connaissance, et celle des spécificités ontologiques et méthodologiques de la biologie et des « sciences de la culture ». Néanmoins, cette empreinte m'apparut vite très ambivalente : Bertalanffy me semblait avoir autant construit sa pensée contre ces philosophies qu'il s'en était inspiré. La question posée dans cette partie de mon enquête généalogique est donc celle des caractéristiques de la dynamique intellectuelle qu'elles induisirent chez lui. Je m'efforce de détecter dans ces philosophies l'origine de certains de ses schèmes conceptuels et de certaines de ses positions philosophiques, mais aussi d'observer la manière dont elles l'ont, par réaction, encouragé à développer très tôt certaines positions alternatives essentielles à sa perspective « systémologique ».

La suite de mon enquête généalogique est consacrée à l'étude systématique d'une autre caractéristique majeure du contexte culturel de l'entre-deux-guerres, au moins dans les pays germanophones : la promotion ubiquitaire de la « totalité » comme catégorie d'interprétation du « réel » et, en conséquence, celle de modes holistiques de pensée dans la plupart des secteurs de la vie intellectuelle. Cette étude a plusieurs objectifs. Elle vise d'abord à explorer les multiples références de Bertalanffy qui se rapportent à cette promotion, c'est-à-dire à examiner les travaux s'y rattachant qu'il a lui-même cités et qui l'ont donc directement influencé. Elle vise aussi à repérer d'autres contributions à cette promotion qu'il n'a jamais citées et qui l'ont pourtant au moins indirectement influencé. Il s'agit de dresser un panorama aussi exhaustif que possible des travaux au contact plus ou moins proche desquels Bertalanffy a forgé ses schèmes conceptuels systémiques et une part de sa conception de ce que devrait et pourrait être une pensée systémique scientifiquement féconde et philosophiquement fondée, afin d'être par la suite en mesure d'évaluer l'originalité de ses idées à ces sujets et, par là même aussi, d'attribuer à un certain nombre de philosophes et de scientifiques antérieurs ou contemporains la place qui leur revient légitimement dans l'histoire de la « systémologie générale ». L'objectif est encore de répertorier les raisons objectives et de mesurer l'ampleur effective de cet avènement des modes holistiques de pensée sur lequel le Viennois insista afin de justifier son approche « systémologique » : ici se joue une part importante de la crédibilité de ses discours. Cette partie de ma généalogie, la plus longue, enquête ainsi sur les sources holistiques de la pensée de Bertalanffy dans des domaines apparemment aussi divers que la métaphysique, la physique, la psychologie, la biologie, la médecine et les sciences sociales, en cherchant en particulier à comprendre pourquoi il put légitimement y trouver matière à concevoir le fameux thème unitarien constitutif de son projet « systémologique ».

La première partie s'achève sur une étude approfondie des résonances idéologiques qu'eurent les « philosophies de la vie » et les thèmes holistiques dans le contexte des années 1920 et 1930 ; elle porte en particulier une attention soutenue aux fonctions idéologiques que les biologies d'inspiration holistique, à commencer par celle de Bertalanffy, furent amenées à y assumer. La principale question posée ici est celle de l'impact qu'eurent ces résonances sur la formation de la problématique de Bertalanffy, eu égard à la portée culturelle et axiologique dont il investit toujours ses travaux. Mais une question traitée simultanément est celle des contributions que Bertalanffy fit lui-même à ce processus alors typique qui consistait à enrôler la « vie » et la « totalité », donc aussi toutes les entreprises scientifiques ou philosophiques vouées à les promouvoir, dans la justification de prises de position idéologiques servant des ordres politiques totalitaires, qui ne tardèrent pas à révéler aussi concrètement que tragiquement leur caractère funeste. L'implication de Bertalanffy dans ce processus, qui se manifesta notamment par son adhésion au parti national-socialiste et par un accomplissement relativement zélé de ses fonctions de « biologiste du III^e Reich », doit être comprise d'une manière nuancée et dépassionnée, respectueuse de la réalité des faits. L'enjeu est bien sûr de préciser cette indéniable part d'ombre de l'histoire précoce de la « systémologie générale » afin de pouvoir comprendre son histoire ultérieure et juger la pertinence des critiques qui ne manquèrent pas de tirer parti de cet épisode afin de minorer drastiquement la valeur de ce projet.

Contrairement à la précédente, la seconde partie est dans une très large mesure focalisée sur les travaux de Bertalanffy. Le problème général est d'expliquer, en considérant ses travaux antérieurs à 1945, son cheminement vers l'élaboration de sa « systémologie générale » ; c'est-à-dire de retracer la genèse de ce projet, non seulement en précisant la chronologie, mais aussi et surtout en cherchant à comprendre les dynamiques intellectuelles qui ont présidé à cette élaboration : ma généalogie précédente ne saurait seule permettre une telle explication, ne serait-ce que parce que l'originalité de ce projet tient essentiellement à la manière spécifique dont Bertalanffy a organisé des idées dont il a certes pour la plupart hérité.

Les deux premiers chapitres de cette seconde partie examinent la théorie de la connaissance sous-jacente au projet de « systémologie générale ». La méthodologie exposée plus haut y est abondamment utilisée, du fait de la dispersion des considérations de Bertalanffy à ce sujet : il s'agit dans ces chapitres d'opérer un travail de reconstruction systématique à partir des morceaux plus ou moins épars qu'il a proposés à ses contemporains et laissés à la postérité. La prise en compte des écrits d'autres philosophes et scientifiques parfois postérieurs à la période étudiée dans cette partie a de plus servi à corroborer les hypothèses que j'ai inévitablement été amené à formuler à cette fin. Après avoir expliqué la nécessité de cette reconstruction pour la compréhension du projet « systémologique », j'examine son enracinement dans ce que Bertalanffy appela lui-même son « anthropologie philosophique », qui constitue une philosophie « symboliste » de la spécificité humaine et des logiques gouvernant les univers qui en dérivent. Cette anthropologie apparaît comme le cadre du « perspectivisme » bertalanffien, qui constitue sa théorie de la connaissance à proprement parler. J'analyse ensuite les thèses constitutives de cette théorie, en cherchant à la fois à repérer les lacunes des exposés fournis par Bertalanffy et la possibilité d'y remédier en développant de manière plus conséquente certaines de ses propres idées. Il ne s'agit pas, de ce dernier point de vue, de prêter à Bertalanffy une philosophie qu'il n'a pas eue, mais au contraire d'explicitement complètement des idées manifestement présentes chez lui bien que restées implicites ou trop succinctement développées dans ses écrits, dont la prise en compte me semble indispensable pour faire de son perspectivisme une philosophie cohérente de la connaissance effectivement susceptible de fonder sa « systémologie générale ». Le reste de l'étude concernant cette théorie est consacré à ses conséquences pour la philosophie des sciences de Bertalanffy. La question posée par Parrochia de la « réciprocité des concepts de 'modèle' et de 'système' » lui est adressée comme aux autres systémiciens ayant contribué à son projet afin de soumettre à un premier test mon hypothèse directrice : peut-on dire que le concept perspectiviste de « système » avancé par Bertalanffy et ses collègues a imprimé à la « systémologie générale » le caractère d'une herméneutique inédite ? Répondre à cette question consiste simultanément à relever les éventuels intérêts de ce projet du point de vue général de l'histoire et de la philosophie des modèles et de la modélisation.

Le troisième chapitre de ma seconde partie est entièrement consacré aux détails de la philosophie de la biologie de Bertalanffy et du programme bio-théorique dont elle a accouché, ainsi qu'à leur réception dans le monde académique. Il couvre essentiellement la période initiée par son premier article biologique (1926) et close par son départ provisoire de Vienne pour les États-Unis (1937), c'est-à-dire juste avant son premier exposé de la « systémologie générale ». Le premier objectif en est de préciser la conception que Bertalanffy se faisait de la biologie théorique, eu égard tant à sa nature qu'à son rôle épistémologique. Il s'agit ensuite d'observer comment il a élaboré sa perspective et son programme scientifique dits « organismiques », dans un contexte marqué par une multiplicité d'essais et de controverses bio-philosophiques où maintes tentatives étaient entreprises pour renouveler ou dépasser les oppositions séculaires entre « vitalistes » et « mécanicistes » à la lumière des récents développements des sciences de la vie. Le problème est de rendre compte des fondements et de l'originalité du programme bertalanffien d'une science nomothétique des systèmes biologiques, en y repérant les éléments qui allaient bientôt devenir constitutifs du programme d'une science nomothétique des systèmes en général. Bertalanffy prétendit avancer plusieurs « principes » supposés fonder sa biologie théorique, dont je discute les relations. Je mets en question leur statut de « principe » et m'interroge sur la pertinence de les voir plutôt comme des « schèmes théoriques d'interprétation » voués à structurer à leur tour la modélisation théorique des phénomènes biologiques. Le modèle général du « système organisé » que Bertalanffy élaborait sur la base de ses « principes » est considéré dans cette perspective : l'enjeu est ici de déterminer s'il y a lieu de voir dans ce modèle un prototype de ce que Bertalanffy, identifiant par là-même le pôle scientifique de la « systémologie

générale » à une « théorie des systèmes généraux », appela avec d'autres à partir de 1954 un « système général », bientôt défini comme le « représentant canonique » d'une classe d'équivalence de modèles systémiques. Par ailleurs, la philosophie de la biologie de Bertalanffy ne se limitait pas à une théorie de la connaissance biologique : elle incluait manifestement aussi une philosophie de la nature biologique ayant le statut d'une « métaphysique inductive », dont il s'agit pour moi d'examiner les relations avec son programme bio-théorique. La structure de sa biologie « organismique » étant ainsi dégagée, la question essentielle devient dès lors de savoir dans quelle mesure cette biologie, parvenue à maturité en 1937, anticipait le projet de « systémiologie générale » : peut-on y reconnaître une « systémiologie biologique » qui, en tant que « science de l'interprétation systémique des objets biologiques », manifestait déjà la plupart des traits physiologiques du projet plus général qui ne tarda pas à lui succéder ?

En tout état de cause, sa biologie « organismique » telle que développée en 1932 ne pouvait pas encore à elle seule me permettre de rendre compte de l'émergence du projet de « systémiologie générale », du fait des rapports ambivalents initialement entretenus par Bertalanffy avec les mathématiques. Bien que son ambition affichée fût de construire une science « exacte » des systèmes biologiques, le problème de la signification de cette « exactitude » restait alors entier chez lui, de sorte que la notion d'isomorphisme impliquée dans sa « systémiologie biologique » restait purement qualitative et « verbale ». L'hypothèse que j'examine dans mon quatrième chapitre est que c'est dans le cadre des premiers développements d'une biologie mathématique que se comprend l'évolution très rapide des conceptions de Bertalanffy relatives à la possibilité d'une science *mathématique* des systèmes. Il s'agit en particulier de préciser dans quelle mesure cette évolution permet de rendre compte de « l'idéal logico-mathématique » qu'il allait dès 1937 fixer à sa « systémiologie générale ». Je cherche donc à repérer systématiquement dans les travaux des premiers biomathématiciens les éléments susceptibles d'expliquer cette évolution, ce qui me donne aussi l'occasion de révéler l'importance de ces biomathématiciens dans l'histoire de la « systémiologie générale ».

Les deux derniers chapitres de la seconde partie constituent comme les précédents des approfondissements de mes premiers travaux. Je commence par y étudier l'ensemble des contributions de Bertalanffy à la mise en œuvre de son programme bio-théorique. Les détails de l'histoire et des fondements de sa théorie mathématique de la croissance animale globale y sont discutés en premier lieu, afin de mesurer précisément l'impact de cette théorie sur la genèse de ses idées « systémiologiques », en particulier sur son concept d'isomorphisme. Cette théorie ne fut toutefois conçue par Bertalanffy que comme un moment clef de la construction d'une « morphologie dynamique », dont j'examine ensuite les autres développements. Même si cet examen conduit inévitablement à interroger la pertinence et la portée de ces derniers pour la biologie contemporaine, il est surtout destiné à répondre à la question des motifs et des fonctions de cette morphologie pour la « systémiologie biologique » de Bertalanffy, étant pris acte du fait que ses développements furent pour la plupart postérieurs à l'échec de son premier exposé de la « systémiologie générale ». Traduit-elle un effort pour surmonter des difficultés inhérentes à son modèle général du « système organisé », relatives aux relations entre ses « schèmes théoriques d'interprétation » ? Peut-on y voir une tentative de démontrer la capacité effective de sa « systémiologie biologique » à embrasser de manière féconde l'ensemble des « problèmes de la vie » et, par là-même, de donner une assise moins spéculative au discours « systémiologique » général ?

Ces questions ont leurs prolongements dans le dernier chapitre de cette partie, consacré à l'ébauche de théorie formelle des « systèmes ouverts » publiée par Bertalanffy en 1940 et à ses connexions avec l'émergence contemporaine de la « thermodynamique des processus irréversibles ». Cette ébauche constitue son premier exposé officiel d'un « système général » à caractère mathématique qui, dépourvu d'interprétation particulière, était investi d'une portée vraiment transdisciplinaire. Sur la base des discours tenus par Bertalanffy à son sujet, j'étudie la possibilité de l'interpréter comme une « systémiologie restreinte » servant d'« antichambre » de la « systémiologie générale », délibérément construite afin de fournir un paradigme convaincant à cette dernière. Il s'agit notamment de mettre en question une interprétation courante de l'œuvre de Bertalanffy, selon laquelle sa « systémiologie générale » aurait émergé « inductivement », par généralisations successives de ses travaux biologiques : cette interprétation semble en effet contredire le fait que son exposé de 1937 fut nettement antérieur à celui de sa « théorie » formelle des « systèmes ouverts ».

Les ascendances et la genèse de la « systémologie générale » étant ainsi étudiées, la troisième partie entreprend l'étude de ce qu'il en advint dès lors que Bertalanffy publia ce projet (en 1948 et 1949 en Autriche, puis en 1950 en Angleterre et aux États-Unis). Le terrain de mon histoire n'est dès lors plus l'Europe, sauf en quelques occasions : c'est l'Amérique du Nord, principalement les États-Unis. Non seulement parce que Bertalanffy y émigra définitivement en 1949 (avant tout en conséquence de son passé national-socialiste), mais plus généralement parce que c'est presque exclusivement là que se déroula, pendant plusieurs décennies, l'histoire de la « systémologie générale ».

Cette partie est logiquement inaugurée par un examen détaillé des textes publiés par Bertalanffy sur la « systémologie générale » jusqu'au milieu des années 1950. Après m'être interrogé sur ses motivations pour publier ces textes, je synthétise l'ensemble de ses réflexions de manière relativement systématique, présentant d'abord ses arguments justifiant la légitimité de son projet eu égard à l'état de la science contemporaine, puis ses postulats fondateurs et, enfin, les diverses fonctions auxquelles il destinait son projet. L'objectif principal est de présenter le contenu de son discours et d'en examiner la cohérence. Je relève, notamment en considérant les premières critiques qui lui furent adressées, les difficultés posées par ces premiers textes aux formules souvent maladroites, qui durent répondre à la contrainte d'exposer en quelques pages des idées aussi hétérodoxes que novatrices et ambitieuses alors qu'elles requéraient des explications conséquentes. Mes deux premières parties offrent l'avantage de pouvoir lire ces textes en creux, en éclairant les nombreuses zones d'ombre qui leur donnèrent un caractère souvent énigmatique – voire l'apparence de collections de spéculations aussi infondées que hardies.

Mon second chapitre étudie les raisons qui amenèrent quatre chercheurs américains à s'accorder en 1954 avec Bertalanffy pour fonder la S.G.S.R. : le neurophysiologiste Ralph W. Gerard, le psychologue James G. Miller, le mathématicien Anatol Rapoport et l'économiste Kenneth E. Boulding. La première question posée ici, suggérée par leurs parcours respectifs, concerne le rôle que peuvent avoir joué dans cette convergence certaines politiques scientifiques propres à l'université de Chicago. Puis j'examine successivement les travaux les plus caractéristiques que les quatre chercheurs mentionnés entreprirent avant 1954, afin de comprendre précisément comment s'enracine dans leurs propres recherches leur vif intérêt pour le projet « systémologique » ; il s'agit aussi de déceler d'éventuelles inclinations à comprendre ce projet d'une manière différente de celle de Bertalanffy.

Un essor significatif n'aurait certainement pas été permis à la S.G.S.R. sans une convergence d'ampleur beaucoup plus vaste, qui impliqua des centaines de chercheurs. Une question majeure est de savoir pourquoi et comment ses fondateurs réussirent à y faire confluencer des développements scientifiques souvent très divers par leurs origines, qui n'avaient guère pour seul dénominateur commun évident que la focalisation sur des problématiques susceptibles d'être caractérisées comme « systémiques », et l'effort pour élaborer des concepts et des méthodologies adaptés à ces problématiques. L'objectif principal de ce chapitre est donc naturellement d'enquêter sur les convergences conceptuelles et scientifico-philosophiques qui établirent les conditions de possibilité de cette confluence. La littérature systémique m'avait toutefois très tôt laissé entrevoir l'existence de divergences et de tensions significatives entre les différents courants de recherche concernés : il s'est donc aussi agi d'en repérer la nature et les origines, tout en cherchant à discerner les logiques ayant malgré tout permis une intégration dans la S.G.S.R.

La fin de la troisième partie est entièrement consacrée à l'histoire de la S.G.S.R. Elle examine la question de savoir dans quelle mesure cette société scientifique peut effectivement, comme Bertalanffy se plut à le laisser entendre, être considérée comme le théâtre de l'actualisation de la « systémologie générale ». Il s'agit dans un premier temps de retracer chronologiquement les étapes de la création de cette société entre 1954 et 1956. Ce qui revient pour l'essentiel à étudier le contexte de réception du projet bertalanffien, à préciser l'interprétation qui en fut faite à cette époque et à déterminer les raisons expliquant le relatif engouement qu'il suscita en quelques mois chez un nombre significatif de scientifiques issus de maints horizons. Mais aussi à mesurer l'impact sur sa propre compréhension de ce projet de la prise de conscience par Bertalanffy de la grande diversité des recherches pouvant être elles aussi caractérisées comme « systémiques ». Il s'agit ensuite d'examiner l'ensemble des aspects (organisationnels, scientifiques, institutionnels, politiques) de l'histoire de la S.G.S.R. dès lors qu'elle fut créée, afin de rendre compte des dynamiques ayant conditionné l'évolution de cette société et d'examiner par-delà les déclarations d'intention le rôle réellement joué

dans cette évolution par le projet de « systémologie générale » et par ceux des membres de la S.G.S.R. qui vouèrent effectivement leurs travaux à son actualisation. Un examen synthétique de l'ensemble des articles publiés dans *General systems* est notamment entrepris à ces fins.

L'ultime partie du présent travail porte principalement sur la même période que la précédente (du milieu des années 1950 à l'orée des années 1980), mais avec une intention différente. La « systémologie générale », considérée comme un projet collectif et non plus telle qu'elle fut initialement avancée par Bertalanffy, en est l'objet exclusif. Et son matériel est restreint aux seuls travaux ayant significativement contribué à ce projet. Deux objectifs sont poursuivis, avec l'idée non seulement qu'ils sont compatibles, mais que la réalisation de l'un ne peut que servir celle de l'autre. Le premier est de nature purement historique : il consiste à recenser et à discuter les productions les plus caractéristiques de la recherche « systémologique » au cours de cette période de maturation, afin de dresser un tableau représentatif de la réalité de cette recherche, de ses succès comme de ses limites, et de fournir ainsi les éléments nécessaires pour pouvoir juger de la place, de la signification et de l'importance qu'il convient en fin de compte d'accorder à la « systémologie générale » dans l'histoire des sciences (et, plus généralement, des idées). Le second objectif est quant à lui de nature purement philosophique et répond à mon hypothèse directrice : il consiste à fournir au moins l'esquisse d'une construction systématique de la « systémologie générale », capable de rendre manifestes la structure et les fonctions de ce projet telles que je les vois se dessiner au travers des travaux qui y furent consacrés, et lui donner de la sorte une cohérence dont il a manqué, sans jamais pour autant trahir l'esprit de ceux qui ont contribué à l'actualiser. Mon premier objectif sert le second en lui évitant des *a priori* dogmatiques : il favorise une procédure inductive guidée par la réalité des productions « systémologiques ». Ce ne sont toutefois pas seulement les productions contemporaines de la S.G.S.R. qui servent d'argument à cette construction de ce que j'appelle le « système de l'herméneutique systémologique », mais bien l'ensemble de l'histoire de la « systémologie générale » telle qu'étudiée dans les différentes parties de cette thèse. Réciproquement, mon second objectif sert le premier en offrant un cadre approprié pour organiser la présentation des différents travaux « systémologiques » distingués et rendre intelligible leur complémentarité.

Une fois cette construction achevée, je clos ce travail de recherche par quelques réflexions sur ce que j'appelle la « postérité » de la « systémologie générale », dans quatre directions. Je dresse en premier lieu un bilan de l'ensemble des critiques adressées à ce projet, en cherchant à évaluer leur pertinence à la lumière de mes propres résultats. Puis j'étudie la question de savoir si et, dans l'affirmative, quand et dans quelle mesure on peut parler d'une institutionnalisation de la « systémologie générale ». Il s'agit à cette occasion non seulement de repérer les éventuels programmes de recherche et d'enseignement supérieur qui ont pu s'y rattacher, mais aussi d'observer l'attitude à son égard, au cours des trois dernières décennies, des chercheurs identifiés comme « systémiciens ». Je considère ensuite un troisième aspect de la postérité de ce projet : son actualité. La question est ici de savoir ce qu'il en reste à notre époque. Enfin, j'examine sur la base des résultats précédemment obtenus la possibilité de parler d'un avenir de la « systémologie générale », ou au moins les conditions qui devraient être remplies pour pouvoir envisager cette possibilité.

L'exploration historique et philosophique de la « systémologie générale » entreprise ici est finalement inédite par ses prises en compte de la totalité des travaux de Bertalanffy, de l'ensemble de leurs dimensions, de leur contexte culturel et de leur inscription dans un mouvement systémique qui les dépassait : au moins deux de ces prises en compte, dont invariablement la première, ont chaque fois manqué à toutes les études antérieures à son sujet. Si j'ai largement focalisé cette thèse sur son œuvre, exposer celle-ci de manière approfondie n'en sera pas la principale finalité. Car d'une part l'intérêt historique de cette œuvre tient surtout à la possibilité qu'elle offre d'y voir se refléter maints aspects de la vie intellectuelle d'une époque, d'en révéler les multiples connexions et par-là même de les appréhender sous un jour original, lui-même « systémique ». D'autre part, le projet « systémologique » que cette œuvre a initié présente une actualité pour notre vie intellectuelle, et au final, c'est cette actualité que le présent travail a surtout pour vocation de mettre en évidence.

Première partie

Généalogie du projet de « systémologie générale »

**Enquête sur les origines des valeurs,
des schèmes conceptuels et de la problématique
de Ludwig von Bertalanffy**

La caractérisation presque invariable de Bertalanffy comme « biologiste » constitue en soi une erreur factuelle. Compte tenu de sa formation initiale en histoire de l'art et en philosophie. Insister sur cette erreur ne serait que pédantisme si elle ne constituait pas un obstacle à une appréhension adéquate de son œuvre, en particulier de son projet de « systémologie générale ». Une tâche préliminaire à toute histoire de l'élaboration de ce projet semble justement être de comprendre sous quelles influences et dans quel but le *philosophe* de formation (et, comme il apparaîtra, de vocation) qu'était Bertalanffy, se tourna précisément vers la biologie dans la première partie de sa carrière, et ce dans une perspective à la fois holistique et théorique.

Examiner le contexte culturel, sociologique, scientifique, philosophique et idéologique de la formation de ses idées qui fut celui du premier tiers du XX^e siècle va permettre d'apporter des réponses à cette question d'un tournant initial, tout en dégageant un certain nombre de valeurs et de schèmes conceptuels que nous verrons par la suite (dans les trois autres parties) structurer ses travaux. Cet examen permettra aussi de relativiser le caractère innovant de ses projets. Ce qui ne signifie bien sûr pas nier toute innovation, mais la caractériser et en déterminer l'étendue tout en retraçant sa généalogie.

1-1 – L’omniprésence du thème de la « crise » – Les valeurs de Bertalanffy selon l’idéal de la *Bildung*

Un premier trait primordial de l’entre-deux-guerres et, dans une moindre mesure des trois décennies précédentes, était l’ubiquité des thèmes jumeaux de la « crise » et de son dépassement. On peinerait à trouver, surtout dans le monde germanophone, un domaine intellectuel qui n’était pas, depuis le début du siècle, en proie à des controverses quant à ses fondements, ni le lieu d’entreprises multiples prétendant radicalement les renouveler. La mathématique donnait elle-même le ton, désormais loin d’incarner le modèle de la certitude et du savoir parfait – comme elle avait pu le faire de l’Antiquité au milieu du XIX^e siècle : elle se trouvait depuis l’orée du XX^e siècle aux prises avec une « crise des fondements », avant que ne soit démontrée en 1931 l’irréductible « incomplétude » de ses constructions axiomatiques, c’est-à-dire l’impossibilité d’identifier vérité et démontrabilité dans le cadre d’une axiomatique donnée¹. Mais ce *pathos* de la « crise » était solidaire d’un phénomène remarquable dont je montrerai qu’il conditionna les valeurs essentielles de Bertalanffy, à savoir la réaffirmation d’un idéal humaniste issu du Romantisme et plus généralement de l’idéalisme allemand, que je dénommerai l’« idéal de la *Bildung* », quitte à lui faire perdre une certaine historicité.

1-1-1 – « Crise » des sciences et « crise » de « la » science

Sans qu’il soit pour l’instant nécessaire d’explicitier leurs arrière-plans épistémologiques respectifs, quelques exemples majeurs de ces constats de « crise » dans les débats scientifiques au cours des premières décennies du siècle suffiront à illustrer mon propos. Il est utile, à l’opposé du sociologisme d’une certaine histoire des sciences récente, de souligner que tous ces débats se justifiaient au moins partiellement d’un point de vue « interne », donc purement épistémologique. En d’autres termes, qu’ils étaient le constat de limites *objectives* des « paradigmes » jusqu’alors dominants dans les disciplines concernées. L’historien Mitchell Ash² a remarqué un fait significatif dont les causes seront évoquées : c’est bien souvent seulement après la première guerre mondiale que l’on en vint à désigner par le terme de « crises » ce qui n’étaient jusqu’alors que des controverses perdurant parfois depuis des siècles, et à leur conférer ainsi une urgence et une publicité inédites.

1-1-1-1 – L’état « critique » des divers domaines académiques

Plus important encore que celui de la « crise » des mathématiques fut l’impact de celle de la physique, que nous n’allons cesser de voir nourrir les vocations « révolutionnaires » dans les autres sciences. Les catégories d’espace, de temps, de matière et de causalité, mais aussi les conceptions de la loi et de l’objectivité physiques, furent alors profondément remises en question par les théories de la relativité et par la théorie quantique en cours de construction. Après que le physicien viennois Franz S. Exner et le physico-mathématicien allemand Hermann Weyl aient ouvertement soutenu vers 1920, sur la base d’une conception statistique des lois physiques, un point de vue non causaliste sur les phénomènes physiques, la discipline fut jusqu’au milieu des années 1930 déchirée par une « querelle du déterminisme ». Celle-ci fut exacerbée par l’interprétation de la mécanique quantique prônée par Niels Bohr et Werner Heisenberg, qui acceptaient avec l’idée de « complémentarité » que l’on ait en physique des particules des points de vue locaux ne se recoupant ni logiquement, ni phénoménologiquement. Âpre fut donc la controverse autour de l’objectivité des lois physiques suscitée par ce « principe de complémentarité », qui les opposa notamment à Erwin Schrödinger et Albert Einstein³. En écho à ce dernier, qui avait affirmé en 1922 que « les fondements de la physique

¹ Pour une analyse globale de la « crise » des mathématiques, voir par exemple Kleene M. (1980, 1989). Sur les « théorèmes d’incomplétude » de Gödel, voir Gödel K. et al. (1931, 1989), où le texte original très ardu du logicien est accompagné de commentaires utiles à sa compréhension. Oswald Spengler ((1923, 1976), pp. 99-100) alla jusqu’à écrire, avant même la publication de ces théorèmes par Gödel, que la « mathématique occidentale a[vait] désormais épuisé toutes ses possibilités intérieures ».

² Ash M. (2002), p. 285.

³ Caractéristiques de la littérature contemporaine sur ces controverses sont : Nernst W. (1922) ; Weyl H. (1921, 1958) et (1927, 1963) ; Planck M. (1926), (1929a) et (1929b) ; Bohr N. (1931, 1993) ; Heisenberg W. (1931) ; Kojève A. (1932, 1990) ; De Broglie L. (1937, 1986). Voir aussi plus récemment Forman P. (1971), Bitbol M. (1996) et Oexle O.G. (2002).

théorique [étaient] ébranlés »¹, Max Planck écrivit en 1926 avec une référence typique à la période d'ébullition et de contestation des modes traditionnels de pensée de la fin du XVIII^e siècle – dont il convient toutefois de remarquer qu'elle concernait alors principalement la littérature et la philosophie, mais pas frontalement les sciences de la nature :

La physique, qui pouvait il y a une génération encore être comptée parmi les plus anciennes et matures des sciences de la nature, est actuellement entrée dans une période de *Sturm und Drang*².

Symptomatique de l'ampleur des remises en questions était l'abondance des considérations philosophiques dans les écrits des physiciens majeurs des années 1920. Planck résuma ce que l'on peut voir comme une sorte de retour à une situation qui prévalait au XVII^e siècle³ et qu'une sorte de mythologie positiviste avait fini par faire oublier, malgré Kant et ses continuateurs :

Il fut une époque où la philosophie et la science de la nature se faisaient face, étrangères l'une à l'autre et mutuellement inamicales ; cette époque est depuis longtemps révolue [...] La science de la nature ne peut, elle non plus, se dispenser d'une certaine dose de métaphysique⁴.

Et c'est encore Planck qui dressa en 1929 le diagnostic de l'état de « crise » ; il importe ici de voir qu'il le liait étroitement à celui de l'effondrement de l'idéal « mécaniciste » qui, de Hermann von Helmholtz à William Thompson, avait dominé le XIX^e siècle, et dont le second pensait qu'il ne restait que des « détails » à régler afin de parachever son accomplissement⁵ :

La crise dans laquelle se trouve la vision physique du monde [*physikalische Weltanschauung*] dépasse sans aucun doute en profondeur et en rudesse [*Schroffheit*] toutes celles qui l'ont précédée, et ceci d'autant plus qu'elle a surgi à un moment où la science physique semblait au plus près du plus haut degré de son achèvement [*Vollendung*]. Jusque récemment encore on était largement fondé à soutenir l'idée que la physique se trouvait sur la voie directe de son état final idéal, à savoir l'explication satisfaisante du cours nomothétiquement réglé [*des gesetzlichen Ablaufs*] de tous les phénomènes physiques sur la base de la mécanique et de l'électrodynamique [...] Mais cet espoir n'a pas été satisfait⁶.

Dans ces conditions, Bertalanffy ne fit jamais que prendre acte des débats contemporains des physiciens lorsqu'il parla des « révolutions » en physique, soulignant la « transformation essentielle » de ses fondations et de son édifice hérités de Galilée et de Newton, voire « l'effondrement de toutes les catégories qui y furent tenues pour fondamentales »⁷.

La biologie était elle aussi à l'époque sujette à un état de confusion extrême, probablement pire encore que celui de la physique, et suscitant d'autant plus de passions que des considérations idéologiques s'y mêlaient intimement – ce qui sera examiné dans le dernier chapitre de cette partie compte tenu du plan adopté. Ici, les fondements n'étaient pas seuls en cause. L'ampleur des controverses et la multiplicité des « théories » avancées étaient en effet à la mesure de l'accumulation des découvertes et de l'explosion du nombre de publications. Les mêmes résultats empiriques étaient presque systématiquement sujets à des interprétations divergentes et concurrentes, et une synthèse permettant de faire de la biologie un champ unifié apparaissait alors non seulement hors de portée, mais même inconcevable⁸ – ce qui constituait une différence considérable avec la physique, où un dépassement des contradictions entre perspectives semblait possible et était dans une certaine mesure à l'œuvre, comme l'illustre la réconciliation des points de vue corpusculaire et ondulatoire par Louis de

¹ Einstein A., in Oexle O.G. (2002), p. 13.

² Planck M. (1926), p. 260.

³ Voir en particulier Koyré A. (1957, 1973a), pp. 189-227 et pp. 247-331.

⁴ Planck M. (1926), p. 261.

⁵ « Mécaniciste », un terme très ambigu que je m'efforcerai de préciser au 1-2-3, réfère ici à l'analyse des phénomènes physiques sur la base des catégories, concepts, principes et lois de la seule mécanique, et en particulier de la mécanique analytique. Selon Helmholtz (in Spengler O. (1923, 1976), I, p. 359), « le but des sciences cosmologiques » était « de découvrir les mouvements et les moteurs inhérents à tout changement, par conséquent de les résoudre en mécanique ». Quant à Thompson, il écrivit : « le vrai sens de la question de savoir si nous comprenons ou non un phénomène me paraît revenir à cette autre : pouvons-nous construire un modèle mécanique qui reproduise toutes les parties du processus ? » (in Cassirer E. (1929, 1972), p. 507).

⁶ Planck M. (1929a), p. 16. Selon Spengler (1923, 1976, p. 400), dans un passage que cita par ailleurs Bertalanffy ((1927c), p. 250), la « physique occidentale » était à cet égard « arrivée très près des limites de ses possibilités internes ».

⁷ Bertalanffy L. von (1927c), p. 252 et (1927d), p. 654.

⁸ Regelmann J.P. (1986), p. 54.

Brogie en 1924. Les fondements de la théorie darwinienne de l'évolution (en particulier son schème continuiste de la variation et son principe sélectionniste), si fragiles que cette théorie connut le destin peu commun d'être un paradigme d'emblée en crise¹, semblaient ainsi se dérober avec l'émergence du schème mutationniste. Cette situation suscita des oppositions vigoureuses², cependant que la doctrine « lamarckienne » de l'« hérédité acquise » ressurgissait sous de nouveaux costumes³. Quant à la controverse pluri-séculaire entre « mécanisme » et « vitalisme », elle était remise sur le devant de la scène et renouvelée par les travaux embryologiques et les spéculations métaphysiques de Hans Driesch⁴, qui mettaient au centre des débats le statut ontologique du vivant et le problème de l'autonomie de la biologie. Bref, la situation de celle-ci pouvait à bon droit être décrite comme celle d'un chaos total. Il revient probablement à Julius Schaxel, professeur à Iena, d'avoir été le premier, en 1919, à diagnostiquer clairement cet état et ses raisons ; c'est lui qui initia au cours des années 1920, dans une collection de traités dont il dirigea l'édition (les *Schaxels Abhandlungen zur theoretischen Biologie*), un mouvement de réflexion épistémologique destiné à remédier à cette situation jugée problématique – auquel Bertalanffy participa significativement :

La biologie contemporaine se trouve dans un état de crise [...] Les idées biologiques souffrent de part en part d'incertitude interne. Subsistent une ambiguïté et une hétérogénéité insondables du corps théorique. Presque nulle part les frontières entre savoir assuré et hypothèses auxiliaires ne sont nettes et incontestées. Théorie, hypothèse, croyance et exigence ne se laissent souvent pas séparer⁵.

Le Londonien Joseph H. Woodger, très au fait des débats entre ses collègues allemands et autrichiens, résuma lapidairement la situation en écrivant en 1929 que « la biologie [était] toujours dans cette phase que Comte qualifia d'âge métaphysique », évoquant l'année suivante une « période critique » pour cette discipline⁶. C'est par des termes presque identiques que Bertalanffy inaugura son premier traité de biologie théorique, en 1932 :

C'est un fait généralement reconnu que la biologie se trouve actuellement dans un état critique⁷.

Non seulement il ne s'agissait pas de jugements excentriques, mais leur validité perdura. En 1937, deux ans après que le biologiste hambourgeois Adolf Meyer-Abich eut fait du thème de la crise de la biologie l'objet de tout un livre, l'éminent Max Hartmann, directeur de recherches au *Kaiser Wilhelm Institut für Biologie* de Berlin, écrivait encore :

La biologie, une science très jeune [...], se trouve dans un état de lutte à propos des méthodes adéquates et des constructions conceptuelles et théoriques pertinentes [...] Comme la physique] mais pour des raisons tout-à-fait différentes, elle se trouve dans un état de crise⁸.

De son côté, la psychologie était tout sauf épargnée par les controverses. Karl Bühler forgea en 1926 l'expression « crise de la psychologie » dans un article ainsi intitulé, faisant de la sorte référence à la désunion apparemment indéfinie des psychologues sur l'objet, les méthodes et les buts de leur discipline⁹. Ash a résumé la source de cette « crise » par le conflit persistant depuis au moins 1900 entre une « psychologie sans » et une « psychologie avec sujet »¹⁰. Conflit qui se lit dans les âpres débats sur la pertinence du point de vue « behavioriste », qui préfiguraient ceux que nous retrouverons après la Seconde Guerre¹¹. Ce conflit avait aussi des racines institutionnelles. Selon Ash, il fallut ainsi attendre 1941 pour que, du point de vue académique, la psychologie se différencie clairement de la

¹ Voir Gayon J. (1992), notamment pp. 1-14. Je reviendrai sur cette crise au 1-4-5-2, car elle influença beaucoup Bertalanffy.

² Ludwig Plate inaugura ainsi son grand traité critique sur la doctrine darwinienne ((1913), pp. 1-2) : « Peu de théories ont connu autant d'opposition que la doctrine darwinienne de la sélection naturelle. Depuis qu'elle est apparue, de nombreux chercheurs se sont d'emblée prononcés contre elle, et pas seulement certains théologiens, philosophes ou littérateurs de toutes sortes [...] ; des cercles de biologistes mêmes sont apparus d'énergiques opposants à cette doctrine, et ce en partie par des hommes dont le nom était réputé en science ».

³ Avec des biologistes comme Paul Kammerer et dans les diverses théories « mnémiques » de l'évolution, qui seront évoquées au 1-3-6-5.

⁴ Driesch H. (1899) et (1909, 1921).

⁵ Schaxel J. (1919), p. 2.

⁶ Woodger J.H. (1929), p. 5 et (1930), p. 4.

⁷ Bertalanffy L. von (1932b), p. 1.

⁸ Hartmann M. (1937), pp. 5-6. Voir aussi Meyer-Abich A. (1935).

⁹ Bühler K. (1926).

¹⁰ Ash M. (2002), p. 234 en particulier.

¹¹ Voir Thurstone L.L. (1923) pour une attaque du caractère illusoirement scientifique du behaviorisme ; et Bühler K. (1926), pp. 459-461.

philosophie. Et le demi-siècle précédent fut la chronique d'une lutte, initiée par Wilhelm Wundt, pour la reconnaissance par les scientifiques de la légitimité de la psychologie expérimentale ; quête de reconnaissance qui, encourageant l'adoption des méthodes et modes d'explication de la physique et de la physiologie pour la seule étude de la sensation, de la perception et de la mémoire, tendit à aboutir à une « psychologie sans sujet ». Celle-ci privait paradoxalement la discipline de la seule source possible de son autonomie, et suscitait le mépris des philosophes dont le bon vouloir déterminait pourtant la survie académique des psychologues¹.

Le conflit qui vient d'être évoqué avait son analogue dans le domaine de la médecine. Ainsi le recteur de l'université de Munich, Oswald Bumke, parla-t-il lui aussi en 1928 d'une « crise de la médecine ». Et c'est lui aussi à une tendance « behavioriste » qu'il s'attaquait : il localisait la source de cette « crise » dans une conception qui, selon lui, réduisait l'être humain à une « machine à réflexes », oubliait la dépendance réciproque du corps et de l'esprit et rendait impossible une « compréhension du patient par empathie »².

Quant aux sciences sociales (qui ne portaient pas encore ce nom), leur « crise » alla jusqu'à s'exprimer dans le titre même d'un essai de l'historien de l'art viennois Josef Strzygowski, un rapporteur de la thèse de Bertalanffy qui l'influença notablement à ses débuts³. Comme en psychologie, les maintes controverses qui les traversaient, dont des figures marquantes furent Wilhelm Dilthey, Émile Durkheim et Max Weber, étaient intimement liées au fait que ces sciences cherchaient à se constituer de manière autonome par rapport à la philosophie et par rapport aux « sciences de la nature », que ce soit académiquement ou épistémologiquement. Les débats vigoureux autour de la dichotomie entre « compréhension » et « explication », de la nature de la preuve scientifique et des exigences de sa conduite, ou encore de la pertinence d'une promotion d'approches typologiques ou analogiques et d'une minoration corrélative de l'importance de la catégorie de causalité et du concept de loi, traduisaient l'existence d'incertitudes quant aux méthodologies adéquates et au statut scientifique des disciplines concernées.

1-1-1-2 – *Constats de « crise » de « la » science dans son ensemble*

Dans ce contexte, certains n'hésitaient pas à extrapoler à l'ensemble de l'activité scientifique le constat de « crise ». Caractéristique à cet égard fut le philosophe Hugo Dingler, souvent cité par Bertalanffy dans ses premières publications. Dingler parlait en effet d'un « effondrement de la science » dérivé de celui de la « foi en la sûreté du principe expérimental » ; il n'y avait selon lui « plus aucune base ni ligne directrice sûres », des éléments fondamentaux séculaires de la science cédant place au « chaos des opinions » :

La science moderne se présente à nos yeux comme un parfait chaos dans ses principes. Rien n'est solide et tout est possible⁴.

Non sans réminiscence de la « loi des trois états » de Comte et dans le prolongement de Whitehead, qui avait en 1926 mis en garde les scientifiques contre un attachement invétéré à un « capital intellectuel » hérité des XVII^e et XVIII^e siècles dont les potentialités se révéleraient proches de l'épuisement, Woodger voyait son époque comme le début d'une troisième ère de l'histoire de la pensée européenne⁵. Bertalanffy s'inscrit dans cette lignée, inaugurant ainsi son premier traité de biologie :

Tout se passe comme si la grandiose ligne de développement de la science qui s'étend des premiers temps de la grécité jusqu'au tournant du XX^e siècle se brisait aujourd'hui. Les fondements tenus pour assurés de notre pensée et de notre recherche s'effondrent ; à leur place s'élèvent sous des formes d'une multiplicité quasi insondable [*in schier unübersehbarer Vielgestalt*] de nouvelles constructions conceptuelles, souvent paradoxales et contredisant en apparence l'entendement

¹ Ash M. (1995), pp. 7-50.

² Bumke O. (1928), in Harrington A. (1996), p. 160. Voir aussi Ringer F. (1969, 1990), pp. 385-386.

³ Strzygowski J. (1923), surtout pp. 3-30 pour son analyse de la « crise des sciences de l'esprit ». Voir aussi Bertalanffy L. von (1928d).

⁴ Dingler H. (1926, 1931), p. 121 et pp. 9-10.

⁵ Whitehead A.N. (1926, 1994) et Woodger J.H. (1929), p. 4 : la nouvelle ère succède selon Woodger à celle qui va du cartésianisme à la fin du XIX^e siècle, la première ère étant celle qui s'étend d'Aristote à la fin de la Renaissance. Voir aussi Husserl E. (1936, 1976).

humain naïf – lesquelles luttent toujours avec exaspération pour leur justification, sans que l'on puisse encore savoir pour lesquelles une place dans notre image du monde [*Weltbild*] est assurée¹.

Il importe néanmoins de voir que ce type de discours reposait sur deux postulats qui n'allaient (et ne vont !) pas du tout de soi. Car parler d'une « crise » globale de la science supposait d'une part qu'existe un fondement commun à l'ensemble des travaux reconnus comme scientifiques, et d'autre part que ce fondement vacille effectivement. Il y avait de surcroît plusieurs manières d'envisager les raisons de la « crise » ainsi alléguée. Une première, essentiellement « internaliste », consistait à en rechercher l'explication dans une communauté de traits épistémologiques dont la pertinence serait devenue douteuse ; bien que loin d'aller de soi, elle constitua un aspect typique du *Zeitgeist* à l'examen duquel le chapitre 4 de cette partie sera consacré². La seconde, « matérialiste », consistait à localiser le fondement commun de la prétendue « crise » dans des fonctions sociales communes de l'activité scientifique. Un sociologue d'inspiration marxiste comme Max Horkheimer, focalisé sur les fonctions productives et idéologiques de la science, considérait ainsi en 1932 que son indubitable « crise » était indissociable d'une crise sociale beaucoup plus globale, tout simplement parce qu'elle en était elle-même une expression particulière :

Dans la mesure où l'on parle avec raison d'une crise de la science, celle-ci ne saurait être dissociée d'une crise générale [...] La science, en tant que fonction sociale, reflète dans le présent les contradictions de la société³.

Une troisième approche, « existentialiste », fut adoptée par le philosophe Karl Jaspers. Elle identifiait la « crise » des sciences à une perte de sens induite par une contradiction croissante entre la réalité de ces sciences et ce que Jaspers considérait comme leur vocation véritable : la convergence vers une vision unitaire du monde. Étaient mis en cause la parcellisation de l'activité scientifique et l'utilitarisme dissolvant qui en serait l'ultime conséquence :

La crise des sciences ne tient pas à proprement parler aux limites de leur pouvoir, mais à la conscience de leur sens [...] Là où le savoir sans le tout d'une vision du monde [*Weltanschauung*] reste encore adéquat, il est à la rigueur estimé selon son utilité technique. Et il sombre alors indéfiniment dans ce que nul ne peut véritablement admettre [...] La crise des sciences est une crise des hommes qui en embrassent la vocation, lorsque ceux-ci ne se trouvent pas en accord avec leur volonté inconditionnelle de savoir. Un dévoiement du sens de la science se laisse actuellement observer⁴.

Que l'on adopte ou non le matérialisme de Horkheimer ou l'idéalisme de Jaspers, il reste que leurs diagnostics respectifs portaient une part de vérité : le thème de la « crise » de la science s'inscrivait d'une part dans un contexte social, économique et politique objectivement critique, au sens où il était l'objet de transformations effectivement radicales ; et il reflétait d'autre part une perception commune de cette crise, qui s'exprimait par une crise morale et existentielle des scientifiques aussi bien. C'est ce complexe pluridimensionnel qu'il était presque banal à l'époque de désigner par l'expression « crise de la culture » ; examiner ses ressorts va me conduire à exhiber les valeurs et certains éléments centraux de l'humanisme de Bertalanffy, et à mettre en évidence leurs origines. Ce qui me permettra ensuite de montrer comment plusieurs thèmes structurant toute son œuvre trouvent leur source dans ce *pathos*.

1-1-2 – Aux origines de la « crise de la culture » : l'idéal de la « Bildung », ses expressions et ses manifestations chez Bertalanffy

Ce *pathos* s'enracinait dans un idéal humaniste que j'appelle l'« idéal de la *Bildung* ». Je conserverai l'usage de ce dernier terme allemand très chargé de sens, pour la raison qu'il ne peut que de manière très insatisfaisante (parce que ne restituant pas toute la richesse de son sens en allemand) être traduit en français par ceux de « formation » ou d'« éducation ». L'idéal en question fut en partie

¹ Bertalanffy L. von (1928a), p. 1. Voir aussi (1933c), p. 252.

² 1-4 : « Ubiquité et universalité de la catégorie de totalité ».

³ Horkheimer M. (1932), in Regelman J.P. (1986), p. 44.

⁴ Jaspers K. (1932), in Regelman J.P. (1986), pp. 45-46. Voir aussi Husserl E. (1936, 1976), pp. 7-22.

initié par Emmanuel Kant, mais fut surtout proclamé par Friedrich von Schiller à la fin du XVIII^e siècle et par Wilhelm von Humboldt au début du XIX^e. Il trouva son incarnation la plus pure en Johann W. von Goethe, et ses théoriciens chez les principaux idéalistes post-kantiens que furent Johann G. Fichte, Friedrich W.J. von Schelling et Georg W.F. Hegel. Le fondement en était idéaliste : le monde serait dépourvu de réalité en soi ; seul le travail créateur de l'esprit humain pourrait lui conférer une signification et toute autre activité humaine, économique et politique en particulier, serait de ce point de vue insignifiante et d'un intérêt au mieux subordonné. La vocation essentielle de l'homme serait la contemplation désintéressée du bien, du beau et du vrai. *Bildung* désignait justement le processus de formation de l'âme par lequel toutes les potentialités spirituelles de l'individu seraient développées afin d'accomplir cette vocation : elle était « formation » de l'homme « total ». Que cette inspiration soit centrale chez Bertalanffy, rien ne l'atteste mieux que ce qu'il écrivit encore dans les années 1950 et 1960 :

Lorsque je parle d'« éducation » [*education*], je comprends le terme au sens classique du déploiement de toutes les potentialités humaines, et non au sens de l'« ingénierie humaine ».

Lorsque je parle d'éducation [*education*], je ne pense pas seulement aux valeurs scientifiques, c'est-à-dire à la communication et l'intégration de faits. Je pense aussi aux valeurs éthiques, contribuant au développement de la personnalité¹.

Dans l'idéal de la *Bildung*, l'étude devait demeurer vierge de toute considération utilitaire et instrumentale : le savoir porterait en lui-même sa finalité. Complémentaire en était l'idéal de liberté académique : d'une part, les universités n'auraient pas à se soumettre à de quelconques impératifs politiques ou sociaux, en particulier pas à former à des métiers déterminés ni à se justifier par des résultats pratiques, mais seulement à se vouer à l'étude et la quête « pures » du vrai ; d'autre part, elles devraient être politiquement et économiquement soutenues, selon le principe que les individus servant le mieux l'humanité sont ceux qui cultivent l'esprit, et que la société profiterait à long terme de tels individus. Le fait est que cet idéal de la *Bildung* trouva de nouveaux vigoureux défenseurs à partir de la fin du XIX^e siècle, comme s'il n'allait plus de soi, comme si le sentiment d'une menace suscitait sa restauration. Et il ne s'agissait pas que le fait de philosophes, loin s'en faut. Le mathématicien Felix Klein trouva par exemple nécessaire de réaffirmer cet idéal en relation avec sa discipline².

1-1-2-1 – *Des causes et des motifs de la réaffirmation de l'idéal de la Bildung*

L'historien Fritz Ringer³ a cherché à montrer comment, dans l'Allemagne du XIX^e siècle, cet idéal de la *Bildung* tendit à s'imposer parmi les universitaires en tant qu'idéologie de classe. Ses thèses furent essentiellement argumentées sur la base d'une analyse du discours de philosophes et de représentants de ce que l'on appelait alors les « sciences de l'esprit ». Il faut souligner d'emblée qu'elles ne sauraient prétendre à la généralité, c'est-à-dire embrasser véritablement l'ensemble du monde universitaire. En effet, bon nombre de représentants des « sciences de la nature » (Max Planck), des mathématiques (David Hilbert), ou même de la philosophie (Ernst Cassirer) et de la sociologie (Max Weber), ne les corroborent pas. Ces thèses méritent toutefois d'autant plus d'être considérées ici que Bertalanffy se forma primordialement dans les domaines de la philosophie et des « sciences de l'esprit », où Ringer ne manqua effectivement pas d'exemples pour appuyer ses arguments : je vais montrer qu'elles fournissent un cadre cohérent pour l'interprétation de certaines positions spécifiques du Viennois et, plus généralement, pour celle de son *ethos*. Ringer a non pas décrit une manière générale de penser dans le monde germanophone des années 1890-1930, mais élaboré un *idéal-type* particulièrement pertinent pour rendre compte de certains aspects du contexte intellectuel de cette époque. Que Bertalanffy se conforme très bien à cet idéal-type, c'est ce que je vais tenter de montrer.

Ringer s'est d'abord efforcé de mettre en évidence un lien entre l'ascension sociale des universitaires et la transition d'un système politique féodal à une monarchie bureaucratique : leur promotion en tant que véritable caste de « mandarins » aurait répondu à la nécessité de réduire le

¹ Bertalanffy L. von, respectivement (1964a), p. 505 et (1955a), p. 82.

² Ce qu'il fit surtout en 1893 dans ses conférences à l'*Evanston Colloquium* à propos de « l'étude des mathématiques à Göttingen » aussi bien que du « développement des mathématiques dans les universités allemandes ». Voir à ce sujet, ainsi que sur les vues de Hilbert, la thèse de doctorat de David E. Rowe (1992) : «Felix Klein, David Hilbert, and the Göttingen Mathematical Tradition».

³ Ringer F. (1968, 1990).

pouvoir de l'ancienne aristocratie. Selon Ringer, un équilibre fut dans un premier temps trouvé entre cette nouvelle aristocratie (intellectuelle cette fois) et un monarque qui ne pouvait plus invoquer Dieu, ni le peuple, pour garantir sa légitimité : les « mandarins », incarnations de la vie spirituelle de la nation, gardiens de la culture, auraient eu pour fonction de conférer cette légitimité à la monarchie pour autant que la conduite de l'Etat se conforme aux buts moraux et culturels qu'ils prescrivaient, parmi lesquels... leur liberté académique. Mais Ringer et d'autres historiens¹ ont surtout étudié comment cet équilibre supposé commença à se rompre après la guerre de 1870, sous l'effet d'un changement radical et abrupt des conditions politiques, économiques, démographiques et sociales. D'un pays politiquement fragmenté, à économie essentiellement agraire et à population presque totalement rurale, l'Allemagne fut transformée en quatre décennies en une puissante nation unifiée et industrialisée, dont la population augmenta de 60% et devint majoritairement citadine, devant de surcroît subir l'érosion des solidarités traditionnelles sous l'effet d'une rationalisation brutale du travail. L'industrialisation et l'urbanisation allèrent de pair avec l'avènement conflictuel de nouvelles classes sociales, et avec une pression croissante pour une réforme de l'enseignement dans une perspective pratique, utilitaire, technologique. Selon Ringer, la domination de l'élite culturelle se trouva ainsi menacée et la perception de cette menace par les « mandarins » s'aiguisa à partir de 1890. La défaite lors de la première guerre mondiale et ses conséquences dans les années 1920 auraient exacerbé cette perception, dans un contexte de faiblesse économique et de chômage de masse. L'inflation monstrueuse toucha effectivement de plein fouet les classes moyennes, dont les « mandarins » faisaient partie ; elle créa un décalage avec leur statut social indubitablement susceptible de générer du ressentiment, certainement aussi de graves difficultés pour financer leurs travaux, et une menace bien réelle de régression de la recherche allemande. Par ailleurs, les démocrates au pouvoir dans la jeune république de Weimar entreprirent de réformer l'ensemble du système d'enseignement, notamment l'université, afin d'abattre les barrières sociales qu'il engendrait : du point de vue adopté par Ringer, ils s'attaquaient ainsi directement au système « mandarin ». Le fait est que des réformes en question advint une certaine « massification » de l'enseignement, et que la croissance du nombre d'étudiants fut telle qu'il dépassa largement les possibilités d'emploi universitaire après 1925, engendrant une sorte de « prolétariat académique » vivant dans la misère.

Toute la période s'étendant de 1870 aux années 1920 peut ainsi être légitimement analysée comme la chronique de la mise en place des conditions favorisant le développement d'un profond sentiment de crise, non seulement chez les universitaires et les étudiants, mais dans l'ensemble de la société. Et si l'Allemagne est paradigmatique à cet égard, ce développement se retrouve avec une acuité comparable en Autriche, au moins après-guerre avec le démantèlement de l'empire et pour des raisons similaires². Les traits dominants dans les deux pays au cours des années 1920 étaient un sens profond de désorientation et d'incertitude, une conscience aiguë du flux et de l'instabilité de toutes les conditions de vie, un état d'esprit désespéré dont attestent les statistiques de suicide ; mais aussi une remise en cause de beaucoup de valeurs et la recherche de nouvelles, un faim de sentiments forts et de grands objectifs. Il est très significatif de voir Bertalanffy écrire en 1923 dans sa première publication, avec un ressentiment très perceptible auquel la ruine de sa famille d'origine aristocratique n'était certainement pas étrangère³ :

En cette époque qui prêche un matérialisme théorique et pratique prononcé⁴, l'individu ne peut que se sentir tel un atome tourbillonnant dans un monde chaotique. L'homme moderne trouve son existence rétrécie, limitée, oppressée, anéantie, et ce non par une destinée grandiose, mais par les hasards mesquins et souvent banals d'un ordre social erroné [*verfehlten Gesellschaftsordnung*]. Le fossé entre les positions sociales ne fut jamais plus marqué que dans les temps modernes. L'individu se retrouve comme une particule dépourvue de signification, happée dans une situation déterminée du système social qui prédétermine ses possibilités de développement et de fortune, presque sans

¹ Sontheimer K. (1962, 1964) ; Peukert D.J.K. (1987, 1992); Harrington A. (1996), pp. xv-33.

² Voir Johnston W.M. (1985).

³ Voir Pouvreau D. (2009b), p. 16 : par peur d'une révolution communiste en Autriche, sa mère et son beau-père (ses parents étaient divorcés) vendirent tous leurs biens fonciers en 1917 et 1918, et se retrouvèrent rapidement ruinés par l'hyper-inflation régnant après-guerre.

⁴ Je reviendrai au 1-1-1-4 sur le thème caractéristique de l'attaque du « matérialisme ».

égard pour ses dons particuliers [...] Et l'homme finit par douter que le monde possède un quelconque ordre rationnel ; ce monde lui paraît absurde et déraisonnable¹.

Décisifs furent les effets corrosifs de la guerre et de la crise économique et sociale sur l'idéal de progrès par la science et la technologie qui s'était développé de pair avec l'industrialisation : les effets déploraux du processus de sécularisation n'avaient été supportés au XIX^e siècle que par ses compensations matérielles, et la promesse d'un progrès matériel voyait désormais fondre sa crédibilité. Elle venait à vrai dire de se consumer dans les flammes de la défaite militaire de l'Allemagne ; une défaite que certains n'hésitaient pas à voir comme une revanche de Dieu sur les adorateurs de la « Machine », puisque la grande puissance industrielle, humiliée, n'avait pas su s'imposer en dépit de la sophistication de ses armes. La valeur et le sens des sciences « positives » de la nature, à l'origine de cette puissance, se retrouvaient particulièrement mis en question, mais il en allait de même de l'ensemble des sciences. Edmund Husserl a parfaitement résumé la nature du doute existentiel à cet égard qui, né vers 1890, trouva son point culminant dans les années 1920 :

Le renversement [qui eut lieu au tournant du siècle dernier] concerne la façon générale d'estimer les sciences. Il ne vise pas leur scientificité, [mais] ce que la science en général avait signifié et peut signifier pour l'existence humaine. La façon exclusive dont la vision globale du monde qui est celle de l'homme moderne s'est laissée, dans la seconde moitié du XIX^e siècle, déterminer et aveugler par les sciences positives et par la « prospérité » qu'on leur devait, signifiait que l'on se détournait avec indifférence des questions qui, pour une humanité authentique, sont les questions décisives. De simples sciences de faits forment une simple humanité de fait. Ce renversement dans la façon d'estimer publiquement les sciences était en particulier inévitable après la guerre et [...] elle est devenue peu à peu dans les jeunes générations une sorte de sentiment d'hostilité. Dans la détresse de notre vie – c'est ce que nous entendons partout – cette science n'a rien à nous dire. Les questions qu'elle exclut par principe sont précisément les questions qui sont les plus brûlantes à notre époque malheureuse pour une humanité abandonnée aux bouleversements du destin : ce sont les questions qui portent sur le sens ou l'absence de sens de toute cette existence humaine².

La tendance au ressentiment contre la science évoquée par Husserl, ainsi que ses raisons, furent expliquées en des termes analogues par le philosophe Alois Wenzl (par ailleurs l'un des plus fervents promoteurs d'un vitalisme métaphysique en biologie). Ses réflexions à cet égard sont largement postérieures, relatives à l'après *seconde* guerre mondiale. Mais ceci n'empêche pas, bien au contraire, de pouvoir les transposer au contexte de l'après *première* guerre ; car même s'il est certain que l'avènement de la bombe atomique introduisit une nouveauté radicale et qu'il joua un rôle très significatif dans ces réflexions, celles-ci montrent surtout la prégnance des schèmes en question :

La crise présente est une *crise de confiance dans l'esprit* [...] L'une de ses racines est le *ressentiment* contre la technique [...] Avec la guerre, son danger devint partout sensible et ce n'est pas un hasard si avec elle l'optimisme du progrès s'est changé en pessimisme de la civilisation ; la technique avait [si l'on peut dire] déshumanisé la guerre ; elle avait détruit la structure des liens humains, sociaux et économiques [...] ; elle avait mis en lambeaux la nature, l'avait détruite et souillée ; elle avait sapé la vie culturelle et privé d'âme la vie privée. Tels sont les reproches que l'on pouvait partout entendre. Et comme on voyait la technique et ses conséquences comme des applications de la science et l'expression [*Ausfluss*] de l'esprit, [...] le ressentiment se dirigea contre la science et l'esprit eux-mêmes³.

Dans ces conditions, l'appel de Weber en 1919 à une acceptation stoïque du « désenchantement du monde » (un concept forgé en 1856 par Rudolf H. Lotze⁴) était destiné à l'échec et à une réception hostile⁵. Le sociologue avait estimé que la spécialisation, le caractère instrumentaliste et l'ambition d'une domination conceptuelle et pragmatique du monde étaient inhérents à la science moderne, et qu'il fallait se résigner à ce qu'elle ne fournisse pas de réponses aux questions existentielles, au fait qu'elle les prive au contraire de signification dans son cadre en en excluant consciemment le domaine des valeurs. Il allait ainsi à contre-courant d'une réaction de plus

¹ Bertalanffy L. von (1923), III.

² Husserl E. (1936, 1976), p. 10.

³ Wenzl A. (1949), pp. 373-374. Cet essai de Wenzl se trouve dans les archives de Bertalanffy.

⁴ Orst E.W., in Rickert H. (1926, 1997), p. II.

⁵ Voir Ringer F. (1969, 1990), pp. 352-359.

en plus puissante au sein de l'université, initiée à la fin du XIX^e siècle, dont la finalité affichée fut le « ré-enchantement » d'un monde jugé dépourvu d'âme et dont, selon la thèse au moins partiellement justifiée de Ringer, le bras idéologique fut l'idéal de la *Bildung* réaffirmé au service des intérêts menacés des « mandarins » sous couvert d'une « nouvelle idéalisation » de la science.

1-1-2-2 – *Idéal de la Bildung et rejet de la massification de l'enseignement*¹

Le premier volet de la réaction des « mandarins » décrit par Ringer fut leur forte opposition aux velléités de réforme du système d'enseignement. N'hésitant pas à afficher leur élitisme, ils condamnèrent dès la fin du XIX^e siècle la tendance à la massification de l'enseignement et la baisse corrélative des exigences et du niveau qu'elle impliquait à leurs yeux, l'apparition de nouveaux groupes sociaux dans les universités, incultes et ayant un rapport utilitariste au savoir, ainsi que les progrès de l'enseignement de la technologie au détriment du savoir « pur » et la soumission croissante de l'université à l'exigence de satisfaire les besoins de la société industrialisée. Outre les exemples fournis par Ringer, on peut citer les lamentations de Nietzsche, qui se plaignit en 1888 que « la passion allemande pour les choses de l'esprit » allait « toujours en déclinant », que « les natures profondes ne trouv[ai]ent plus d'éducateurs » et que les universités étaient devenues des « serres pour le dépérissement de l'esprit »². Cette réaction redoubla de véhémence après-guerre : certains s'en prirent alors à ce qu'ils voyaient comme une tolérance démocratique perverse et décadente pour le laxisme et la médiocrité, qui sacrifiait la rigueur et l'excellence intellectuelles sur l'autel de l'accommodation d'une masse d'esprits sans envergure à la quintessence de la culture. Cette réaction aristocratique visait en particulier l'augmentation considérable du nombre de scientifiques et allait de pair avec une critique méprisante de l'hyper-spécialisation de la plupart d'entre eux, sur laquelle je reviendrai plus loin. Elle n'était pas propre au monde germanophone : on la retrouve chez l'Espagnol José Ortega y Gasset, dont Bertalanffy fut un fervent lecteur³.

Il est saisissant d'observer la résurgence de tous ces thèmes chez ce dernier dans ses écrits tardifs des années 1950 et 1960. Bien que les réflexions citées aient été suscitées par certains aspects spécifiques du contexte américain de l'époque où elles furent rédigées, on y voit surtout réinvesti un *ethos* beaucoup plus ancien ; on y devine en particulier la nostalgie de ce que Ringer a analysé comme l'âge d'or des « mandarins », et une réminiscence du ressentiment né de la dégradation de leur statut :

L'une des caractéristiques les plus importantes de la science moderne en comparaison avec les siècles antérieurs est de nature sociologique. Autrefois, la science était l'apanage d'une petite élite intellectuelle ayant un énorme prestige social [...] Un autre aspect essentiel était la relative liberté de soucis et de contraintes économiques, qui n'est plus possible en Europe après deux guerres mondiales, ni en Amérique avec la concurrence aiguë [...] La science n'est plus une vocation de quelques esprits raffinés [*Auserlesener*], mais un métier comme un autre [...] Le facteur de vocation personnelle s'efface de plus en plus devant des considérations de nature financière et sociale⁴.

On peut concevoir que le manque de prestige et de récompense financière du scientifique, particulièrement en sciences dites fondamentales, mène à une sélection négative et donc à une diminution progressive de la stature des individus qui s'y engagent⁵.

La science américaine est singulièrement inefficace pour inventer de nouveaux véhicules de pensée. Je crois que cela tient à la dégradation du dogme démocratique. Celle-ci commence au niveau de l'école primaire lorsque l'idéal démocratique des droits égaux est converti en celui de l'intelligence égale [...] Elle culmine dans les universités et la production scientifique [...] Les universités européennes avaient l'habitude de sélectionner des leaders et des pionniers, et il était commun pour les étudiants de venir dans une université non pour suivre des cours en vue d'obtenir un diplôme,

¹ Comme dans la précédente sous-section et dans celles qui suivent, je me fonde ici essentiellement sur les travaux de Ringer, Peukert, Sontheimer, Ash, Harrington et Johnston auxquels j'ai référé dans les notes précédentes.

² Nietzsche F. (1888, 1970), p. 133.

³ Ortega y Gasset J. (1932, 1986), p. 163, dans le cadre d'une attaque de la spécialisation des scientifiques : « Aujourd'hui, alors que le nombre d'hommes de science est plus grand que jamais, il y a beaucoup moins d'hommes cultivés que vers 1750 ».

⁴ Bertalanffy L. von (1957b), p. 4.

⁵ Bertalanffy L. von (1960a), p. 207.

mais pour écouter un professeur fameux [...] On ne peut promouvoir une science sans leaders, des individus qui, au lieu de remplir des moules pré-construits, en créent de nouveaux¹.

La conséquence de [la doctrine égalitariste] est l'orientation de l'éducation pour s'ajuster au plus petit dénominateur commun, c'est-à-dire au plus bas niveau d'intelligence du groupe².

[La philosophie dominante de l'organisation de la recherche est] la croyance mystique en le groupe, l'équipe, le comité – et, devrais-je ajouter, l'exploitation de cette idée pseudo-démocratique à des fins personnelles [...] Ceci mène à un nivellement progressif en science et au déclin de la liberté académique [...] Le groupe ne remplacera jamais l'individu dans l'inauguration de nouveaux développements [...] L'histoire montre au contraire que les progrès et percées majeurs en science ont résulté des ondes cérébrales souvent capricieuses et irrationnelles d'individus talentueux³.

1-1-2-3 – *Aristocratie de la Bildung contre « avènement des masses »*

Un thème central affleure dans les considérations « mandarinales » sur la politique de l'éducation, la formation des scientifiques et l'organisation de la recherche : celui de « l'avènement des masses » ; c'est-à-dire, essentiellement, du contraire complémentaire de l'aristocratie intellectuelle, et donc l'antithèse de l'idéal de la *Bildung*. Le philologue Werner W. Jaeger se lamentait ainsi en ces termes sur le système éducatif en 1924 :

La *Bildung* est devenue un article de consommation de masse⁴.

C'est dans *La révolte des masses* (1932) d'Ortega y Gasset plus encore que chez les auteurs de langue allemande qu'il faut se plonger pour contempler ce thème dans toute sa pureté. L'Espagnol y définissait la « masse » comme l'ensemble des « hommes moyens » ; ceux qui, « se sentant comme tout le monde, n'en éprouvent cependant aucune angoisse et se sentent à l'aise, au contraire, de se trouver identiques aux autres »⁵. L'une des caractéristiques principales de ce non-individu archétypique serait que, « se sachant vulgaire, il proclame le droit à la vulgarité et se défend de se reconnaître des instances supérieures »⁶. Il incarnerait une « époque des nivellements », un temps caractérisé par la « prédominance du médiocre » :

La caractéristique du moment, c'est que l'âme médiocre, se sachant médiocre, a la hardiesse d'affirmer les droits de la médiocrité et les impose partout [...] La masse fait table rase de tout ce qui n'est pas comme elle, de tout ce qui est excellent, individuel, qualifié et choisi⁷.

L'« homme-masse » s'opposerait doublement à l'aristocrate. D'abord parce que, comme l'avait vu Goethe (« vivre à son gré est plébéien ; le noble aspire à l'ordre et à la loi »), la noblesse se définirait « par les obligations et non par les droits ». Ensuite parce que celle-ci serait un ascétisme : « synonyme de vie vouée à l'effort », elle serait « toujours préoccupée de se dépasser elle-même, de hausser ce qu'elle est déjà vers ce qu'elle se propose comme devoir et comme exigence ». Par définition, « la vie noble » resterait « opposée à la vie médiocre », comme l'activité à l'inertie – le terme de « masse » référant justement moins à la notion de multitude qu'à celle d'inertie. C'est par cette « vie noble » que Nietzsche, avec la même inspiration, avait défini la véritable dignité humaine⁸. C'est donc d'abord en tant qu'idéal d'élévation perpétuelle de l'individu que celui de la *Bildung* était essentiellement aristocratique ; il convergerait vers le culte du génie et rendait enclin à ne voir que philistinisme chez ceux qui ne savaient pas se conformer à ses exigences :

¹ Bertalanffy L. von (1964a), p. 502.

² Bertalanffy L. von (1964a), p. 505.

³ Bertalanffy L. von (1960a), p. 208 et (1964a), p. 503.

⁴ Jaeger W.W., in Ringer F. (1969, 1990), p. 256.

⁵ Ortega y Gasset J. (1932, 1986), pp. 50-51.

⁶ *op. cit.*, p. 186.

⁷ *op. cit.*, p. 55. Voir aussi p. 53 et p. 65. Cette plainte se retrouve aussi en France, par exemple chez Carrel A. (1935), pp. 50-52.

⁸ *op. cit.*, pp. 108-110. Voir aussi Nietzsche F. (2000), p. 299 (*L'Etat chez les Grecs*) : aux « fantômes » de la « dignité de l'homme » et de la « dignité du travail », « indigents produits de l'esclavage qui se dissimule à lui-même », Nietzsche opposait la dignité véritable, aristocratique, de « l'individu qui se dépasse lui-même complètement et n'est pas obligé de produire et de travailler afin d'assurer sa survie individuelle », partageant ainsi pleinement le mépris des anciens Grecs pour le travail manuel.

Tout ce qui est grand et intelligent [*Gescheite*] existe dans la minorité. La raison restera toujours seulement en possession de génies [*Vorzüglicher*] isolés¹.

Nietzsche se fit l'écho de ces maximes goethéennes lorsqu'il écrivit que « toutes les choses grandes et belles ne peuvent jamais être un bien commun »².

La prégnance de ce thème est là encore remarquable chez Bertalanffy qui, dans ses publications et plus encore dans sa correspondance, laissa maintes fois transparaître son mépris de « l'indicible vulgarité de la 'culture' populaire »³ et d'une « époque de médiocrité », exprimant après-guerre sa nostalgie de « l'atmosphère de la vieille culture européenne » (opposée à la « mentalité américaine »)⁴, affichant son aristocratie lorsqu'il se comptait dans la « petite élite » capable de comprendre la signification de l'œuvre de Friedrich Hölderlin et plus généralement de maîtriser une vision synthétique du monde, et prenant la posture du génie incompris de la masse, avec une référence à Empédocle symptomatique à cet égard⁵. Il en vint en fait à appliquer à la fin de sa vie le concept d'« avènement des masses » à la critique de la société de consommation et de ce qu'il jugeait être sa manipulation organisée des esprits :

Le symptôme fondamental de la société actuelle semble être l'avènement des masses ou du prolétariat, comme le décrivent avec vivacité des auteurs comme Ortega y Gasset [...] Je suis enclin à définir la « révolte des masses » comme un retour aux réflexes conditionnés [...] Dans les méthodes modernes de propagande], le processus de conditionnement doit être ajusté au plus grand commun dénominateur, c'est-à-dire au plus bas niveau d'intelligence. Le résultat est l'homme-masse⁶.

[La doctrine égalitariste des capacités] est évidemment un parodie de la Constitution américaine ; les pères fondateurs n'avaient certainement pas envisagé la confection de l'homme-masse dans une société commercialisée [...] Les symboles de statuts doivent être remplacés par des statuts [...] Reconnaissons-le. Ne nivelons pas, élevons [...] Le symbole chromé vide de la Cadillac, l'admiration snob des contes hollywoodiens, peuvent avec profit être remplacés par la reconnaissance du mérite de l'aristocratie intellectuelle⁷.

Le thème se retrouve dans ses prédictions « futurologiques », avec une métaphore physicaliste que nous pourrions plus tard mettre en connexion avec sa « théorie des systèmes ouverts » :

[Ma prédiction est qu'on se dirige vers] une société de masse globale et technologique dans laquelle les vieilles valeurs culturelles et la créativité individuelle sont remplacées par de nouveaux emblèmes [*devices*] et où une sorte d'entropie sociale est atteinte, nivelant les différences individuelles, sociales et raciales dans un meilleur des mondes de médiocrité d'abondance. C'est probablement ce que l'on signifie lorsqu'on parle d'un « âge post-historique »⁸.

1-1-2-4 – *Idéal de la Bildung, anti-utilitarisme, anti-matérialisme et anti-capitalisme*

Selon Ringer, ceux qu'il appelait les « mandarins » interprétèrent les réformes de l'éducation comme un symptôme d'un mouvement général par lequel les « masses » auraient cherché à corrompre l'enseignement afin de transformer les institutions éducatives en instruments de nivellement social, ruinant l'idéal de la *Bildung* au profit d'un type étriqué d'éducation pratique. Ainsi s'expliquerait que leur défense de cet idéal soit passée par une réaffirmation des valeurs anti-utilitaristes. Il est vrai que celles-ci imprégnaient la compréhension traditionnelle de la spécificité de l'*Aufklärung* par rapport aux « Lumières » françaises et anglaises. L'arrière-plan idéologique de cette compréhension avait été le rejet d'une attitude jugée vulgaire de la tradition « occidentale » (franco-anglaise) envers la

¹ Goethe J.W., in Bapp K. (1921), p. 55.

² Nietzsche F. (1888, 1970), p. 136.

³ Bertalanffy L. von (1967a), p. 28.

⁴ Bertalanffy L. von, lettre à von Auersperg M. von (29/01/1950), archives du B.C.S.S.S.

⁵ Bertalanffy L. von (1926c) et lettre à Keiter F. (09/11/1949), *Archives du B.C.S.S.S.* Hofer V. ((1996), p. 48 et pp. 61-62) a bien vu que Bertalanffy se trouvait largement en phase ici avec les positions du « cercle » de Stefan George. La posture du génie incompris fut explicite dans sa correspondance ; il écrivit ainsi le 12/11/1951 au botaniste Fritz Gessner, son meilleur ami, que son destin était d'avoir « une courte avance » sur ses contemporains, qui expliqueraient sa piètre réputation auprès des « scientifiques orthodoxes » (*Archives du B.C.S.S.S.*)

⁶ Bertalanffy L. von (1956a), p. 40. Voir aussi (1956f) et (1958a), p. 20.

⁷ Bertalanffy L. von (1964a), p. 505 et p. 507.

⁸ Bertalanffy L. von (1971a), p. 83.

connaissance, d'une association tenue pour « hérétique » entre science d'une part et manipulation pratique et contrôle technique de l'environnement d'autre part.

Si la thèse de Ringer mériterait là encore d'être nuancée, l'important ici est que Bertalanffy l'illustre parfaitement : il hérita effectivement de cet état d'esprit. Ainsi s'appropriait-il l'identification nietzschéenne de l'utilitarisme à une « philosophie d'épicurien » [*Krämerphilosophie*]¹ tout au long de sa carrière, en soulignant en particulier le danger permanent que cette philosophie représenterait tant pour la science que pour ses applications :

La science ne saurait être justifiée par des raisons utilitaires².

Le but de l'éducation comme tout n'est pas utilitaire [...] Il est de produire des êtres humains accomplis dans une société libre [...] La philosophie dominante de l'éducation] tend à surestimer le savoir-comment utilitaire aux dépens du savoir-pourquoi issu d'un intérêt intrinsèque pour les choses ; à long terme, cette approche en apparence pratique se révèle ne pas l'être du tout [...] Les valeurs culturelles de la science théorique, de l'art, de la poésie, de l'histoire etc. se définissent précisément en ce qu'elles n'ont aucune valeur utilitaire à court terme ; ce sont, comme le disent les Allemands, des *Selbstzwecke*, des fins en soi. Mais exactement pour cette raison, elles ont une valeur utilitaire à un niveau supérieur³.

Notre civilisation technique repose en dernière analyse sur le travail d'aventuriers intellectuels mal payés et souvent traités de manière abjecte [...] La situation paradoxale est que partout sont dégagés des fonds énormes pour la recherche appliquée, alors que les dépenses pour la science fondamentale sont minimales [...] Il y a là un danger, celui de mener à une sélection négative des capacités dans les écoles supérieures – aux dépens non seulement de la science elle-même, mais aussi de ceux du développement technique, dont le progrès nécessite de perpétuelles stimulations de la science fondamentale⁴.

La science est plus que l'accumulation de « faits » et l'exploitation technologique de la connaissance au service de l'« establishment »⁵.

Cette dernière citation laisse transparaître l'association entre anti-utilitarisme et souci de préservation de la liberté académique ; et elle introduit à deux « produits dérivés » indissociables dans la vulgate « mandarinale » que Ringer et d'autres historiens ont analysée : l'anti-matérialisme et l'anti-capitalisme.

Dans toute la période s'étendant de la dernière décennie du XIX^e siècle à l'orée des années 1930, le terme « matérialisme » fut en règle générale employé de manière péjorative afin de désigner la prédominance d'intérêts matériels, le rôle dominant de l'économie et des considérations mondaines ; l'« avènement des masses » se retrouvant naturellement pointé comme la cause centrale de cette prédominance jugée croissante. L'anti-matérialisme glissait bien souvent, plus ou moins explicitement, vers un anti-capitalisme radical, « saturé par l'horreur de l'homme cultivé pour le commerce »⁶ et parfois explicitement teinté d'anti-américanisme – le tout premier article de Bertalanffy en fournit justement un excellent exemple⁷. Il était de bon ton de se gausser de la mesquinerie de l'entrepreneur individuel, de l'« éthique de la besogne » discernée par Weber dans sa corrélation entre ascèse protestante et « esprit du capitalisme »⁸. Sans pour autant que soit par là-même impliquée une adhésion aux doctrines socialistes (qui furent le plus souvent tout autant abhorrées), la tendance des « mandarins » était de rejeter avec force la doctrine libérale des économistes classiques anglais, dont l'utilitarisme était jugé ne laisser aucune place aux aspects « non-productifs » de l'activité humaine. L'activité économique et la prospérité matérielle n'étaient conçues que comme des moyens en vue de fins plus hautes : l'harmonie sociale, la moralité, la grandeur nationale et surtout la créativité culturelle. Et le capitalisme comme la société industrielle dans son ensemble se retrouvèrent

¹ Nietzsche F., in Bertalanffy L. von (1949d), p. 361.

² Bertalanffy L. von (1953a), p. 238

³ Bertalanffy L. von (1964a), p. 507.

⁴ Bertalanffy L. von (1957b), p. 4.

⁵ Bertalanffy L. von (1967a), pp. 114-115.

⁶ Ringer F. (1969, 1990), p. 158 pour cette expression, et plus généralement pp. 144-159 pour les aspects considérés ici.

⁷ Dans (1923), I, Bertalanffy se lamenta contre « l'utilitarisme et l'américanisme pratique du présent ».

⁸ Weber M. (1905, 1964).

en fin de compte diagnostiqués comme les expressions d'une perversion de la fin par les moyens qui caractériserait la modernité.

Ce thème fut surtout théorisé par Simmel, avant de l'être plus systématiquement par Hannah Arendt, l'une de ses élèves¹. Simmel fréquentait le cercle du poète Stefan George où le capitalisme était, aux côtés du rationalisme et du protestantisme, tenu parmi les pires ennemis de la culture². Il dénonça la perversion induite par la rapidité d'évolutions techniques qui enivreraient l'homme et le conduiraient à les confondre avec des progrès culturels, à attribuer dans le domaine de la connaissance plus de valeur aux méthodes qu'aux résultats qu'elles permettent d'obtenir, et à substituer au désir des choses celui de l'argent :

La croissance énorme, en intensité et en extension de notre technique [...] nous empêche dans un réseau de moyens et de moyens de moyens, qui nous détourne par un nombre croissant d'instances intermédiaires de nos fins spécifiques et définitives [...] Il se peut que le fait que certains moyens atteignent la valeur de fins suprêmes rende la situation psychologiquement supportable, mais en réalité cela la rend de plus en plus absurde [...] L'élévation de tous les états intermédiaires et préliminaires au rang de fins suprêmes [est la] maladie de notre culture³.

Il n'était pas rare de voir identifiés l'âge moderne et le règne de Mammon. Parce que son succès fut considérable (j'y reviendrai au 1-1-2-8), Oswald Spengler est emblématique de cette identification à la mode : il caractérisa son temps décadent comme celui de la « dictature » de la matérialité sur l'idée, de l'argent et de l'économie sur la puissance spirituelle⁴. On n'a là encore aucune difficulté à repérer ce thème du renversement « mammoniste » des valeurs chez Bertalanffy, dans ses premiers écrits⁵ comme dans ses plus tardifs et sa correspondance, surtout en relation avec la question de l'autonomie de la science :

Pour utiliser l'expression de Riesman⁶, la science américaine est « extro-déterminée » à un degré difficilement calculable – non seulement la recherche appliquée avec un but pratique ou commercial prescrit, mais aussi la science fondamentale, contrôlée par des modes en science et en médecine, des agences de financement, des considérations financières et des comités de toutes sortes⁷.

Le prix Nobel se monte à substantiellement moins que le prix d'un championnat de boxe mineur. Puisque les meilleures autorités s'accordent sur l'idée que les valeurs économiques sont déterminées par la loi de l'offre et de la demande, il est évident que la découverte de la pénicilline ou la mécanique quantique ont moins de « valeur sociétale » que de mettre KO son solide camarade⁸.

Lorsque l'on arrive à un âge tardif aux Etats-Unis, on ne peut plus s'habituer à la commercialisation de la science et au manque de prestige du scientifique [...] La situation [des scientifiques y] est à peu près celle des esclaves grecs éduqués, qui étaient achetés par les parvenus de la Rome antique⁹.

La portée considérable de ces valeurs chez Bertalanffy se mesure dans le cadre de leur transplantation au cœur de sa critique radicale des insuffisances de la théorie sélectionniste de l'évolution phylogénétique, expression parfaite selon lui du « fanatisme de l'utilité »¹⁰. Bien qu'épistémologiquement justifiée par ailleurs, cette critique (qui sera surtout examinée au 1-4-5-2) se révèle être un beau paradigme d'idéologisation de la science qui prit un tour particulièrement vigoureux dans les années 1920, avant même Bertalanffy. Une idéologisation dont il faut toutefois dire

¹ Arendt H. (1958, 1983) et (1954, 1972b), notamment pp. 253-288. On retrouve chez Arendt à peu près tous les thèmes étiquetés comme « mandarinaux » par Ringer. L'influence de Simmel se fait en particulier fortement sentir dans ses analyses de la victoire de l'« *animal laborans* » sur l'« *homo faber* », de la dégradation des fins en moyens, de la « crise de la culture » ou encore de la liberté comme « avènement de la nouveauté dans le monde ».

² Hofer V. (1996), p. 50.

³ Simmel G. (1918, 2004), p. 412, 414 et 422. Voir aussi Simmel G. (1911, 1988), p. 210.

⁴ Spengler O. (1923, 1976), II, pp. 431-467.

⁵ « Revue » introductive à l'ouvrage de Spengler, (1924a) ne cachait nullement la sympathie de Bertalanffy pour les thèses qu'il présentait.

⁶ Bertalanffy faisait ici allusion à Riesman D. (1950, 1964), en particulier p. 49, où fut forgé le terme « other directedness » (« extro-détermination ») pour désigner le type de caractère social dominant dans le type industrialisé de société : l'extro-détermination de l'individu est définie comme « l'orientation intériorisée de ses buts et de son comportement par ses contemporains ».

⁷ Bertalanffy L. von (1964a), p. 503.

⁸ Bertalanffy L. von (1953a), p. 238.

⁹ Bertalanffy L. von, lettre à Wagner R. (28/06/1958), *Archives du B.C.S.S.S.*

¹⁰ Bertalanffy L. von (1949d), p. 361.

qu'elle n'épargna pas la doctrine darwinienne elle-même, puisque celle-ci fut dès sa formulation ouvertement utilitariste et inspirée par les théoriciens classiques du libéralisme économique¹ :

Il est bien connu que la doctrine de Darwin représente l'application de points de vue de l'économie classique au domaine de la vie organique [...] ; l'interprétation de tous les phénomènes à partir des concepts d'« avantage » et de « concurrence » correspondait à la doctrine économique de l'école de Manchester [...] La doctrine de l'utilité apparaît comme une sorte de fossile vivant [*brückenechsenartiges*] relique de la bourgeoise victorienne. Elle est une projection de la situation sociologique des XIX^e et XX^e siècle sur deux milliards d'années d'histoire de la Terre².

Bertalanffy reprenait là, peut-être pas sans le savoir compte tenu de sa connaissance précoce de leurs auteurs, des critiques de Karl Marx et Friedrich Engels eux-mêmes³ (ce qui ne l'empêcha pas de rejeter tout aussi radicalement le communisme⁴). Il est en tous cas certain que ces critiques, dont on repère des manifestations dès la fin des années 1920 chez le Viennois⁵, reflètent la forte influence des biologistes Oskar Hertwig et Julius Schaxel (ce dernier étant d'ailleurs de conviction marxiste) : on trouve chez ces derniers des réflexions quasiment identiques, dès 1918 et 1919 respectivement⁶.

1-1-2-5 – *Idéal de la Bildung et anti-modernisme*

Tous les traits précédemment relevés du discours « mandarin » étaient des expressions caractéristiques d'un anti-modernisme qui n'avait pas attendu la première guerre mondiale pour se répandre voire s'imposer dans le milieu académique (tout au moins dans celui des philosophes et des représentants des « sciences de l'esprit »), avec bien souvent une radicalité qui n'avait d'égale que celle du processus de modernisation embrassé par l'Allemagne. La modernité, dès lors qu'elle était pensée comme solidaire de l'« avènement des masses », pouvait finalement (chez Ortega y Gasset par exemple) en venir à être dans son essence même identifiée au règne de la barbarie⁷. Maintes plaintes surgissaient contre une civilisation « névrogène » (un thème typique de Sigmund Freud) qui déshumaniserait les rapports sociaux, réifiant l'homme au point d'en faire l'appendice de la technologie, l'atome sans visage d'une rationalité instrumentale qui convergerait vers la servitude bureaucratique (Weber) et confinerait à l'absurde ; des plaintes qui trouvèrent dans les nouvelles de Franz Kafka et dans *L'homme sans qualités* de Robert von Musil leurs plus remarquables expressions littéraires. Le psychologue Félix Krüger écrivit typiquement en 1932 :

Au cours des dernières décennies est survenue dans tous les domaines de la vie humaine une rationalisation technique dans une mesure qui ne fut jamais égalée [...] L'humanité et ses formes naturelles sont au plus haut point menacées. Plus la technique de la machine s'impose et

¹ Darwin C. (1859, 1992), en particulier pp. 48-49 et pp. 113-115 (application de la doctrine de Malthus aux règnes végétal et animal), pp. 110-112, pp. 130-133 et p. 159 (« principe d'utilité », principe de sélection naturelle, « lutte pour l'existence » et « économie de la nature »). Selon Jean Gayon ((1992), p. 77), ce n'est pas la doctrine du libéralisme économique qui éclaire de manière pertinente le concept de sélection naturelle, mais plutôt la théorie fiduciaire des intérêts composés du capital. Ceci n'enlève rien à l'inspiration idéologique de Darwin, en dépit du fait qu'il répugnait dans ses publications à extrapoler ses travaux biologiques à la société humaine : voir Kaye H.L. (1986), pp. 16-17. Une lettre découverte il y a quelques années a clairement révélé cette inspiration, montrant que Darwin était en fait convaincu que sa théorie biologique justifiait la compétition économique individuelle et l'économie du « laissez-faire », et qu'il était lui-même partisan de ce que l'on a appelé par la suite le « darwinisme social » : voir Weikart R. (1995), pp. 609-611.

² Bertalanffy L. von (1949e), pp. 104-105.

³ Kaye H.L. (1986), p. 23 : selon cet historien, Marx fut le premier, dans une lettre à Engels, à accuser la théorie darwinienne d'être une projection sur le règne de la nature des relations compétitives bourgeoises. Marx fit partie des lectures assidues du jeune Bertalanffy (Bertalanffy M. von (1973), p. 33) et il n'est donc pas impossible qu'il l'ait su. Et quand bien même, il serait peu surprenant qu'il ait lu la *Dialectique de la nature* de Engels, où ce dernier écrivit ((1925, 1952), p. 317) : « Il est tout-à-fait puéril de vouloir subordonner toute la riche variété du développement et de la complexité historiques à cette formule indigente et exclusive : 'la lutte pour la vie'. Avec cela, on ne dit rien, ou moins encore. Toute la théorie darwinienne de la lutte pour l'existence est tout simplement le transfert, de la société à la nature vivante, de la théorie de Hobbes sur la guerre de tous contre tous et de la théorie économique bourgeoise de la concurrence ainsi que de la théorie de Malthus ; une fois réalisé ce tour de force [...], il est très facile de transférer à nouveau ces théories de l'histoire de la nature à celle de la société ; et il est par trop naïf de prétendre avoir prouvé par là que ces affirmations sont des lois naturelles et éternelles de la société ».

⁴ Bertalanffy L. von (1924a), IV : « sa dictature du prolétariat se révèle être un simple slogan qui masque la domination réelle de ses guides et de l'argent ; et ses rêves et espoirs utopiques apparaissent comme de simples constructions de papier ».

⁵ Bertalanffy L. von (1928b) et (1929e).

⁶ Hertwig O. (1918), pp. 626-627 et Schaxel J. (1919), pp. 8-14. Schaxel fut une référence omniprésente de Bertalanffy entre 1926 et 1932.

⁷ Voir par exemple Ortega y Gasset J. (1932, 1986), p. 117 et pp. 127-128 : « [Lorsque font défaut toutes les conditions de son existence], il n'y a pas de culture. Il n'y a que barbarie, [...] c'est ce qui commence à se produire en Europe, sous la révolte progressive des masses [...] L'homme qui domine aujourd'hui est un primitif, un *Naturmensch* surgissant au milieu d'un monde civilisé. C'est le monde qui est civilisé, non ses habitants [...] L'homme-masse actuel est un primitif qui s'est glissé par les coulisses sur la vieille scène de l'histoire ».

l'organisation « fonctionnelle » s'insinue partout, plus en résumé les moyens extérieurs de la civilisation investissent l'espace spirituel, et plus les hommes vivants qui doivent s'y soumettre sont violentés, plus leur vivacité, leur énergie dans le traitement des fins prennent un sens comptable¹.

Entre-deux guerres, l'anti-modernisme fut du reste loin d'être une exclusivité d'intellectuels de langue allemande ; en témoigne cette révolte du Français Alexis Carrel, très significative car elle inclut une critique idéologique implicite de la physique classique, un dénigrement du type de rationalité qu'elle incarne et sur lequel se serait érigée la modernité :

Aujourd'hui, les principes de la civilisation industrielle doivent être combattus par nous avec le même acharnement que l'ancien régime par les encyclopédistes [...] Il faut nous lever et nous mettre en marche. Nous libérer de la technologie aveugle [...] Nous sommes encore plongés dans le monde que les sciences de la nature inerte ont construit sans respect pour les lois de notre nature. Dans un monde qui n'est pas fait pour nous, parce qu'il est né d'une erreur de notre raison, et de l'ignorance de nous-mêmes. A ce monde, il nous est impossible de nous adapter. Nous nous révolterons donc contre lui. Nous transformerons ses valeurs. Nous l'ordonnerons par rapport à nous².

À un internationalisme dépourvu d'âme et à la « jungle d'asphalte » des grandes villes, lieux d'isolement et de perte d'identité individuelle, il devint de plus en plus fréquent d'opposer un ruralisme romantique perçu comme antidote aux démons de métropoles qui focalisaient les ressentiments ; au point que le national-socialisme dut une part de son succès idéologique à cette opposition, qui fut habilement exploitée par ses promoteurs³.

Du point de vue théorique, l'anti-modernisme s'exprimait dans le concept d'« aliénation », nourri de schèmes hégéliens et/ou marxistes et surtout développé par Simmel conjointement à sa critique du renversement des moyens et des fins. Pour Simmel, le dynamisme d'une culture, le moteur même de son évolution, tendrait au conflit perpétuel entre la créativité, fluide, toujours en mouvement, de l'ensemble des « esprits subjectifs » qui l'animent (la « vie »), et l'ensemble des « formes » stables (l'« esprit objectif ») dans lesquelles cette « vie » serait destinée à s'objectiver, par l'intermédiaire desquelles elle progresserait vers sa propre perfection. Ces « formes » auraient pour essence de figer le dynamisme qui les engendre et tendraient à acquérir une certaine indépendance, une logique propre « étrangère à leur origine comme à leur fin » à laquelle l'« esprit subjectif » chercherait sans cesse à se soustraire et qu'il chercherait à briser. L'aliénation de la « vie » dans des « formes » qui lui sont essentiellement étrangères était donc à ses yeux déjà en soi une condition de la culture, constituant même sa « tragédie » immanente :

La vie est irrémédiablement destinée à n'entrer dans la réalité que dans la forme de son adversaire, c'est à dire dans une *forme* [...]

La vie créatrice produit perpétuellement quelque chose qui n'est pas à nouveau la vie elle-même, quelque chose en quoi elle finit d'une certaine façon, quelque chose qui lui oppose une revendication propre. La vie ne peut pas s'exprimer, si ce n'est dans des formes qui, indépendamment d'elle, sont et signifient quelque chose. Cette contradiction est la tragédie véritable et continue de la culture⁴.

Mais la thèse centrale de Simmel était que dans la société *moderne*, les « formes » culturelles dans lesquelles s'objective l'« esprit subjectif » sont d'une multiplicité, d'une vitesse d'évolution et d'une « funeste autonomie » telles que le sujet individuel ne peut plus se les approprier et qu'elles lui deviennent radicalement et irréversiblement étrangères, c'est-à-dire « non significantes » ; l'homme se retrouvant ainsi « écrasé » plus que libéré par ses créations :

Nous nous retrouvons en face d'innombrables objectivations de l'esprit, des œuvres d'art et des formes sociales, des institutions et des connaissances, comme en face d'autant d'empires gouvernés selon leurs propres lois qui cherchent à devenir le contenu et la norme de notre existence

¹ Krüger F. (1932, 1953), p. 174.

² Carrel A. (1935), p. 402 et pp. 438-439.

³ Voir notamment Peuckert D.J.K. (1987, 1992), pp. 181-184 et Mosse G.L. (1961), p. 83.

⁴ Simmel G. (1918, 2004), p. 403 et p. 416. Voir aussi pp. 383-384, où Simmel écrit en particulier aussi que « l'évolution continue des contenus culturels et finalement des styles entiers de la culture est le signe ou plutôt le résultat de la fécondité infinie de la vie, mais aussi de la profonde contradiction qui oppose le devenir éternel et l'évolution éternelle de la vie à la validité et à l'autonomie objective de ses présentations et de ses formes ». Voir aussi Simmel G. (1911, 1988), pp. 200-207 et p. 211 en particulier.

individuelle, qui ne sait pas très bien quoi en faire, et les ressent assez souvent comme une charge et une force contraire. Mais dans les cultures supérieures, on ne trouve pas seulement cette distance qualitative entre l'élément objectif et l'élément subjectif, mais encore, essentiellement, une illimitation quantitative [...] C'est ici l'origine de la situation problématique qui caractérise l'homme moderne : l'impression d'être comme écrasé par le nombre énorme des éléments culturels, car il ne peut ni les assimiler intérieurement, ni simplement les refuser [...] Les formes que la vie avait construites pour s'y établir lui sont devenues sa prison¹.

Ce thème de l'aliénation se retrouvera dans ma seconde partie au cœur de l'« anthropologie philosophique » que Bertalanffy développa à partir des années 1940 mais dont les germes étaient présents dès sa thèse doctorale. S'appropriant dans celle-ci le concept hégélien d'« esprit objectif », Bertalanffy y affirma que « les valeurs culturelles suivent leur propre fin » et que, « mises au service d'un principe supra-individuel », elles « ne s'enracinent ni dans la volonté de l'individu, ni dans la tendance de l'espèce à sa perpétuation »². Un fondement de son anthropologie fut que le « monde symbolique créé par l'homme gagne pour ainsi dire une vie propre », une « logique immanente » qui « transcende ses créateurs » ; qu'il devient « l'esprit objectif dont parlait Hegel », acquérant dans le monde moderne « une puissance qui mène aux plus sévères bouleversements », dont un cours « sanguinaire » de l'histoire et une pandémie de « névroses existentielles »³. Et c'est bien une réminiscence de l'anti-modernisme si prégnant dans le contexte de sa jeunesse que Bertalanffy exprima en 1971 encore, lorsqu'il qualifia de « schizophrène » une société moderne caractérisée par « la haute rationalité de ses moyens et l'irrationalité complète de ses buts »⁴.

1-1-2-6 – *De l'idéal de la Bildung au mépris et au rejet de la démocratie*

La réaffirmation de l'idéal de la *Bildung* alla de pair avec des positions politiques radicalement anti-démocratiques. C'est d'autant moins surprenant que Goethe prit lui-même clairement position contre la Révolution française, soulignant l'importance de l'aristocratie pour la pérennité d'une société civile et la culture de la sensibilité humaine⁵ – un aristocratisme *politique* que l'on retrouve affiché sans complexe chez Ortega y Gasset⁶. Ringer a daté de 1896 le début de la fronde « mandarinale » contre le principe démocratique⁷ : le philosophe Eduard von Hartmann (dont nous verrons en plusieurs occasions qu'il fut une importante référence de Bertalanffy) publia cette année-là un essai contre « le danger de la démocratie » qui se révèle être un excellent condensé des positions politiques sinon dominantes, tout au moins très répandues parmi les universitaires de langue allemande jusqu'à la prise de pouvoir d'Adolf Hitler en 1933 : même parmi les « modernistes », bon nombre préféraient encore au fond une monarchie modérée à la république. Composante à part entière de la réaction « mandarinale », l'attaque de la démocratie prit en Allemagne une importance d'autant plus significative dans les années 1920 que la faiblesse incorrigible d'une république de Weimar enfantée dans les douleurs de la défaite militaire de 1918, son caractère indubitablement artificiel et le manque de légitimité dont elle souffrit d'emblée parce qu'identifiée à l'humiliation de la défaite, son impuissance à remédier à des conditions sociales et économiques désastreuses et l'incapacité à gagner la confiance des « citoyens » qui en dérivait, rendaient sa dénonciation facile à intégrer à l'anti-modernisme. La démocratie put dans ces conditions incarner l'expression politique de l'« avènement des masses » et de la destruction corrélatrice de la culture, du « matérialisme » et de la vulgarité de la société industrielle émergente, donc la forme politique par excellence de la décadence⁸.

¹ Simmel G. (1918, 2004), p. 413 et p. 416. Voir aussi Simmel G. (1911, 1988), p. 212. Le philosophe Rudolf Eucken écrit avec la même idée : « l'oeuvre s'est émancipée elle-même de l'homme ; elle a formé d'énormes complexes qui ont de manière croissante engendré leurs propres forces et suivi leurs propres lois ; aussi y a-t-il eu un conflit aigu entre l'oeuvre et l'âme » (cité in Ringer F. (1969, 1990), p. 255).

² Bertalanffy L. von (1926a), p. 91, p. 93 et p. 95.

³ Bertalanffy L. von (1948a), p. 266 et (1956a), pp. 39-40 ; voir aussi (1958a).

⁴ Bertalanffy L. von (1971b), p. 112.

⁵ Steigerwald J. (2002), p. 322.

⁶ Ortega y Gasset J. (1932, 1986), p. 58 : « Je soutiens une interprétation de l'histoire radicalement aristocratique [...] La société humaine est toujours aristocratique, qu'elle le veuille ou non, par son essence même ; à tel point qu'elle n'est société que dans la mesure où elle est aristocratique ». Il semble néanmoins qu'Ortega y Gasset entendait là le terme « aristocratie » en un sens général.

⁷ Ringer F. (1969, 1990), pp. 128-129.

⁸ Peukert D.J.K. (1987, 1992).

Nulle surprise, donc, de retrouver sous la plume de Bertalanffy cette orientation anti-démocratique. Elle est explicite en 1924, lorsqu'il décrit à la suite de Spengler la démocratie moderne comme le « moyen de la domination absolue de l'argent », un « slogan » qui ne se justifie que par des sophismes « intellectualistes » et « qui ne sert que la puissance »¹. Et il est intéressant de la voir ressurgir dans les années 1960 en Amérique, dans un contexte de « contre-culture » qui, dans la mesure où il partageait bien des traits de l'anti-modernisme en vogue dans l'entre-deux guerres, rendait tolérable une telle attaque pour autant que la critique porte sur la perversion du principe démocratique et non sur ce principe lui-même : il est difficile de ne pas voir se profiler derrière sa dénonciation (rappelant étrangement la définition par Nietzsche du libéralisme comme « l'abêtissement par troupeaux »²) de « la politique qui a fait de la démocratie de Jefferson un troupeau de bovins télécommandés »³ l'*a priori* anti-démocratique dont il hérita tout autant que des autres dimensions de l'idéal de la *Bildung*.

1-1-2-7 – *Idéal de la Bildung et anti-positivisme*

Plusieurs conséquences, indissociables, de la réaffirmation de l'idéal de la *Bildung* et de sa manifestation dans la pensée de Bertalanffy, doivent encore retenir notre attention, car elles concernent directement sa philosophie de la connaissance et de la science en général. J'insiste toutefois en préalable de nouveau sur le fait que les positions considérées ici ne sauraient être tenues pour générales : là encore, il s'agit d'idéaux-types exprimant au mieux des tendances majoritaires, avec d'importantes disparités selon les disciplines académiques et dont la pertinence vaut surtout parmi les représentants des « sciences de l'esprit ».

La première conséquence dont il s'agit est l'opposition résolue à l'empirisme, consubstantielle à l'idéal de la *Bildung*. Dans ce dernier, c'est l'esprit qui met le monde en mouvement, qui organise une masse de sensations en soi dépourvues de signification. De ce point de vue idéaliste, le sujet connaissant de l'empirisme apparaît passif, « réactif » au sens où c'est au contraire toujours le monde qui le met primordialement en mouvement ; pour ne pas dire qu'il disparaît en tant que sujet à proprement parler, puisque l'idéalisme ne peut en fin de compte penser le sujet sans les concepts d'activité et de créativité. N'était-ce d'ailleurs pas la signification profonde de la proclamation provocatrice d'Ernst Mach selon laquelle « le moi est insauvable »⁴ ? L'empirisme méconnaîtrait la créativité de l'esprit, il en ferait un simple spectateur du monde et, en définitive, un pur produit de son environnement : ainsi le voyaient les tenants de l'idéal de la *Bildung*. C'était là pour eux une position à la fois naïve en théorie de la connaissance et éthiquement inacceptable, car menant droit au fatalisme et au matérialisme. Cette opposition à l'empirisme, précisément en ces termes, se retrouve intégralement chez Bertalanffy tout au long de son œuvre et j'aurai l'occasion de l'analyser dans plusieurs chapitres de ma seconde partie. Il suffira ici d'évoquer sa critique réitérée selon laquelle la science n'est pas qu'une accumulation de « faits » et n'advient que lorsque ceux-ci sont ordonnés par des principes théoriques et incorporés dans un système conceptuel ; une critique qui allait de pair avec son attaque de ce qu'il nomma ironiquement en 1967, à la suite du psychologue Bernard Kaplan, le « dogme de l'immaculée perception »⁵. L'ambivalence du terme « matérialisme » permettait en outre de multiples associations idéologiquement connotées enrôlant la critique de l'empirisme dans la défense des valeurs « mandarinales » : du matérialisme métaphysique, on passait sans vergogne au matérialisme populaire, de sorte que l'empirisme, se retrouvant ainsi connecté à l'« avènement des masses » et de la société industrielle, en venait à porter lui aussi le sceau de l'infamie. La critique kantienne de l'empirisme humien pouvait même à cet égard être assimilée à une préfiguration de la résistance de l'esprit « allemand » à la vulgarité « occidentale ».

« Positivisme » pourrait être substitué à « empirisme » dans tout ce qui précède, dans la mesure où la compréhension, ou au moins l'usage polémique en général fait de ces deux termes dans toute la période considérée, impliquait que le second ne soit qu'un moment particulier du premier,

¹ Bertalanffy L. von (1924a), II et III.

² Nietzsche F. (1888, 1970), p. 167.

³ Bertalanffy L. von (1967a), p. 13.

⁴ Mach E. (1886, 1996), p. 27.

⁵ Bertalanffy L. von (1932b), p. 2 ; (1949e), p. 74 et (1967a), p. 91 entre autres.

lequel correspondait en fait à l'antonyme exact du terme « idéalisme ». Voici un bon exemple chez Bertalanffy du glissement idéologique qui vient d'être évoqué :

La philosophie positiviste, technologique, behavioriste et commerciale dévalue l'homme, fait de lui un robot et le manipule comme tel¹.

« Positiviste » n'était souvent pas loin d'être une insulte, pire encore qu'« empiriste ». Ce terme référait en effet à d'autres idées et valeurs situées elles aussi aux antipodes de celles défendues par les « mandarins ». Chez les représentants des « sciences de la culture » notamment, le terme référait en particulier à l'attachement à l'idée de progrès qui, largement répudiée dans la pensée allemande à l'instigation de Herder², trouva chez Spengler³ sa récusation la plus radicale. Mais « positivisme » renvoyait surtout à une vision triplement réductrice de la science.

Le soi-disant attachement empiriste quasi-obsessionnel au « fait » expérimental était d'abord supposé tendre à fragmenter la science en une multitude de domaines spécialisés dont les positivistes, de Comte aux membres du Cercle de Vienne, avaient effectivement et peut-être symptomatiquement tendu à renoncer à concevoir une unité autre que méthodologique. Le « positivisme » désignait ainsi, en particulier, une compréhension de la science comme simple juxtaposition de domaines séparés, dépourvue d'unité interne. Aux yeux de ses pourfendeurs, il se rendait donc coupable de favoriser et de légitimer ce qu'Ortega y Gasset appela une « barbarie du spécialisme », qui aurait fini par faire du scientifique moyen lui-même un paradigme de « l'homme-masse ». Le spécialiste s'attirait d'autant plus logiquement le mépris insondable des « aristocrates de la *Bildung* » qu'il était aisé et en partie justifié d'y voir le catalyseur d'une conception instrumentaliste de la science :

La science expérimentale a progressé en grande partie grâce au travail d'hommes fabuleusement médiocres, et même plus que médiocres [...] Le spécialiste 'sait' très bien son petit coin d'univers, mais il ignore radicalement tout le reste [...] Autrefois, les hommes pouvaient se partager simplement, en savants et en ignorants. Mais le spécialiste ne peut entrer dans aucune de ces deux catégories [...] Disons que c'est un savant-ignorant, chose extrêmement grave puisque cela signifie que c'est un monsieur qui se comportera dans toutes les questions qu'il ignore non comme un ignorant, mais avec toute la pédanterie de quelqu'un qui, dans son domaine spécial, est un savant⁴.

La spécialisation allait à l'encontre des idéaux d'universalité du savoir et de formation de l'« homme total ». Sa critique fut bien sûr inhérente au projet de « systémologie générale ». Nous verrons qu'elle fut une constante chez Bertalanffy : il n'eut de cesse de s'en prendre à ses débuts, dans le domaine de la biologie, à une « spécialisation trop poussée qui fait perdre de vue les relations entre phénomènes » ; et il ne se lassa pas, trente ans plus tard encore, de pourfendre « l'ère des spécialistes », en soulignant les dangers de la spécialisation non seulement pour l'éducation du scientifique et pour le progrès même de la science, mais aussi pour sa « fonction sociale »⁵.

La spécialisation allait en fait à l'encontre de la compréhension traditionnelle du terme « *Wissenschaft* », qui désignait bien plus que le terme « science » qu'on lui fait correspondre en français et en anglais, et auquel la traduction de « savoir organisé » semble être plus adéquate. Car dans l'idéal de la *Bildung*, les *Wissenschaften* étaient destinées à se relier en une totalité organisée, source où elles étaient censées puiser leur signification ultime :

La vitalité en science n'existe qu'en relation à un tout [...] Chaque discipline individuelle existe en relation avec la totalité de la connaissance scientifique en tant que telle⁶.

C'est pourquoi, en particulier, Jaspers put écrire que « la *Bildung* est plus que le savoir »⁷. La *Wissenschaft*, en tant qu'organisation globale des *Wissenschaften*, devait engendrer une vision du monde, une *Weltanschauung* intégrant les diverses dimensions de l'expérience humaine et conférant son sens à chaque domaine du savoir : telle était sa véritable vocation. Le « positivisme » apparaissait

¹ Bertalanffy L. von (1967a), p. 114.

² Herder, dans (1774, 2000), surtout pp. 79-80 et p. 94, semble avoir été le premier à attaquer systématiquement cet aspect des Lumières « occidentales » (ainsi que l'individualisme), écrivant en particulier (p. 104) que « le progrès n'est qu'un fantôme échappé de nos têtes ».

³ Spengler O. (1923, 1976). Cet aspect de la pensée de Spengler sera examiné ultérieurement.

⁴ Ortega y Gasset J. (1932, 1986), pp. 159-163.

⁵ Voir notamment Bertalanffy L. von (1928a), p. 56 ; (1932b), p. 33 ; (1953a), p. 233 et (1957b), p. 4.

⁶ Jaspers K. (1923), in Ringer F. (1969, 1990), p. 106.

⁷ Jaspers K. (1923), in Hofer V. (1996), p. 224.

donc encore réducteur en ceci qu'il se vouait au contraire, en la disqualifiant comme « métaphysique », à tuer dans l'œuf toute velléité de ce type qui impliquait notamment de parvenir à relier les sciences de la nature aux valeurs culturelles voire à la religion, et de conserver à la philosophie un rôle interprétatif sans la restreindre à un rôle logico-critique. Du point de vue idéaliste, cela revenait à dégrader le statut du scientifique de celui de sage à celui d'analyste et de technicien, et à renoncer à investir la science d'un rôle de guide dans la conduite de l'existence – sa raison d'être. Ce thème fut là encore central chez Bertalanffy. On le repère notamment dans son identification du progrès scientifique authentique à « l'homogénéisation de la réalité » (dont la physique moderne n'avait selon lui cessé, depuis Newton, de montrer des exemples) ; on le retrouve surtout affiché dans la vocation qu'il assigna explicitement en 1934 à la théorie biologique d'inspiration « organismique » qu'il développait à l'époque : « s'élargir à une vision générale du monde »¹. Et il s'exprima clairement aussi dans ce jugement énoncé en 1956 :

Le problème avec la formation conventionnelle dans les sciences de la nature est qu'elle présente assez bien un corps plus ou moins étendu de faits et de méthodes, mais qu'elle évite précautionneusement les questions et résultats portant sur notre vision du monde et de l'homme².

Toujours par sa posture anti-métaphysique, le « positivisme » était enfin perçu comme réducteur en un troisième sens : son mythe empiriste d'une science « libre d'hypothèses », d'une objectivité que ne « contaminerait » aucune valeur ni biais métaphysique, était rejeté comme une aberration d'une naïveté désarmante. Il était tenu pour inacceptable non seulement du point de vue épistémologique (car révélant une incompréhension du procédé théorique en général), mais aussi parce qu'il instaurerait *a priori* une césure illusoire, perverse et dangereuse entre la pensée scientifique d'une part et les univers psychologique et culturel d'autre part, qui détruirait d'emblée et par principe l'ambition chère aux défenseurs de l'idéal de la *Bildung* d'une expérience unitaire du monde. L'étude de sa philosophie de la connaissance, dans les deux premiers chapitres de ma seconde partie, montrera largement à quel point Bertalanffy fut l'héritier de ce type de critique du « positivisme », notamment à l'encontre du « positivisme logique ». Que ce soit par son attachement au « fictionalisme » néo-kantien de Hans Vaihinger, selon lequel la pensée scientifique est constamment nourrie par des mythes et dont le progrès consiste justement à se « dé-anthropomorphiser » ; par sa conception de la théorisation, où non seulement les « hypothèses » sont nécessaires, mais où l'intuition mystique et les biais métaphysiques ont une légitimité au moins en tant qu'heuristique³ ; mais aussi par une tendance culturaliste précoce qui l'amena à voir dans les théories scientifiques « les expressions d'un *Zeigeist* »⁴. Tous les aspects de cette critique se retrouvent dans les deux citations qui suivent, la seconde montrant de plus son lien étroit avec la critique évoquée dans la précédente sous-section ; l'arrière-plan en étant la question du statut de la « systémologie générale » :

La recherche scientifique suit rarement les commandements rigides des positivistes. Beaucoup de développements scientifiques commencèrent par des problèmes « métaphysiques » qui, selon le positivisme logique, auraient dû être écartés d'emblée en tant que pseudo-problèmes⁵.

La science et la philosophie ne se sont jamais débarrassées de la métaphysique, et la métaphysique du positivisme est tout particulièrement naïve et superficielle [...] Depuis ses débuts, la science a deux aspects. L'un d'eux est bien sûr l'explication et le contrôle des événements, qui à lui seul différencie la science d'une vaine spéculation. Mais l'autre point de vue existe également, à savoir la « philosophie naturelle ». Toute théorie de grande envergure suppose une manière implicite de voir le monde [...] Et] tout progrès majeur de la science change la perspective du monde, il est une « philosophie naturelle » ou « métascience »⁶.

¹ Pour le premier aspect, voir surtout Bertalanffy L. von (1942), p. IV et (1949e), p. 134. Pour le second : Bertalanffy L. von (1934b), p. 365.

² Bertalanffy L. von (1956a), p. 33.

³ Voir notamment Bertalanffy L. von (1928a), p. 56 ; (1929f) ; (1932a) et (1932b), p. 7.

⁴ Bertalanffy L. von (1934b), p. 339 et (1951b), p. 343 sur cet aspect particulier ; pour la systématisation de ce que je me borne pour l'instant à qualifier de « tendance culturaliste », voir (1955b). Je reviendrai sur ces points au 2-1.

⁵ Bertalanffy L. von (1960a), p. 203.

⁶ Bertalanffy L. von (1967a), pp. 55-56.

1-1-2-8 – « Culture » contre « civilisation »

Toutes les oppositions exprimées dans les précédentes sous-sections pourraient peut-être être subsumées sous celle entre « culture » et « civilisation », qui prenait elle-même sa source dans l'*Aufklärung*, époque jusqu'à laquelle *Kultur* était resté un synonyme de *Bildung*, référant donc à la formation spirituelle de l'individu. Kant, en 1784, avec ce sens individualiste du terme, avait déjà explicitement effectué une distinction connotée entre culture (identifiée à la science, l'art et la moralité) et civilisation (identifiée à la bienséance et l'urbanité), critiquant son temps comme celui d'hommes « civilisés jusqu'à en être accablés » tout en manquant largement de moralité, donc de « culture », et insinuant le caractère « superficiel » de la civilisation ainsi comprise¹. Par ailleurs, probablement sous l'impulsion de la philosophie de l'histoire de Herder², le terme *Kultur* commença à partir de la même époque à prendre un sens global désignant l'ensemble des réalisations de l'homme civilisé en société, ce que Wilhelm Dilthey appela en 1883 « l'unité individuelle de la vie présente dans un peuple, qui se manifeste à travers la parenté de toutes les expressions de sa vie »³, i.e. de ses activités sociales, économiques, politiques, scientifiques, artistiques, religieuses, etc., formant une totalité unifiée par un corps de valeurs qui s'y reflètent. Ce que l'on appelait *Kultur* dans le monde germanophone en vint alors à n'avoir pour correspondant très approximatif en français et en anglais que le terme « civilisation ». Le point essentiel est qu'un jugement de valeur généralisant celui de Kant se greffa progressivement sur cette distinction, parallèlement à l'exacerbation des rivalités entre l'Allemagne et la France. Bientôt, la « culture » devint allemande et la « civilisation », française ; elles furent opposées comme l'idéal de la *Bildung* au culte de la rationalité instrumentale, les préoccupations spirituelles au matérialisme, les fins aux moyens, le dynamisme et la spontanéité organiques à la rigidité et à la contrainte mécaniques, le naturel à l'artificial, le principe aristocratique au principe démocratique.

Cette opposition atteignit dans les années 1920 le sommet de sa popularité dans le monde académique. Une popularité nourrie par le ressentiment de la défaite militaire, qui allait de pair avec l'immense succès de la « morphologie de l'histoire universelle » de Spengler⁴. Pour celui-ci, les cultures seraient des « organismes ». Conçues comme chez Herder à la manière des monades leibniziennes, elles auraient un dynamisme propre insufflé par une sorte d'entéléchie, une « âme ». Et elles obéiraient à une nécessité immanente, un « destin » ; elles traverseraient des phases évolutives semblables aux êtres vivants, parcourant le cycle de « vie » naissance, croissance, maturité, sénilité, puis la mort, inéluctable :

Une culture naît au moment où une grande âme se réveille [...] Elle croît sur le sol d'un paysage exactement délimité, auquel elle reste liée comme une plante. [Et elle] meurt quant l'âme a réalisé la somme entière de ses possibilités.

Le signe infaillible de la sénilité d'une culture, de son déclin, serait alors l'avènement de la *civilisation*, qui signifiait selon Spengler l'épuisement de ses potentialités créatrices ; toute civilisation serait donc relative à une culture déterminée, dont elle signifierait la sénilité :

Quand le but est atteint et l'idée achevée, quand la quantité totale des possibilités intérieures s'est réalisée au dehors, la culture se fige brusquement, elle meurt, son sang coule, ses forces se brisent – elle devient *civilisation* [...] Chaque culture a sa propre civilisation [...] La civilisation est le *destin* inévitable d'une culture⁵.

Les signes politiques caractéristiques de la civilisation étant ceux dont les dernières décennies avaient été les témoins, à savoir l'expansionnisme impérialiste et son corollaire, la guerre : à la mort du développement culturel ne pourrait succéder que le combat pour la puissance.

On n'éprouve aucune peine à trouver chez le très spenglerien Bertalanffy la trace de ce schème... Quarante-quatre ans séparent par exemple les deux citations suivantes :

¹ Kant E. (1784, 1985), pp. 199.

² Herder J.G. (1774, 2000). Voir Ringer F. (1969, 1990), pp. 86-87.

³ Dilthey W. (1883, 1992), p. 199.

⁴ Spengler O. (1923, 1976). Sur ce succès, voir la sous-section suivante.

⁵ Spengler O. (1923, 1976), I, p. 43.

Les à peine vingt ans qui séparent la mort de Nietzsche de l'œuvre de Spengler manifestent la transition ultime de la culture à la civilisation¹.

Le flot majestueux de la culture occidentale semble épuisé et une nouvelle civilisation étrange émerge – une civilisation de masse de nature technologique et globale².

L'attachement de Bertalanffy à la « culture » exprima d'ailleurs de la manière la plus caractéristique son affiliation à l'idéal anti-utilitariste de la *Bildung* lorsque, s'opposant aux sociologies d'inspiration biologiciste, il écrivit dès sa thèse doctorale que « toute culture est une sorte de dégénérescence », les valeurs proprement culturelles étant « inutiles pour l'individu et l'espèce », voir « nuisibles » du point de vue purement biologique³.

1-1-2-9 – « Crise de la culture » et « déclin de l'Occident »

L'opposition entre « culture » et « civilisation » tendait à faire converger tous les thèmes caractéristiques de la réaffirmation de l'idéal de la *Bildung* vers ce que Ringer a, dans le contexte et l'optique particuliers de son étude, interprété comme une projection par les « mandarins » sur l'ensemble de la société du sentiment que leur propre statut social était menacé : les thèses de la « crise de la culture », de la décadence et du « déclin » de l'Occident. Indépendamment de cette interprétation dont le sociologisme est au minimum réducteur, la convergence en question est indéniable et ces thèses furent emblématiques du *Zeitgeist*.

Simmel fut le grand théoricien de la première. Il caractérisait la modernité comme un état de « crise perpétuelle » de la culture. Cet état tiendrait d'abord au fait que la « vie » ne peut que s'y révolter contre son aliénation, la radicalité de sa révolte étant à la mesure de l'oppression que les « formes » de la culture exercent sur elle ; quant au trait « critique » de cet état, il dériverait du fait que la « vie » se déchaîne ainsi absurdement, car elle contredit son essence même, qui est de passer par la « forme » pour s'accomplir :

La vie ressent *la forme en tant que telle* comme quelque chose qui lui est imposé, et veut briser la forme en général [...], la résorber dans son immédiateté, pour se mettre elle-même à sa place [...] La vie s'est insurgée contre le devoir de se développer dans des formes fermes, quelles qu'elles soient [...] Ici donc la vie veut quelque chose qu'elle ne peut pas du tout atteindre, elle veut se déterminer et se manifester, par-delà toutes les formes, dans son immédiateté nue⁴.

Spengler mit quant à lui sa morphologie historique au service d'une démonstration de l'ubiquité des symptômes de l'épuisement de la culture européenne (dite « faustienne » en référence au mythe gothéen et caractérisée en particulier par son refoulement de l'intuition, sa rationalité instrumentale et sa quête indéfinie d'une domination technique du monde) et de l'avènement de la « civilisation » annonciatrice de sa mort ; une démonstration qui se fondait sur une homologation avec le « destin » de la culture grecque antique (qualifiée d'« apollinienne » à la suite de Nietzsche) :

En nous et autour de nous, nous suivons clairement à la trace les premiers symptômes de notre événement, absolument semblable au premier [le déclin de la culture apollinienne] de par son cours et sa durée et appartenant aux premiers siècles du prochain millénaire, le « déclin de l'Occident »⁵.

Le succès de l'ouvrage de Spengler fut considérable⁶ : sa première édition fut réimprimée trente fois au cours des cinq ans qui suivirent sa première publication en 1918, et sa seconde édition également trente fois entre 1923 et 1926 ; il fut, au total, vendu à près de 100 000 exemplaires en Allemagne entre 1918 et 1926. Ses conclusions, à défaut de sa méthode d'analyse et de démonstration, furent largement discutées et reprises. La raison, comme en témoigna Ortega y Gasset, en est que la thèse de Spengler formalisait et systématisait un sentiment né une trentaine d'années auparavant et qui n'avait depuis lors cessé de gagner en importance. Un sentiment dont procédait au fond toute la réaction « mandarinale » dont a parlé Ringer, mais dont la diffusion était beaucoup plus générale :

¹ Bertalanffy L. von (1927b), p. 346.

² Bertalanffy L. von (1971b), p. 118.

³ Bertalanffy L. von (1926a), p. 90.

⁴ Simmel G. (1918, 2004), p. 385 et p. 404.

⁵ Spengler O. (1923, 1976), I, p. 114.

⁶ Forman P. (1971), p. 30.

Avant que le livre de Spengler n'ait paru, tout le monde parlait de la décadence de l'Europe, et le succès de son ouvrage est dû [...] à ce qu'un tel doute préexistait dans toutes les têtes, sous des sens multiples et pour des raisons extrêmement diverses¹.

Ce « tout le monde » incluait au premier chef ce qui semble avoir été la majorité des intellectuels germanophones. Krüger fournit un autre exemple caractéristique, en ce qu'il lia le sentiment d'épuisement avec celui, très prégnant, de dislocation de la vie moderne :

Toutes les formes de la vie sont provisoirement durement ébranlées ; le grand art ne compense pas cette situation et encore moins la technique, la science et la philosophie [...] La vie s'est déformée ; elle menace de se désintégrer, parce que certaines de ses parties s'opposent les unes aux autres et cherchent à se mettre seules en avant hors de l'unité intégrée dont elles sont supposées être membres. Tel est le fondement typique des dangereuses crises du culturel, du social et du personnel².

Mais le thème du déclin général, dont celui de la dégénérescence biologique ne fut qu'une forme particulièrement pathologique³, dépassait les frontières de l'Allemagne et de l'Autriche. S'il fut loin d'être embrassé par tous les intellectuels, certains (tels que Bertrand Russell, Henri Bergson, Henri Poincaré et André Malraux) restant très critiques à son égard, il fut au moins dans les années 1920 et 1930 une composante majeure du *Zeitgeist* européen, dont les expressions en des termes divers ne manquent pas. Carrel, par exemple, évoqua ainsi « notre civilisation arrivée au début de son déclin »⁴ ; Ortega y Gasset écrivant quant à lui :

Nous vivons en un temps qui se sent fabuleusement capable de réalisation, mais qui ne sait pas ce qu'il veut réaliser. Il domine toutes les choses, mais n'est pas maître de lui-même. Il se sent perdu dans sa propre abondance. Avec plus de moyens, plus de savoir, et plus de techniques que jamais, le monde actuel est le plus malheureux des mondes : il va purement et simplement à la dérive [...] Lorsque le type de l'homme-masse parvient à prédominer, il est nécessaire de donner l'alarme et de prévenir que la vie humaine est menacée de dégénérescence⁵.

Bertalanffy s'appropriera entièrement le thème du déclin. Dans ses premiers écrits, d'abord. Notamment en 1924, dans une critique de l'art (principalement l'expressionnisme) et du classicisme contemporains, où il évoqua un « processus de dissolution de la culture » :

Nous sommes actuellement dans une période de régression. Le démontre l'extinction de la force créatrice grandiose, géniale. Nous devons emprunter la productivité qui nous manque à d'autres époques plus heureuses [...] L'esprit occidental est fatigué et a besoin d'un sursaut⁶.

Utilisant en 1927 un schéma cyclique d'analyse inspiré par ceux des historiens viennois de l'art que furent Alois Riegl et Max Dvořák, il discernait dans l'histoire de l'esprit occidental (« faustien ») une « loi pendulaire » s'exprimant par le retour périodique du classicisme, de l'« utopie classique » définie comme « la nostalgie éternelle de l'esprit faustien envers l'idéal classique contraire »⁷. Il situait, comme Spengler et Nietzsche⁸, le second et ultime sommet de la culture occidentale vers 1800 (le premier étant la Renaissance) ; sommet authentiquement classique dont le Romantisme allemand, Goethe en particulier, par sa réconciliation de l'âme et du corps, de l'esprit et de la nature, serait la quintessence. Mais à ses yeux, il s'agissait d'un bref chant du cygne, puisque « déjà commen[çait] [alors] le grand âge de la culture, l'époque de la domination de l'intellect improductif, la civilisation ». Au Romantisme aurait succédé le dernier classicisme, dont la forme la plus profonde aurait été la pensée « néo-dionysiaque » initiée par Hölderlin et développée par Nietzsche. Hölderlin, « possédé par l'idée que les dieux grecs doivent revenir et même qu'ils sont déjà revenus », avait annoncé la

¹ Ortega y Gasset J. (1932, 1986), p. 185.

² Krüger F. (1932, 1953), p. 172.

³ Sur cette variation particulière du thème du déclin, voir surtout l'étude très documentée et passionnante de Pichot A. (2000).

⁴ Carrel A. (1935), p. 439.

⁵ Ortega y Gasset J. (1932, 1986), p. 86 et p. 150.

⁶ Bertalanffy L. von (1924b), p. 342.

⁷ Bertalanffy L. von (1927b), p. 341: « Le grand phénomène du classicisme occidental est une réaction nécessaire. Comme l'inspiration et l'expiration, comme le sommeil et l'éveil : ainsi alternent dans l'âme de la culture occidentale les périodes de concentration sur soi, de plongée mystique intérieure, avec celles de la nostalgie de l'idéal classique contraire de la joie mondaine et de l'unité de la vie ».

⁸ Dans (1887, 1982), p. 279, Nietzsche qualifia le pessimisme romantique de « dernier grand événement dans le destin de notre culture ».

renaissance de l'Antique en Allemagne. Lui comme Nietzsche avaient exalté le « dionysiaque » en tant que source de l'être, opposant l'intellectualité occidentale au « feu céleste » grec et exprimant l'espoir d'une renaissance de l'esprit tragique¹. Nietzsche avait encore cru, avec son concept du « Surhomme », renverser le cours de la « décadence ». Mais pour Bertalanffy comme pour Spengler, il ne s'était agi là que d'un aveuglement au déclin *effectif et inéluctable* de l'Occident. Bien des voix s'élevaient dans les années 1920 contre ce pessimisme de la doctrine de Spengler ; et Bertalanffy ne manqua pas d'exemples illustrant le fait que « le classicisme renai[ssait] de toutes parts »². Mais ce mouvement ne faisait à ses yeux que mieux attester du déclin : si « l'utopie classique » voyait profondément « les manques de son époque », elle ne montrait jamais ce que la « renaissance spirituelle » pouvait être « concrètement ». Comme Spengler, Bertalanffy se résignait :

A l'encontre de l'espoir d'une renaissance néo-classique, je crois que la démonstration par Spengler de l'épuisement interne de la culture occidentale est irréfutable [...] Le nouveau classicisme ne peut pas être une renaissance de l'Occident, mais seulement son ultime récapitulation. Il est une réaction à la morale matérialiste de la civilisation. Son but ne peut pas consister à créer de nouvelles valeurs, mais seulement à mener l'Occident à son terme, à accomplir ses valeurs ultimes. Une vitalité [*Lebenserhaltung*] classique n'est jamais possible qu'au sommet d'une culture (Goethe). Nous sommes sur son déclin et notre vitalité ne peut consister en une harmonie classique et spontanée ; elle ne peut être que classiciste, nostalgique de cette harmonie³.

Il compara l'utopie classique à l'esprit apocalyptique antique, investissant ici le concept de « seconde religiosité » de Spengler⁴ : le retour de Dionysos, expression de cette « seconde religiosité », signifierait ainsi la fin pathétique de « l'époque de la ferveur fanatique à l'égard de la machine et des valeurs techniques et sensibles »⁵. Remarquons au passage que cette critique de Bertalanffy s'éclaire à la lumière des analyses de Simmel sur l'« abandon du classicisme en tant qu'idéal absolu de l'humanité et de la culture »⁶. Reste que l'on voit ici pointer chez lui une attitude caractéristique de l'idéal-type du « mandarin » construit par Ringer, attitude que l'on peut légitimement qualifier de réactionnaire : le refus de s'accommoder aux réalités modernes afin de tenter de conserver une influence sur elles, avec l'idée que c'étaient précisément de telles tentatives que procédait la décadence, et qu'il fallait au contraire restaurer les valeurs de la *Bildung* dans toute leur pureté. On ne saurait être aussi clair à cet égard que Bertalanffy lui-même, qui répéta à plus de quarante ans d'intervalle ce même credo en référant implicitement à ces valeurs :

Nous vivons à une époque tardive de la culture et notre tâche, celle d'un genre amoindri, ne consiste pas à forger de nouvelles valeurs, mais à préserver fidèlement les anciennes⁷.

Quel est donc le devoir de l'individu dans la culture matérialiste d'une société industrialisée de masse, où de nouvelles devises ont remplacé les valeurs culturelles et la créativité d'autrefois ? Préserver ce qui reste de l'ancienne culture, pour autant que la société de masse le permette⁸.

¹ Cette célébration de la renaissance de l'esprit tragique occupe en particulier la fin de *La naissance de la tragédie*. Nietzsche y opposa la « conception théorique » et la « conception tragique » du monde, mais il y conditionna la renaissance de la tragédie au renoncement de la science à sa prétention à la validité universelle, qui devait découler de la reconnaissance inévitable de ses limites : Nietzsche F. (2000), p. 94.

² Dans (1927b), pp. 347-353, il discute notamment le néo-hellenisme de l'« école » de Stefan George (dont celui des poètes Kurt Hildebrand et Friedrich Gundolf), la « critique du sentiment » de Vetter, l'humanisme socialiste de Hans Mühlestein et le poète viennois Emil Lucka.

³ Bertalanffy L. von (1927b), p. 352 et p. 354.

⁴ Ce concept référerait à l'idée qu'avant que son cycle de vie ne s'achève, une culture sur le déclin exprime la nostalgie de sa jeunesse en revenant vers ses origines : « Dans la vieillesse de la *civilisation* commençante, le feu de l'âme s'éteint. La force décroissante ose encore une fois avec un demi-succès – dans le classicisme, qui n'est étranger à aucune culture mourante – s'essayer à une grande œuvre ; l'âme se souvient encore une fois – dans le romantisme – avec mélancolie de son enfance. Finalement, fatiguée, contrariée, blasée, la culture perd la joie de son être et aspire – comme au temps des Romains – à sortir de la lumière millénaire pour se réfugier dans l'ombre de la mystique des âmes primaires, dans le sein maternel, dans la tombe. Tel est le charme de la 'seconde religiosité' » : Spengler O. (1923, 1976), I, p. 115.

⁵ Bertalanffy L. von (1927b), p. 356.

⁶ Simmel G. (1918, 2004), p. 398 : « Le classicisme se trouve tout entier sous le signe de la forme, de la configuration bien polie et satisfaite en elle-même, qui a conscience d'être la norme de la vie et de la création grâce à sa fermeture tranquille. Même ici, on n'a assurément rien posé encore de positivement suffisant et clarifié à la place de l'antique idéal. C'est pourquoi justement le combat contre le classicisme montre qu'il ne s'agit finalement pas d'apporter une nouvelle forme de culture, mais que la vie consciente d'elle-même veut seulement se libérer de la contrainte de la forme en général, contrainte dont le classicisme est le représentant historique ».

⁷ Bertalanffy L. von (1924b), p. 343.

⁸ Bertalanffy L. von (1967a), p. 111-112.

La constance du thème du déclin et de la fidélité à Spengler à cet égard sont si remarquables chez Bertalanffy qu'on en retrouve la trace jusqu'à la fin de sa vie, dans ses critiques récurrentes d'une époque qu'il qualifiait volontiers en privé de « pitoyable »¹ :

Notre propre époque manifeste des symptômes sans équivoque de déclin commençant ou avancé, et si elle ne meurt pas naturellement, un suicide atomique reste à sa disposition².

Le « déclin de l'Occident » n'est ni une hypothèse, ni une prophétie ; c'est bel et bien un fait accompli, qui s'est réalisé plus tôt que Spengler et Aldous Huxley ne s'y attendaient. Le splendide essor culturel qui a débuté en Europe autour de l'an mille [...], ce cycle énorme de l'histoire est terminé et aucun moyen artificiel ne peut lui rendre vie³.

Une nuance essentielle doit toutefois être apportée à ce constat. Nous allons en effet voir maintenant que Bertalanffy défendait une conception bien particulière du « déclin » qui excluait certes, conformément à la thèse spenglérienne, toute « renaissance » spirituelle de la culture « faustienne », mais qui exploitait aussi au maximum une ouverture laissée par Spengler : celle selon laquelle la « seconde religiosité » peut être l'indice de l'émergence d'une nouvelle culture.

1-1-3 – De la « crise de la réalité » à la quête d'un nouveau cosmos

Le sentiment du déclin généralisé, de la « crise de la culture », apparaît en définitive comme celui d'une perte polymorphe, qui atteint son apex dans les années 1920 en Allemagne et à un degré au moins égal en Autriche : perte d'unité dans la représentation du monde (dont le « complémentarisme » de la jeune mécanique quantique, dont il sera question au 1-4-2, pouvait faire figure de symbole dans l'ordre intellectuel) ; perte d'unité entre monde de la science et monde de la vie (incarnée par exemple dans l'abstraction et le caractère contre-intuitif extrêmes de la physique théorique) ; perte surtout de certitude, de fondements et de normes assurés dans l'appréhension du moindre secteur de la réalité (à l'exception notable de l'école mathématique allemande, Hilbert en tête), en une période où chaque domaine de la connaissance semblait être le lieu de controverses sans fins et de théories contradictoires pouvant néanmoins chacune se justifier rationnellement, cependant que la société se scindait en groupes ayant chacun son propre référentiel de valeurs.

Le philosophe Max Scheler alla ainsi jusqu'à comparer la situation de son temps à celle du X^e siècle : un temps « où l'homme est devenu complètement problématique », et « dans lequel il ne sait plus ce qu'il est, tout en sachant néanmoins qu'il ne le sait pas »⁴. Quant au biologiste et épistémologue polonais Ludwik Fleck, surtout connu pour avoir, avec son concept de « style de pensée » [*Denkstil*]⁵, anticipé et significativement influencé le fameux concept de « paradigme » élaboré trente ans plus tard par Thomas S. Kuhn pour l'interprétation de la « structure des révolutions scientifiques »⁶, il n'hésita pas à parler en 1929 de « crise de la réalité » : sa thèse était que se révélait ainsi au grand jour le fait que chaque système de connaissance, chaque formation sociale tend à correspondre à une « réalité propre », la « réalité objective » ne s'exprimant que relativement au système conceptuel, au « style de pensée » au moyen duquel on l'appréhende⁷.

1-1-3-1 – Entre relativisme et quête d'absolu

Certains, tels le sociologue Karl Mannheim, assumaient sans état d'âme le « pluralisme des réalités ». Mais d'autres, dans une perspective radicalement opposée, dénonçaient toutes les formes de relativisme. L'écrivain Friedrich Gundolf attaqua dès 1911 le relativisme comme une « forme contemporaine de l'athéisme », annonçant déjà le « combat entre l'absolu et le relatif ». Et des philosophes comme Gottfried Benn, Martin Heidegger, Ernst Troeltsch, Hans Freyer et Arnold

¹ Lettre de Bertalanffy L. von à Gessner F. (19/09/1951), *Archives du B.C.S.S.S.*

² Bertalanffy L. von (1964a), p. 504.

³ Bertalanffy L. von (1967a), p. 110. Voir aussi (1971a), pp. 81-82.

⁴ Scheler M., in Sontheimer K. (1962, 1964), p. 59.

⁵ Fleck définissait le « style de pensée » comme une « prédisposition pour une orientation déterminée de la perception et pour une élaboration correspondante de ce qui est perçu » (in Cremer T. (1985), p. 359).

⁶ Kuhn T.S. (1962, 1983), p. 9. Voir aussi Cremer T. (1985), pp. 323-344 pour une étude comparée de Fleck et Kuhn.

⁷ Fleck L. (1929), in Oexle O.G. (2002), p. 14.

Gehlen s'en prirent au cours des deux décennies suivantes à l'« historicisme » né au XIX^e siècle, c'est-à-dire à l'historicisation de toutes les valeurs et productions humaines (sciences incluses), ainsi qu'à la tradition « constructiviste » issue de Kant, en tant que principaux générateurs du relativisme et, ultimement, du nihilisme¹. Ils exigeaient au fond une restauration des droits de l'Être face à ceux du Devenir, de ceux de l'ontologie face à ceux de l'épistémologie. C'est dans cette logique que s'inscrit notamment la métaphysique de la stratification du réel de Nicolai Hartmann², dont l'importance dans la genèse des conceptions de Bertalanffy sera examinée au 1-4-3.

Le grand paradoxe est que la concurrence entre ces multiples tentatives de transcender le pluralisme en jetant les bases de visions unitaires du monde à prétentions absolutistes finissait logiquement par nourrir et renforcer le relativisme³... D'où le sentiment exacerbé d'un ordre brisé, de l'avènement du chaos, que l'on trouve exprimé dans tous ses aspects chez Dingler lorsqu'il cherchait à montrer la nécessité de restaurer le « primat de la philosophie » sur toutes les sciences, dans le cadre d'une plainte contre le relativisme et d'un appel à son dépassement qui range cet auteur aux premiers rangs de la fronde évoquée :

Aujourd'hui, toute unité est perdue. Existe une multitude incalculable de « courants », dont chacun tente, avec des contorsions plus ou moins importantes et des illusions plus ou moins grotesques, de surmonter sa nescience et de se faire miroiter au moins le temps d'un rêve une solution, une sécurité, qu'aucun d'entre eux ne possède. [...] D'un autre côté, nous sommes devenus si résignés de nos jours, si incroyablement modestes, que nous n'osons plus parler d'une solution définitive aux problèmes ultimes. Où que l'on regarde, on ne voit qu'un las renoncement. Dans tous les manuels scientifiques, on peut lire qu'il serait vain de chercher à acquérir des vérités ultimes [...] Il ne reste strictement rien des certitudes conscientes du savoir [...] Il n'y a pas de halte dans cette voie vers le chaos, qui pourrait venir des sciences particulières elles-mêmes [...] Seul un point de vue s'élevant au-dessus de toutes les sciences particulières, seule donc la philosophie, le pourrait. Mais cela signifierait que la mère de toutes les sciences voit son primat restauré⁴.

Wenzl résuma plus tard en ces termes les doutes profonds qui animaient cette génération, où la « vérité » elle-même était devenue un concept problématique :

La seconde racine de la crise de confiance moderne est la relativisation de toutes les valeurs par l'introduction de systèmes de référence historiques et psychologiques en soi d'égale valeur⁵.

L'examen, dans ma seconde partie, de la philosophie « perspectiviste » de Bertalanffy, montrera qu'elle fut justement toute entière placée sous le signe de la problématique du dépassement de cette opposition si prégnante entre relativisme et absolutisme, en un sens que je m'efforcerai alors d'explicitier :

Les catégories de la connaissance dépendent premièrement de facteurs biologiques et deuxièmement de facteurs culturels ; mais en dépit de cet enchevêtrement trop humain, *une connaissance absolue, émancipée des limitations humaines, est possible en un certain sens*⁶.

1-1-3-2 – La quête d'une « troisième voie »

L'omniprésence du thème de la « troisième voie » est un symptôme caractéristique du conflit évoqué, d'un temps vécu comme englué dans des dualismes inadéquats et appelant un dépassement qui exigeait de nouvelles perspectives. Le philosophe et économiste autrichien Othmar Spann prétendit par exemple offrir une « troisième voie » entre capitalisme et marxisme⁷. Le biologiste Oskar Hertwig prôna de manière analogue en 1918 une « troisième voie » entre « mécanicisme » et

¹ Oexle O.G. (2002), pp. 7-11.

² Voir notamment Hartmann N. (1924, 1945), pp. 37-47, où la réaffirmation de la nécessité d'une ontologie fut explicitement opposée à la tradition kantienne (dont Hartmann était issu) ; les premiers mots de son introduction sont assez clairs en eux-mêmes (p. 37) : « Les recherches qui suivent partent de l'idée que connaître, ce n'est pas créer, produire, faire naître un objet, comme veut nous le faire croire l'idéalisme ancien et moderne, mais appréhender quelque chose qui existe avant toute connaissance et indépendamment d'elle ».

³ Voir Geuter U. (1994), p. 203.

⁴ Dingler H. (1926, 1931), pp. 142-144 et pp. 399-400.

⁵ Wenzl A. (1949), p. 375. Rappelons que la première racine de la « crise de confiance » était selon lui le ressentiment contre la technique.

⁶ Bertalanffy L. von (1955b), p. 247. Les italiques me sont propres.

⁷ Voir Ash M. (1995), p. 287.

« vitalisme » dans sa discipline¹ que la biologie « organismique » de Bertalanffy, comme il apparaîtra au 2-3, eut justement vocation à incarner quelques années plus tard. Les oppositions entre physique ondulatoire et physique corpusculaire, « sciences de la culture » et « science de la nature », idéalisme et empirisme, approches « atomistiques » et « holistiques », furent omniprésentes dans les débats contemporains, et nous ne cesserons dans tout ce qui suit d'observer combien elles contribuèrent à structurer la pensée de Bertalanffy. Simmel formula aussi clairement que possible cette situation, dans son analyse de la « crise de la culture » moderne :

[Traditionnellement], les concepts fondamentaux apparaissent par paires [...] Telles sont les oppositions entre la finitude et l'infinité du monde, le mécanisme et la téléologie de l'organisme, la liberté et la détermination de la volonté, le phénomène et la chose en soi, l'absolu et le relatif, la vérité et l'erreur, l'unité et la pluralité [...] Il me semble que la plupart de ces alternatives ne donnent plus lieu à la décision inconditionnée qui fait nécessairement rentrer chaque contenu conceptuel sous l'une ou sous l'autre [...] *Nulle part plus fortement que dans le refus des alternatives conceptuelles qui valaient jusque-là sur le plan logique et dans l'exigence d'une troisième possibilité encore informulable ne devient clair le fait que nos moyens de venir à bout des contenus de notre vie grâce à l'expression intellectuelle ne réussissent plus, et que ce que nous voulons exprimer n'aboutit plus en eux, mais qu'au contraire cette exigence jaillit et cherche de nouvelles formes* qui, pour l'instant, n'annoncent leur présence secrète qu'à titre de pressentiment, ou d'affectivité dénuée d'interprétation, ou à titre de désir ou de tâtonnement insoumis².

1-1-3-3 – *Du chaos au cosmos*

C'est dans les premiers écrits de Bertalanffy, surtout dans ceux consacrés à l'histoire et à la philosophie de l'art³, que s'observe le plus clairement la conséquence profonde sur la genèse de sa problématique de tous les éléments examinés dans ce premier chapitre. Tous ces premiers écrits manifestent une quête de points d'appui, de fondements et d'orientation solides, dans un présent ressenti comme disloqué dont l'horizon de sens se serait évanoui.

Ainsi s'opposait-il vigoureusement à l'expressionnisme, « une gothique fausse » et « pathologique », expression parfaite de la « barbarie moderne ». Préfigurant le thème de « l'art dégénéré » cher aux nazis, il estimait que tandis que le gothique avait en son temps conservé des limites à ne pas franchir dans l'éloignement de la nature, l'expressionnisme – qui prétendait s'en inspirer – avait aboli de telles limites et « sombré » dans un « simple jeu de formes sans valeur ni contenu », où l'objectivité comme le sentiment avaient été éliminés. Pour Bertalanffy, la vocation de l'art était de créer un ordre, d'introduire la « forme » dans le chaos, ou de la préserver lorsqu'elle existait déjà. Il voyait l'art et la nature comme les parfaits symboles, complémentaires, de l'ordre. Le Romantisme, et plus particulièrement Hölderlin à cette époque, lui fournissaient son inspiration à cet égard. Une inspiration qui se retrouve ailleurs, notamment dans le Cercle du poète Stefan George (dont il connaissait bien les activités)⁴, et qui consistait à faire de l'art un substitut de la religion, l'œuvre d'art étant en fin de compte assimilée à un temple. D'où aussi l'attachement de Bertalanffy au classique : l'art « véritable » se réduisait pour lui aux styles qui s'en inspiraient réellement, avec la conscience des formes, l'exigence d'une métrique stricte et la foi en la rationalité du monde que cela impliquait ; l'expressionnisme incarnant au contraire la perte de cette foi, l'abandon de l'exigence classique de proximité avec la nature et, en définitive, le chaos. L'important ici est que cet attachement au *classique* (qui refusait l'abandon au classicisme⁵) exprimait un attachement plus général à une *cosmologie*, à un ordre rationnel du monde :

Un art cosmique, classique, est une nécessité⁶.

¹ Hertwig O. (1918), p. 23.

² Simmel G. (1918), pp. 418-419. Les italiques me sont propres.

³ Principalement Bertalanffy L. von (1924b), (1926c) et (1927b), mais aussi (1923), (1926a), (1926e) et (1928d).

⁴ Bertalanffy L. von (1927b), pp. 347-348.

⁵ C'est un point que n'a pas vu Hofer, laquelle est allée jusqu'à commettre l'erreur d'écrire que Bertalanffy ne distinguait pas entre « classique » et « classicisme » (Hofer V. (1996), p. 58), alors que cette distinction fut centrale dans Bertalanffy L. von (1927b) (que Hofer n'a pas pris en compte dans ses analyses) : elle y constitua la base d'une critique radicale du classicisme contemporain, évoquée plus haut.

⁶ Bertalanffy L. von (1924b), p. 343.

Dans cette exigence où la quasi-synonymie des termes était posée, ce n'est pas un retour au classique qu'il faut voir (Bertalanffy récusant « l'utopie classique »), mais un retour à son esprit et une quête cosmologique qui pourrait résumer toute la vocation du philosophe :

Nous étions désespérés du monde et nous étions raccrochés à des puissances irrationnelles supérieures ; nous devons désormais nous y retrouver dans le monde, apprendre de nouveau à croire en sa rationalité. *C'est en nous-mêmes que le monde est devenu un chaos ; c'est en nous que nous devons de nouveau le reconstruire comme un cosmos*¹.

Cette citation manifeste le lien entre cette quête cosmologique et deux aspects essentiels de la pensée de Bertalanffy. Le premier est qu'il inscrivait la quête en question dans une perspective idéaliste (le « *cosmos* » était à reconstruire « *en nous* », il devait donc être une construction et non une donnée extérieure qu'il s'agirait révéler). Le second, qui introduit en grande partie aux considérations des prochains chapitres, tient à son allusion à un puissant et bien réel vent d'irrationalisme, auquel il n'avait pour autant en rien l'intention de succomber. Un autre point essentiel est que Bertalanffy voyait dans la « crise » alors tant commentée non seulement le symptôme d'un déclin, mais aussi un « chaos fertile dont sortira[it] un nouveau *cosmos* »². Que ce souci de constitution d'une cosmologie ait été une constante de la vie intellectuelle de Bertalanffy, on s'en convaincra en l'observant près d'un demi-siècle plus tard réactualiser, comme en écho à Alexandre Koyré³, les plaintes du poète John Donne contre la destruction du cosmos aristotélicien :

« Toute cohérence est partie » – ceci s'applique à notre monde plus encore qu'à celui de John Donne [...] Nous n'avons semble-t-il pas de lieu sûr dans le schème des choses⁴.

La convergence de Bertalanffy avec le structuralisme, qui sera surtout discutée dans les deux premiers chapitres de ma seconde partie, s'explique justement aussi par cette quête commune de cohérence et de sécurité dans le « schème des choses ».

Comprendre les modalités de construction de la cosmologie (« systémique ») de Bertalanffy impose maintenant de prendre en compte deux autres traits essentiels du contexte intellectuel de la genèse de ses conceptions, étroitement liés aux aspects relevés dans les considérations de ce premier chapitre car incarnant pour beaucoup les paradigmes centraux d'une réorientation de la vision du monde jugée adéquate pour dépasser l'état de « crise » généralisée : l'ubiquité des concepts de « vie » et de « totalité ». Il m'a toutefois semblé indispensable, avant d'exposer les aspects de cette ubiquité et leur impact sur Bertalanffy, de tenter au préalable une clarification d'un certain nombre de néologismes que nous retrouverons largement utilisés dans tout ce qui suivra, tels que ceux de « holisme », d'« émergentisme », de « réductionnisme » et de « mécanicisme ». Ces termes sont en effet hautement équivoques, une équivocité qui constitue la base de leur usage en général polémique, ainsi que celle des associations d'idées parfois fécondes mais aussi fréquemment dangereuses dont les concepts qu'ils mettent en jeu sont les pivots.

¹ *op. cit.*, p. 342. Les italiques me sont propres.

² Bertalanffy L. von (1928a), p. 2.

³ Koyré A. (1968), pp. 42-43 analysa la « tragédie » de la science moderne comme son impuissance à faire de l'homme, du « monde de la vie », son objet ; elle aurait « coupé le monde en deux », par son abstraction des « qualités » et par son approche exclusivement atomistique.

⁴ Bertalanffy L. von (1968c), p. 13.

1-2 – Sur quelques néologismes centraux : essai de clarification

Les clarifications tentées ici laissent provisoirement de côté le concept de « système », pour la raison évidente que la, ou plutôt les multiples définitions de ce concept occuperont largement les seconde et troisième parties de ce travail. Compte tenu du fait que nous le rencontrerons auparavant maintes fois sous la plume des auteurs considérés, une définition très ancienne pourra provisoirement suffire. Cette définition fut considérée en 1966 encore comme « la meilleure » par le sociologue Pitrim A. Sorokin, qui la reprit à son compte. Elle reste effectivement adéquate au moins en première approximation, en dépit de la quasi-impossibilité d'y distinguer les concepts de système et de structure, dont la proximité et la distinction seront discutées par la suite. C'est la définition qui fut fournie au XIII^e siècle par Thomas d'Aquin, à savoir qu'un « système » serait une entité caractérisée par une « triple dépendance mutuelle » : une dépendance de chacune de ses parties « importantes » à toutes les autres parties « importantes » ; une dépendance de chacune de ses parties « importantes » à l'ensemble du système ; et une dépendance de l'ensemble du système à chacune de ses parties « importantes »¹. Bien sûr, une telle définition pose à son tour le problème de celle des termes utilisés pour la construire (partie, dépendance, etc.) et elle laisse entièrement de côté la théorie de la connaissance, notamment les questions relatives à l'opposition entre réalisme et constructivisme. Tel sera pour l'essentiel aussi le cas des considérations qui suivent : ces aspects seront eux aussi largement évoqués plus tard, dans le second chapitre de ma seconde partie en particulier. Il s'agit seulement ici de préciser les significations possibles de certains termes employés par la suite, entre autres afin de mieux pouvoir par la suite cerner l'originalité des travaux de Bertalanffy ; une originalité souvent mal perçue, justement à cause d'un trop grand flou conceptuel.

1-2-1 – « Mérisme » et « holisme »

Une première opposition à examiner, centrale dans la littérature du XX^e siècle consacrée à la discussion du concept de système et des problèmes systémiques, est celle entre « agrégat » (ou « somme ») et « totalité », dont dérive celle entre deux perspectives épistémologiques et, éventuellement, métaphysiques : le « mérisme » et le « holisme ». C'est le philologue et « morphologiste de la culture » autrichien Othmar F. Anderle (dont Bertalanffy connaissait très bien les travaux) qui semble avoir forgé le terme « méristique » en référence au terme grec *μερος* [« partie »]. Ce terme s'oppose à *όλος* [« tout »], dont est issu le terme « holisme », introduit en 1926 par le biologiste et politicien sud-africain Jan C. Smuts². Dans la littérature des promoteurs de la seconde approche, les termes « atomistique », « analytique » ou « sommatif » apparaissent usuellement comme des synonymes du terme « méristique », lequel semble toutefois préférable afin d'éviter les ambiguïtés des premiers et les confusions qu'ils peuvent induire³. Un niveau basique de compréhension de l'opposition en question, qui est aussi le plus répandu, est que dans l'approche « méristique », la connaissance d'une « totalité » procède de celle de ses « parties », tandis que c'est le contraire dans l'approche « holistique ». Mais étudier où s'enracine cette opposition permet d'en approfondir les significations et de réviser cette compréhension trop rudimentaire.

¹ Sorokin P.A. (1966), p. 135. La définition de Thomas d'Aquin figure dans le livre 1, section i du *Decem libros ethicorum* et dans la *Summa theologiae*, Secunda secundae, q. 11, q. 47 et q. 58.

² Anderle O.F. (1961), p. 149 et Smuts J.C. (1926), en particulier p. 86.

³ « Atomistique » est le moins gênant des trois, mais il évoque trop la physique et tend par là même à favoriser des associations inadéquates, particulièrement en biologie dans le débat entre vitalisme et mécanisme (confusion du second et du physicalisme sur laquelle je reviens plus loin). « Analytique » est sans doute le plus gênant : étymologiquement, le terme peut se justifier, puisqu'il réfère au processus de « décomposition » d'une entité en éléments ; mais comme il peut aussi référer au processus de « résolution » d'un problème tel que celui de l'« analyse » mathématique, il y a le risque d'associer l'opposition au « mérisme » à un refus de l'analyse en ce sens, ce qui, comme nous le montreront justement les théoriciens des systèmes, est profondément erroné. Même si la critique associée en est au moins partiellement justifiée, l'idée de Russell Ackoff (1974) selon laquelle « l'analyse des systèmes » est un oxymoron est un autre exemple de problème engendré par le terme « analyse ». Quant à « sommatif », qui réfère à ce qu'on nomme aussi une pensée « linéaire », il pose le problème épineux de l'indétermination du terme « somme », dont les significations n'ont rien à voir selon les contextes ; pour la critique de l'usage de ce dernier terme, voir surtout Schlick M. (1935a) et Nagel E. (1961), pp. 383-397.

1-2-1-1 – La logique « méristique »

Si Démocrite et Empédocle, l'un par son atomisme et l'autre par sa doctrine des éléments, peuvent être vus comme ses antiques instigateurs, et si l'on peut encore voir dans l'individualisme des nominalistes médiévaux sa préfiguration, c'est de Francis Bacon et René Descartes que l'on peut dater l'avènement moderne de ce que j'appellerai la logique méristique. Bacon pour sa proclamation selon laquelle la procédure scientifique consiste à « disséquer la nature » en éléments récurrents, à isoler des occurrences simples dans la complexité des faits. Et Descartes pour son second précepte de la « méthode » : « diviser chacune des difficultés » examinées « en autant de parcelles qu'il se pourrait et qu'il serait requis pour mieux les résoudre »¹. Le premier parlait de la nature et le second, de problèmes. Certes importante, cette différence de principe n'interdit pas d'interpréter leurs perspectives comme deux expressions d'une même logique. D'autant plus – nous le verrons notamment avec l'histoire de la biologie – que la transition de l'une à l'autre est aisée et qu'elles furent effectivement bien souvent enchevêtrées en pratique.

La logique méristique, sous la forme extrême d'un type idéal que peut-être aucun scientifique n'a en réalité pleinement embrassé, est fondée sur deux thèses : (1) les relations entre parties d'une entité sont toutes « externes », au sens où elles n'affectent pas les propriétés de chacune de ces parties telles qu'on peut les observer à l'état isolé, i.e. dans un contexte indépendant des autres parties ; les propriétés des parties sont donc toutes vues comme « intrinsèques » (ou « sommatives »). (2) Toutes les propriétés manifestées par cette entité sont « sommatives », un terme largement mis à la mode dans le monde germanique de l'entre-deux guerres, notamment sous l'influence des psychologues de la *Gestalt*² : la connaissance des propriétés des parties telles qu'elles se manifestent à l'état isolé, ainsi que celle des relations entre ces parties *telles qu'inférées sur la base de cette connaissance* (là est le point essentiel), sont nécessaires et *suffisantes* pour déduire, par composition, les propriétés de l'entité ; laquelle est donc en ce sens concevable comme « la somme de ses parties » et comme « réductible » à elles – puisque le rôle constitutif éventuel de la *structure*, définie ici comme l'ensemble de leurs relations, leur est logiquement subordonné. Une thèse qui fonde en particulier la validité du postulat d'isolement de séries causales indépendantes en tant que méthode scientifique adéquate, où tout effet est pensé comme la simple résultante de la combinaison de telles séries et comme ne pouvant contenir plus que ce qui est déjà présent dans cette combinaison, pour autant que l'ensemble des causes conspirant pour le produire ait été exhaustivement déterminé (un mode de pensée souvent qualifié de « linéaire »). Isaac Newton apparaît à cet égard comme une autre figure tutélaire du mérisme envisagé du point de vue de la mécanique, par exemple lorsqu'il écrivit en 1687 dans ses célèbres *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* :

Le mouvement d'un tout est identique à la somme des mouvements des parties, c'est-à-dire que le changement de position d'un tout est identique à la somme des changements de position de ses parties³.

Un point important, sur lequel je reviendrai, est que la logique méristique s'exprima et persiste à s'exprimer presque invariablement sur la base d'une métaphysique matérialiste, plus précisément sous la forme d'un substantialisme atomiste.

La tendance à embrasser une logique méristique, quand bien même elle ne serait jamais allée jusqu'à négliger toute considération structurale, a toujours ouvert la porte aux attaques polémiques lui reprochant de négliger les relations et la synthèse au profit de l'analyse, et de subordonner *a priori* l'étude des relations à celle des parties. Gottfried W. Leibniz opposait par exemple déjà à ses promoteurs cartésiens que diviser est un « art » et que cela peut poser plus de problèmes qu'en résoudre, précisément du fait des relations⁴. Le problème est effectivement qu'en dépit de sa fécondité heuristique, la logique méristique se révèle vite inadéquate. La thèse (1) est ainsi incompatible avec la prise en compte du rôle indéniable de la culture et de la société dans l'étude de la psychologie et du comportement de l'individu. Quant à la thèse (2), elle est mise à mal par des phénomènes tel que

¹ Descartes R. (1637, 1953), p. 138 ; sur Bacon, voir Weyl H. (1927, 1963), p. 145.

² Dans le concept d'*Und-Verbindung*, développé par Wolfgang Köhler (voir Köhler W. (1924), pp. 42-43).

³ Newton I. (1687, 1999), p. 409. Voir aussi p. 404 (définition 2 et *scholium*).

⁴ Leibniz G.W., in Duchesneau F. (1993), p. 60 : « Quoiqu'ils aient dit qu'il faille diviser la difficulté en plusieurs parties, [les Cartésiens] n'ont pas donné l'art de le faire, et ils n'ont pas remarqué qu'il y a des distributions qui brouillent plus qu'elles n'éclairent ».

l'isomérisie, où des molécules de compositions atomiques identiques mais différant par la seule configuration des atomes (la structure spatiale) manifestent des propriétés différentes¹.

1-2-1-2 – La logique « holistique »

La logique holistique (ou logique de la totalité) se fonde sur la négation des deux thèses méristiques, donc sur les thèses suivantes : (1) il existe des relations « internes » entre parties d'une entité, au sens où au moins certaines relations affectent les propriétés des parties par rapport à celles qu'elles manifestent à l'état isolé ; il existe en conséquence des parties ayant des propriétés « relationnelles » (ou « constitutives »), c'est-à-dire fonction des relations entretenues par ces parties avec certaines autres. (2) Au moins certaines des propriétés manifestées par l'entité sont « constitutives », c'est-à-dire non dérivables des propriétés intrinsèques de ses parties et des relations inférées sur leur base, car elles dépendent des relations spécifiques entre parties, de leurs propriétés relationnelles, et peuvent être affectées par le seul changement de la structure : elles sont « émergentes » par rapport aux propriétés intrinsèques des parties. La totalité apparaît comme « plus que la somme de ses parties » (selon la fameuse maxime aristotélicienne), au sens où la prise en compte d'un caractère véritablement constitutif de la structure, « autonome » en ce qu'il est indépendant des propriétés intrinsèques des parties, est, en plus de ces dernières, nécessaire pour appréhender l'entité. Le caractère de totalité de l'entité, par opposition à l'agrégat de la logique méristique, tient alors à ce que les parties ne peuvent *a priori* pas être pensées séparément les unes des autres, donc séparément de la structure. Toute logique holistique pose de surcroît une thèse complémentaire, dérivée des précédentes : (3) il est légitime d'introduire dans tous les domaines des concepts référant aux propriétés des totalités en tant que telles, donc d'accorder en ce sens un statut ontologique à la totalité, que dénie la logique méristique.

Ces trois thèses peuvent être combinées dans différents contextes, impliquant différentes formes de holisme dont quatre majeures, souvent associées, peuvent être distinguées : le holisme « organismique », qui appréhende ses objets comme des unités fonctionnelles en se focalisant sur la préservation de la totalité ; le holisme « écologique », pour lequel le comportement d'une entité est une fonction de son environnement ; le holisme « historique », où le comportement d'une entité est posé comme une fonction de son histoire ; et le holisme « épistémologique », selon lequel les propositions d'une théorie, les théories au sein d'une science et en définitive l'ensemble des sciences, forment des totalités².

Les trois thèses précédentes définissent en fait seulement le noyau commun à tous les holismes. Je l'appellerai le « holisme nucléaire ». Sous cette forme, une tolérance entre tendances méristiques et holistiques reste possible. Nous verrons d'ailleurs que les théoriciens des systèmes ont en général vu ces tendances comme complémentaires et toutes deux nécessaires. En premier lieu, adopter la thèse holiste (1) n'interdit en effet pas l'analyse et ne conduit pas nécessairement à lui dénier toute pertinence ; elle ne fait que poser des limites au type d'informations qu'elle peut fournir : l'existence de propriétés relationnelles n'exclut pas *a priori* celle de propriétés intrinsèques, dont la connaissance est nécessaire. En termes wittgensteiniens, toutes les caractéristiques d'une partie ne sont pas nécessairement des « caractéristiques de définition » (c'est-à-dire déterminées par certaines relations avec d'autres parties) : certaines peuvent être de simples « caractéristiques d'accompagnement » (c'est-à-dire indépendantes de la structure)³. De même, la thèse (2) se présente « seulement » comme plus générale que son homologue méristique, les deux ayant donc encore un terrain commun et ne divergeant qu'à cause de la doctrine des « relations internes ». Quant à la thèse (3), elle reste tolérable par les tenants d'une logique méristique, avec l'idée que les concepts holistiques peuvent provisoirement être acceptés dans un but heuristique.

Les problèmes et controverses sans fin ne semblent en fait devoir surgir que lorsque les deux premières thèses holistes sont renforcées au point d'obtenir ce que j'appellerai un « holisme intégral », totalement incompatible avec la logique méristique. On trouve la première systématisation de ce

¹ Ce point soulevé par Walter Nernst fut mentionné par Bertalanffy (1945, p. 5), peut-être à la suite de Hertwig O. (1918), p. 41 et p. 47.

² Sur les différents types de holisme, voir Young A. (1998), pp. 238-239 et Rosenberg C.E. (1998), pp. 337-343.

³ Voir Phillips D.C. (1976), pp. 7-11 et p. 19. Phillips a fourni l'une des analyses les plus intéressantes de la logique holistique, le problème étant seulement qu'il ne distingue pas comme je le fais ici un schéma holistique « modéré » des schémas extrêmes exposés plus loin.

holisme dans le second volume de la *Science de la logique* de Hegel¹, et il manifesta une résurgence marquée dans le néo-hégélianisme de certains philosophes de la fin du XIX^e siècle et du début du XX^e siècle, non seulement dans le monde germanophone, mais tout autant dans le monde anglo-saxon (notamment chez John Dewey, dont je montrerai aux 2-1 et 2-2 les liens avec Bertalanffy). Dans ce holisme intégral, la thèse (1) est reformulée en trois temps : (1') *toutes* les relations sont internes et *toutes* les parties ont des propriétés relationnelles ; une partie d'une totalité ne peut donc pas être identique selon qu'on la considère ou non dans le contexte de la totalité. (1'') Chaque partie, en tant qu'elle est partie d'un tout, est incompréhensible si on la considère isolée du tout. (1''') Le tout détermine ses parties, au sens où chaque propriété d'une partie est fonction de toutes les autres parties et de la structure. Quant à la thèse (2), elle s'y reformule comme suit : (2') *Toutes* les propriétés d'une totalité sont « constitutives ». Les thèses (1') et (1'') apparaissent infondées avec l'argument que certaines, voire toutes les caractéristiques d'une partie peuvent être « d'accompagnement » ; la thèse (1''') est attaquant au motif qu'elle fait en définitive de la totalité la cause d'elle-même, ce qui peut sembler absurde, en tous cas tant que le concept de causalité circulaire n'est pas élucidé ; et l'ensemble des thèses est critiquable au motif qu'il tend à rendre toute connaissance impossible : la connaissance de chaque partie y présuppose celle de la totalité, alors qu'il reste clair – même pour les holistes – que la connaissance de la totalité nécessite celle des parties et de leurs relations, d'où un cercle vicieux que ne se privèrent pas de pointer des philosophes comme George E. Moore et Bertrand Russell².

Cette distinction entre formes de holisme, ainsi que les controverses qui les opposent au méristisme, ont leurs prolongements dans une dichotomie elle aussi classique qu'il me faut maintenant évoquer : celle entre « réductionnismes » et « émergentismes ».

1-2-2 – « Réductionnismes » et « émergentismes »

Réductionnismes et émergentismes sont communément des dérivés respectifs des logiques méristiques et holistiques. Il importe toutefois de voir qu'il n'y a là aucune nécessité, raison d'ailleurs pour laquelle nombre de controverses impliquant ces termes restent stériles.

1-2-2-1 – *Les diverses formes de « réductionnisme »*

Distinguons d'abord par ordre croissant de force plusieurs variantes de réductionnisme *a priori* indépendantes de cette dichotomie, qui peuvent être combinées : (1) le « réductionnisme linguistique » : les termes utilisés dans une science sont en principe formulables dans les termes d'une autre, jugée plus fondamentale³ ; (2) le « réductionnisme nomique » : les lois mises en œuvre dans une science sont en principe dérivables des lois formulées dans une autre, jugée plus fondamentale ; (3) le « réductionnisme disciplinaire » : tous les concepts, principes et lois d'une science déterminée peuvent en principe être formulés à l'aide des concepts, principes et lois d'une autre science jugée plus fondamentale ; (4) il existe ultimement une science plus fondamentale que toutes les autres.

Le cas le plus fréquent de réductionnisme est celui que j'appellerai le *réductionnisme méristique*, fondé sur la thèse nucléaire suivante : toute connaissance des caractéristiques d'une entité est en principe dérivable de celles de ses parties par une approche méristique, et quand bien même elle ne le serait pas pleinement en pratique, la science consiste à s'efforcer de parvenir à une telle dérivation. À cette thèse se surajouteront alors, en y étant subordonnées et reformulées comme suit, l'une ou plusieurs des thèses (1) à (4) précédentes : (1') les termes en lesquels on décrit une entité sont dans l'idéal formulables dans les mêmes termes que ceux permettant de décrire les caractéristiques de ses parties ; (2') les lois décrivant les propriétés d'une entité sont en principe dérivables de celles décrivant les propriétés de ses parties – par exemple l'idée que les propriétés d'une molécule sont dérivables de celles de ses atomes composants à l'état isolé ; (3') toute science ayant pour objet le comportement d'une entité en tant que telle est en principe assujettie aux sciences traitant des principes et des lois auxquels les parties de l'entité en question sont soumises – le « biologicisme » visant à expliquer les phénomènes sociologiques et culturels en termes biologiques en est un exemple ;

¹ Hegel G.W.F. (1813, 1999), principalement pp. 140-147 et pp. 190-212.

² Sur ces critiques, voir Phillips D.C. (1969), p. 6 ; (1972), pp. 473-474 et (1976), pp. 11-16.

³ Ainsi le « physicalisme » au sens de Otto Neurath et Rudolf Carnap, sur lequel je reviendrai au 2-2. Voir notamment Carnap R. (1931) et Neurath O. (1932).

(4') la physique, voire la seule physique des « particules élémentaires », est une science plus fondamentale que toutes les autres¹ : je qualifierai « physicalisme » une telle position².

Mais il faut remarquer qu'on peut aussi en principe avoir affaire à des *réductionnismes holistiques*, dont on peut distinguer deux variantes. La première, dont la théorie de la *Gestalt* de Wolfgang Köhler³ a souvent été accusée⁴, se résume à la combinaison d'un holisme et de la thèse réductionniste (4) sous sa déclinaison physicaliste : elle repose sur l'idée que la physique elle-même contient déjà, ou peut en principe contenir, tous les principes et lois nécessaires au développement d'une science holistique. Un exemple de la (rarissime) seconde variante de réductionnisme holistique n'est guère fourni que par John S. Haldane, Jan C. Smuts et surtout Adolf Meyer-Abich. Elle se manifeste dans leur idée commune que les lois de la physique seraient des cas particuliers de lois biologiques, simplifiés à la limite⁵ : c'est ici la science du « tout » qui deviendrait plus fondamentale que celle des « parties ».

1-2-2-2 – *Les diverses formes d'« émergentisme »*

Des ambiguïtés surgissent aussi pour définir l'émergentisme. Tout ce que j'ai pu voir être qualifié d'émergentisme me semble toutefois se fonder sur la négation de la thèse réductionniste méristique que j'ai qualifiée de « nucléaire », et donc sur la thèse suivante : (1) les caractéristiques d'une entité sont en général non dérivables de celles de ses parties par une approche méristique, dans la mesure où elles incluent des propriétés constitutives, « nouvelles » par rapport aux seules propriétés intrinsèques de ses parties et qui seront justement pour cette raison dites « émergentes ». Mais à partir de cette thèse, l'émergentisme peut se décliner en deux variantes.

La première, que j'appellerai « émergentisme épistémologique », pose les thèses complémentaires suivantes : (2) les caractéristiques d'une entité, y compris constitutives, sont toujours dérivables en principe de celles de ses parties et de leurs relations (externes *et* internes) ; (3) dans le cas général, le manque de connaissance exhaustive des relations internes et des propriétés relationnelles des parties impose d'admettre au moins provisoirement des traits émergents, non réductibles, ainsi que des niveaux de réalité correspondants, dans une perspective heuristique et en vue d'obtenir une connaissance significative de nature holistique ; (4) chaque science référant à un niveau de réalité distingué doit au moins provisoirement développer ses propres termes, concepts et lois, ne serait-ce qu'afin de fournir les connaissances de type holistique nécessaires à l'actualisation de (2).

Une autre variante, que j'appellerai « émergentisme métaphysique », pose des thèses plus radicales : (2') à supposer que l'on connaisse toutes les propriétés des parties d'une entité et toutes leurs relations, on ne pourrait toutefois pas encore en dériver toutes les propriétés de cette entité, dont les traits holistiques forment une nouveauté radicale et définitivement irréductible ; (3') les traits émergents doivent être acceptés sans explication et former le point de départ de nouvelles recherches dans une perspective holistique admettant une stratification du réel en niveaux ontologiquement distincts ; (4') chaque science référant à un niveau de réalité doit avoir ses propres vocabulaire, principes et lois, sans souci des sciences référant à des niveaux de réalité auxquels appartiendraient les parties constitutives des entités qu'elle considère, dans la mesure tout au moins où aucune contradiction n'est ainsi engendrée.

Avant de passer à l'étude non moins importante des significations possibles du terme « mécanisme », il est utile, pour fixer les idées sur Bertalanffy et écarter d'emblée certaines interprétations erronées de ses conceptions, de souligner qu'il ne soutint ni un holisme intégral, ni un émergentisme métaphysique. Sa position, j'y reviendrai bien sûr plus en détails, fut toujours en fait celle d'un holisme nucléaire et d'un émergentisme épistémologique. Une illustration partielle mais en même temps peut-être la plus explicite dans ses écrits, en est le passage suivant, écrit en 1945 dans son article fondateur de la « systémologie générale » :

¹ Pour une illustration récente et claire de ce point de vue, voir « l'éloge du réductionnisme » de Weinberg S. (1997), pp. 57-68.

² Mon usage du terme n'étant donc pas identique à celui qu'en firent Carnap et Neurath (exposé dans l'annexe 2-1-3-11), lequel prête selon moi à confusion compte tenu de la multiplicité des sens possibles du « réductionnisme ».

³ Köhler W. (1924), (1927) et (1929). Je reviendrai amplement sur cette théorie aux 1-4-4 et 1-4-5.

⁴ Voir en premier lieu les critiques de Driesch H. : (1926a) et (1926b).

⁵ Haldane J.S. (1884) et Needham J. (1928a), p. 31 ; Smuts J.C. (1926) ; Meyer-Abich A. (1934).

Les complexes d'« éléments » peuvent se différencier de trois manières distinctes : (1) par le nombre [d'éléments] ; (2) par l'espèce [des éléments] ; (3) par les relations entre éléments [...] Dans les cas (1) et (2), le complexe peut être vu comme la somme des éléments considérés de manière isolée. Dans le cas (3), nous devons non seulement connaître les éléments, mais aussi leurs relations mutuelles. Nous appelons sommatives les caractéristiques relatives à la première situation, et constitutives celles relative à la seconde. On peut aussi dire que les caractéristiques sommatives d'un élément sont celles qui ne dépendent pas de son appartenance au complexe ; les propriétés et modes de comportement de ce dernier sont donc conservés par la sommation des caractéristiques et modes de comportement des éléments connus à l'état isolé. Les caractéristiques constitutives sont par contre telles qu'elles dépendent des relations spécifiques à l'intérieur du complexe ; pour connaître de telles caractéristiques, il faut donc connaître non seulement les parties, mais aussi les relations [...] Le sens de l'expression un peu mystique selon laquelle « le tout serait plus que la somme de ses parties » est simplement que *les caractéristiques constitutives ne sont pas explicables à partir des caractéristiques des parties connues et étudiées seulement à l'état isolé*. Les caractéristiques du complexe apparaissent donc comme « nouvelles », ou « émergentes », par rapport à celles des éléments. Mais *si l'on connaît l'ensemble des parties réunies dans le système et l'ensemble de leurs relations mutuelles, alors le comportement du système est déductible de celui des parties* ; on peut aussi dire : tandis qu'une somme peut se concevoir comme s'étant formée progressivement, le système en tant qu'ensemble des parties et de leurs relations mutuelles doit être pensé comme posé d'un seul coup¹.

Une métaphore échiquienne illustre simplement la conception qu'avait Bertalanffy de la totalité. Au jeu d'échecs, la dame combine en elle la tour et le fou. Elle peut se déplacer comme l'une *ou* l'autre de ces deux pièces, et contrôle donc toutes les cases correspondant au contrôle permis par chacune d'entre elles : en apparence, sa puissance est donc celle de la somme des puissances de la tour et du fou. Néanmoins, la potentialité de choix dans son déplacement signifie que s'instaure en elle une relation entre tour et fou, leur unité, qui s'exprime par des possibilités combinatoires « émergentes » et implique que la puissance de la dame est en fait supérieure à cette somme : le fait est que son équivalent « matériel » est en général (selon la configuration de l'ensemble des pièces de l'échiquier) une tour, un fou *et un ou deux pions* – autrement dit, le « matériel » étant égal par ailleurs, une dame blanche dominera en général une paire de pièces noires formée d'une tour et d'un fou, l'équilibre nécessitant en général un ou deux pions noirs supplémentaires. Ainsi la « totalité » (la dame) est-elle plus que la « somme » de ses « parties » (la tour et le fou) ; mais elle n'est pour autant rien de plus que la « somme » de ses « parties » et de leur relation².

1-2-3 – « Mécanicisms »

Les termes « mécanisme », « mécaniste », « mécanisme », « mécaniste » ou « mécanistique » furent et demeurent, dans toute la littérature holistique et émergentiste, utilisés très largement, avec plus que tout autre terme des sens divergents et dans un esprit polémique dont l'arrière-plan idéologique plus ou moins explicite sera considéré plus tard, principalement au cinquième chapitre de cette partie. Cette diversité de significations n'interdit toutefois pas de tenter une classification. Bertalanffy et son collègue et ami Woodger font d'ailleurs figure de pionniers, eux qui tentèrent, en 1932 et 1929 respectivement, une taxonomie des types de mécanicisms en biologie³ dont je m'inspire en partie ici et dont il sera plus longuement question au 2-3-2.

1-2-3-1 – *Les utilisations restreintes du terme « mécanisme » et leur inadéquation*

Commençons par les utilisations restreintes du terme, notamment en philosophie biologique, qui semblent inappropriées car susceptibles d'induire des confusions. La première réfère à la limitation

¹ Bertalanffy L. von (1945), pp. 5-6. Les italiques me sont propres.

² Le biologiste et philosophe Reiner Schubert-Soldern ((1951), p. 24) a utilisé cette métaphore échiquienne pour expliquer le holisme et l'émergentisme de Bertalanffy, mais dans une intention critique mal informée et à mauvais escient, non seulement du point de vue de la pensée de Bertalanffy, mais aussi de celui du jeu d'échecs : il a certes remarqué que la dame a plus de valeur qu'une tour et un fou réunis, mais n'en a semble-t-il pas compris la raison, écrivant que « la dame ne peut faire plus que ce que la tour et le fou peuvent faire en eux-mêmes » ; c'est faux, parce que la possibilité de choix dans chaque déplacement de la dame implique une puissance supplémentaire au déplacement effectivement permis et choisi, dont la manifestation apparaît dans les possibilités de combinaisons ultérieures au coup joué.

³ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 37-98 et Woodger J.H. (1929), pp. 229-260.

de toute explication à des facteurs spatio-temporels, excluant donc toute intentionnalité et tout facteur spirituel : l'accusation de mécanicisme est à cet égard fréquente en psychologie. Mais il est préférable de désigner par le seul terme « *naturalisme* » cette position : si celle-ci est une composante nécessaire de tout mécanicisme, la réciproque est fautive, sans quoi le terme « mécanicisme » serait dénué d'intérêt.

Une autre utilisation de ce dernier terme va souvent de pair avec la précédente : celle qui réfère à l'une des variantes du *réductionnisme*. En biologie en particulier, « mécanicisme » réfère souvent en fait au *physicalisme*, entendu comme la réduction de la biologie aux sciences physico-chimiques¹. C'est la position qui fut vigoureusement affirmée par Helmholtz, Emil Du Bois Reymond, Ernst von Brücke et Karl Ludwig en 1847 :

Aucune autre force que les forces physico-chimiques communes n'est active dans l'organisme. Et dans les cas ne pouvant être expliqués par ces forces, on devra soit trouver le mode ou la forme spécifique de leur action au moyen de la méthode physico-mathématique, soit postuler de nouvelles forces égales en dignité aux forces physico-chimiques inhérentes à la matière, réductibles à la force d'attraction et de répulsion².

Un cas particulier de physicalisme historiquement primordial mais largement abandonné depuis la fin du XIX^e siècle notamment du fait des évolutions de la physique elle-même, est le mécanicisme entendu comme réduction de tous les phénomènes aux lois de la mécanique proprement dite, et ce invariablement avec un arrière-plan matérialiste-atomiste ; ainsi Du-Bois Reymond put-il définir la compréhension de la nature comme le fait d'en « expliquer tous les processus dans les termes de la mécanique des atomes »³. Les confusions liées à l'utilisation du terme « mécanicisme » en lieu et place de « physicalisme » tiennent à ce que le physicalisme est, comme je l'ai pointé plus haut, compatible avec le holisme et l'émergentisme : la théorie des « *Gestalten* physiques » de Köhler, qui sera discutée dans plusieurs sections du 1-4, fournit un exemple de cette compatibilité⁴.

Une troisième utilisation restreinte du terme « mécanicisme » est son identification pure et simple avec le *déterminisme*, selon lequel tout événement est en principe univoquement dérivable d'événements antérieurs sur la base d'un faisceau de relations causales. Mais c'est inadéquat : une explication peut être déterministe et non naturaliste, comme l'illustre le rôle de la « force vitale » introduite par la plupart des vitalistes.

Une quatrième utilisation, enfin, est la référence au seul principe selon lequel les variations du comportement d'une entité ne peuvent trouver leur origine dans cette entité elle-même, et sont donc dérivables de la seule action de son environnement : l'entité et ses parties sont en soi conçues comme fondamentalement inertes ; conception qu'il est plus opportun d'appeler « *réactivisme* » ou « *environnementalisme* »⁵.

1-2-3-2 – Une définition du « mécanicisme » – Sa relation aux « vitalismes » en biologie

Les utilisations du terme « mécanicisme » dans la littérature que j'ai étudiée me semblent en fait permettre de le définir plus judicieusement comme suit : est un mécanicisme toute doctrine épistémologique ou métaphysique ayant trait à un ensemble spécifique de phénomènes ou au monde dans son ensemble, qui exige (1) que toute explication soit naturaliste et s'inscrive dans une logique méristique, et qui (2) se combine avec l'une ou plusieurs des positions suivantes : réductionnisme méristique, déterminisme ou réactivisme. Un exemple majeur de mécanicisme (justifié ne serait-ce qu'étymologiquement) est la pensée prenant pour modèle la *machine* (par exemple l'horloge), comprise comme assemblage d'éléments matériels invariants et inertes dont les relations sont

¹ Meyer-Abich A. (1926), p. 215 : « Le mécanicisme correspond à l'affirmation que nous n'avons pour l'explication des phénomènes organiques pas d'autre possibilité théorique disponible que celle que nous fournissons ou pourrions nous fournir la géométrie, la physique et la chimie » ; Wenzl A. (1937), p. 5 ; Ungerer E. (1966), p. 19 : « Ce que l'on a appelé mécanicisme devrait plutôt être appelé physicalisme ».

² Cité in Harrington A. (1996), p. 7.

³ Du Bois-Reymond E. (1872), in Heidelberger M. (1994), p. 215.

⁴ Köhler W. (1924).

⁵ L'un des premiers à avoir insisté sur cet aspect, dans un article connu de Bertalanffy, est peut-être Othenio Abel : (1928), p. 13.

rigidement fixées, et dont l'évolution est entièrement et univoquement déterminée par un état initial : dans cette approche, non seulement (1) mais les trois moments énoncés dans (2) sont présents.

Qu'en est-il alors de la querelle entre « mécanicistes » et « vitalistes » en biologie ? La définition précédente implique logiquement qu'une biologie non mécaniciste est d'une part non naturaliste *ou* holistique, et qu'elle n'adopte d'autre part aucune des perspectives réductionniste-méristique, déterministe ou réactiviste. Hans Driesch a défini le vitalisme comme « la doctrine de l'autonomie de la vie »¹. Ceci peut principalement s'interpréter de deux manières (des intermédiaires étant possibles, comme nous le verrons tant au 1-3-6 qu'au 1-4-5) : le *vitalisme métaphysique*, en tant que doctrine du vivant émergentiste métaphysique, non naturaliste et en particulier non physicaliste ; ou le *vitalisme épistémologique* (ou méthodologique), en tant que doctrine émergentiste du vivant dans sa variante épistémologique. Le fait, que j'aurai plusieurs occasions d'illustrer, est qu'on n'est dans aucun de ces cas *a priori* certain de vérifier la définition d'une biologie non-mécaniciste. D'abord parce que l'on n'est pas alors automatiquement conduit à avoir une conception indéterministe ou non-réactiviste du vivant ; ensuite parce que, dans le cas du vitalisme métaphysique, on a bien souvent affaire en fait à une simple « transfiguration » de la logique méristique par l'introduction d'un facteur « vital » non naturaliste : c'est le seul moment non-naturaliste qui confère à la doctrine son caractère émergentiste, et elle n'est en quelque sorte holistique que par procuration... D'où, puisque « mécanicisme » et « vitalisme » ne sont pas des contraires exacts, des querelles sans issue.

J'en viens maintenant, sur la base des diverses clarifications esquissées dans ce chapitre, à l'examen de l'ubiquité des concepts de « vie » et de « totalité », dont j'ai déjà annoncé l'importance dans le contexte de la genèse des conceptions de Bertalanffy.

¹ Driesch H. (1909, 1921), p. 128.

1-3 – La « vie », reine du *Zeitgeist*

Le philosophe néo-kantien Heinrich Rickert, dans un livre de référence à ce sujet qui a explicitement influencé Bertalanffy¹, est probablement celui de ses contemporains qui a analysé avec le plus de finesse ce phénomène remarquable que fut l'omniprésence du (ou des) concept(s) de « vie » dans tous les secteurs de la vie intellectuelle en pays germanophones, une omniprésence telle que la « vie » faisait à l'époque figure de « slogan à la mode » :

Les concepts de vie nous entourent comme notre air philosophique, ils sont même déjà devenus pour la jeune génération une atmosphère qui va de soi².

On parlait dans les années 1920 de « philosophies de la vie » [*Lebensphilosophien*], expression forgée par les étudiants et les éditeurs de Dilthey pour décrire son œuvre tardive³. Ces philosophies qui proliféraient avaient selon Rickert pour caractéristique de vouloir « construire toute la vision du monde et de l'existence à l'aide du seul concept de vie », tenu pour « la clef de chaque porte de l'édifice philosophique ». En éthique, « vis ! » était devenu un « impératif catégorique », la morale devant trouver dans la vie elle-même ses idéaux ; l'esthétique réclamait un « art vivant », la philosophie de la religion un « dieu vivant », la logique une « pensée vivante »⁴, etc. En fait, c'est l'un des « philosophes de la vie » majeurs, Simmel, qui semble être le premier à avoir, quelques années auparavant, reconnu que la « vie » était devenue la « reine secrète de l'époque » – dans un essai cité à ce propos par Bertalanffy. Selon Simmel, chaque époque d'une culture tournerait autour d'un concept central dont procèdent tous les mouvements de l'esprit » (idée parente bien que différente du concept de « symbole primaire » de Spengler⁵) ; et il assignait à la « vie » cette fonction dans l'époque moderne, de même que ceux de substance, de Dieu et de nature l'avaient respectivement assumée dans l'Antiquité grecque, le Moyen-âge chrétien et la Renaissance⁶.

Si Dilthey, Simmel, Bergson, Spengler et (sous une forme plus « vulgaire ») Ludwig Klages, en furent les principaux représentants dans le premier tiers du siècle, les « philosophies de la vie » avaient des sources historiques plus anciennes, qui les influencèrent considérablement. Elles s'enracinaient dans la *Naturphilosophie* romantique et l'idéalisme post-kantien, c'est-à-dire chez Herder, Novalis, Schlegel, Fichte, Schelling, Hölderlin et surtout Goethe. Certains motifs récurrents en étaient plus anciens encore : on les retrouve chez Baruch Spinoza et Leibniz, voire chez Paracelse et Héraclite. Mais un rôle particulier doit être attribué à Arthur Schopenhauer et surtout à Nietzsche, dont la doctrine de l'éternel retour de toute vie comme affirmation supérieure d'une vie qu'il traita dans son *Zarathustra* comme une femme aimée, donnait au terme de « vie » l'éclat, la magie particulière qu'on lui retrouva deux ou trois décennies plus tard⁷. Nietzsche avait exprimé la majeure partie des thèmes des « philosophies de la vie » : l'opposition de l'irrationalité, de la spontanéité, de la créativité et du dynamisme de la vie à des sciences « positivistes » de la nature perçues comme rigides, arrogantes et aveugles à leurs limites, ainsi qu'au monde « mécaniciste » qu'elles auraient contribué à engendrer, avec ses « formes » étriquées dans lesquelles le mouvement de la vie serait condamné à s'épuiser.

La science « mécaniciste » et la société industrielle étant vues comme traitant l'homme, son corps et son esprit, comme une « machine », les « philosophes de la vie » et leurs apôtres considéraient que l'heure était venue de sonner le glas d'une époque n'engendrant en définitive et par nécessité que le nihilisme, le cynisme et la destruction ; de se révolter contre un univers conçu sur le modèle « mécaniciste » d'une nature « inodore, incolore, insipide », assimilée à « un va-et-vient de matière, incessant et insignifiant »⁸ ; et d'ériger, après les horreurs de la première guerre mondiale, la « vie » en valeur ultime.

¹ Bertalanffy L. von (1930a), pp. 46-47 et (1932b), p. 4, où la référence est explicite.

² Rickert H. (1920, 1922), p. 33. Voir aussi pp. 4-5.

³ Selon Ringer F. (1969, 1990), p. 336.

⁴ Rickert H. (1920, 1922), p. 5 et pp. 11-12.

⁵ Selon Spengler, chaque culture aurait son « symbole primaire », non sujet à évolution ; il lui serait spécifique et en déterminerait l'ensemble des traits. Il jugeait que la conception de l'espace est le meilleur lieu où le discerner : Spengler O. (1923, 1976), I, pp. 171-172.

⁶ Simmel G. (1918, 2004), pp. 386-388. Voir aussi Bertalanffy L. von (1932b), p. 4 pour la référence à Simmel.

⁷ Nietzsche F. (1885, 1971) et (1901, 1991). Voir aussi Rickert H. (1920, 1922), p. 20.

⁸ Selon l'expression de Whitehead A.N. (1926, 1994), p. 74.

Il s'agira ici d'examiner les traits des « philosophies de la vie » qui ont manifestement marqué la pensée de Bertalanffy, en mettant en évidence cette empreinte tant dans ses aspects « positifs » (par la reprise de certains schèmes conceptuels qu'il en fit) que dans ses aspects « négatifs » (par les oppositions que ces philosophies ont pu susciter chez lui).

1-3-1 – *Le flux héraclitéen opposé à l'être parménidien*

Le premier d'entre ces traits fut justement résumé au mieux par Nietzsche, dont l'œuvre, de *La naissance de la tragédie* jusqu'à *La volonté de puissance*, fut largement centrée sur l'antagonisme entre attitudes « héraclitéenne » et « parménidienne » (ou « apollinienne », que Simmel préféra quant à lui qualifier d'« éléatique »). L'être devrait s'effacer devant le devenir :

Nous autres Allemands sommes hégéliens, quand même Hegel n'eût jamais existé, pour autant que (contrairement à tous les Latins) nous attribuons instinctivement au devenir, à l'évolution, une signification plus profonde, une valeur plus riche qu'à ce qui « est » – nous ne croyons guère à la légitimité de la notion d'« être »¹.

On ne saurait sans doute trouver chez Bertalanffy d'héritage plus clair de cette vision que dans l'expression de son intuition centrale relative aux formes biologiques :

Les formes du vivant ne *sont* pas, elles *deviennent*².

Mais il importe aussi pour la suite de mon propos que contrairement à ce que Nietzsche laissa entendre, il n'y avait rien là de spécifiquement « allemand » : Whitehead, par exemple, n'écrivit pas par hasard en 1926 que « la réalité est le processus »³.

Héraclite d'Éphèse, en qui Bertalanffy voyait « l'ancêtre de toute philosophie du dynamisme », le « penseur dionysiaque du mouvement et de la dynamique perpétuelle »⁴, fut une figure tutélaire du Viennois comme de tous les « philosophes de la vie ». Ainsi la thèse doctorale de Spengler fut-elle consacrée à l'Éphésien, donnant lieu en 1904 à la publication de son premier livre – dont Bertalanffy connaissait l'existence. Nietzsche écrivit que « le monde a besoin d'une vérité éternelle et a donc éternellement besoin d'Héraclite ». Hegel avait quelques décennies auparavant reconnu qu'il n'y avait « pas un seul énoncé d'Héraclite » qu'il n'ait « repris » dans sa *Logique*. Quant à Goethe, dont Simmel écrivit qu'« il appartient aux hommes héraclitéens », il put avouer en des termes presque identiques à ceux d'Hegel : « il n'y a pas un seul énoncé fondamental d'Héraclite que je ne fasse mien ». C'est d'ailleurs d'une étude philologique remarquable de Karl Bapp intitulée « Goethe et Héraclite », qui constituait l'un de ses livres les plus chers, que Bertalanffy tira (quoique sans le mentionner) bon nombre de ses citations de Goethe, et son insistance permanente sur la parenté intellectuelle des deux penseurs⁵.

La formule héraclitéenne *πάντα ρει* (« tout est en flux ») exprimait déjà l'idée qu'il n'y a de réalité que processuelle, de persistance que le changement, d'invariant que le devenir :

Tout est en mouvement et rien ne demeure⁶.

Schelling et surtout Goethe ne se lassèrent pas de s'approprier cette vision :

Il faut simplement *nier* toute *permanence* dans la nature⁷.

[... La nature] est éternel devenir, mouvement, et pourtant elle n'avance pas. Elle se transforme éternellement et ne connaît pas le repos¹.

¹ Nietzsche F. (1887, 1982), pp. 259-260 ; voir aussi Nietzsche F. (1872, 2000), p. 119 pour l'utilisation du terme « apollinien », repris par Spengler. Voir aussi Jankélévitch V., in Simmel G. (1988), p. 13

² Bertalanffy L. von (1940a), p. 42 et (1949e), p. 120 : « Die Formen des Lebendigen *sind* nicht, sie *geschehen* ».

³ Whitehead A.N. (1926, 1994), p. 93.

⁴ Bertalanffy L. von (1949e), p. 181 et (1940a), p. 42.

⁵ Bapp K. (1921). Les citations précédentes de Nietzsche, Hegel, Simmel et Goethe sont tirées de cette étude (p. 1, p. 3 et p. 11). Ce livre figure dans les archives Bertalanffy du B.C.S.S.S. à Vienne. Plusieurs facteurs convergent pour laisser supposer qu'il est l'un des rares, peut-être même le seul, à avoir survécu à l'incendie de la maison de Bertalanffy en 1945 ; il est manifeste qu'il l'avait avec lui lorsqu'il rédigeait (1949e), et qu'il en disposait déjà en 1932 (voir Pouvreau D. (2009b)). Il y a de nombreuses annotations manuscrites dans les marges de ce livre. La connaissance du livre de Spengler sur Héraclite apparaît par exemple p. 7.

⁶ Héraclite d'Éphèse, in Bapp K. (1921), p. 17.

⁷ Schelling F.W.J. (1799, 2001), p. 156.

Si l'on observe toutes les formes, particulièrement organiques, on trouve que nulle part il n'en existe de permanente, d'achevée et au repos et qu'au contraire tout fluctue dans un mouvement incessant².

D'où la célèbre métaphore héraclitienne du fleuve, selon Bertalanffy « toujours changeant dans ses vagues, mais éternel dans son cours »³ :

Nous entrons et nous n'entrons pas dans les mêmes fleuves ; nous sommes et nous ne sommes pas.
On ne peut entrer deux fois dans le même fleuve⁴.

Bertalanffy attribua à cette vision la raison pour laquelle Héraclite demeura « l'Obscur » pour ses contemporains : ce « dionysiaque pour qui le flux incessant des événements représente l'essence du réel » aurait contredit « l'idéal apollinien de l'immuable »⁵. La métaphore était présente chez Leibniz, lui aussi considéré par Bertalanffy comme un père spirituel :

Tous les corps sont dans un flux perpétuel comme des rivières ; et des parties y entrent et en sortent continuellement⁶.

Et le fleuve en tant qu'allégorie de la vie, qui affleure chez Bergson⁷, se retrouve encore dans la conception des « sciences de l'esprit » (ou de la culture) élaborée par Dilthey :

[Toute science de l'esprit] ressemble à un pont qui mène par-dessus un fleuve puissant, à un bateau qui nous mène sur une mer insondable [...] La vie est ce fleuve, cette mer insondable⁸.

Contrairement aux apparences, il s'agissait toutefois non chez Héraclite et ses véritables héritiers d'un pur mobilisme amorphe, mais toujours d'affirmer l'identité *par* le changement, l'être et le non-être n'ayant qu'un sens relatif, en tant que moments du devenir :

Le feu se repose en changeant⁹.

Telle fut bien l'intuition fondamentale de Goethe, résumée dans une formule titrant l'un des ses poèmes, si chère à Bertalanffy qu'il considérait qu'elle saisissait à elle seule la « nature vivante » : *Dauer im Wechsel* [« la durée dans le changement »]¹⁰. C'est ce schème que nous verrons au 2-5-2 s'incarner dans la « morphologie dynamique » du Viennois et plus généralement dans sa combinaison des concepts de « système ouvert » et « d'équilibre de flux », dont l'idée centrale, esquissée dès 1929, était la persistance (ou l'évolution) d'un *ordre* de processus conditionnée par un renouvellement continu des éléments impliqués :

Les formes de l'organique ne sont qu'extérieurement constantes et stationnaires ; elles sont en réalité l'expression d'un flux continu d'événements [...] Leur persistance correspond à un changement constant des systèmes subordonnés [...] L'organisme vivant est un système ouvert qui, continuellement, exporte des composants vers l'extérieur et en importe, mais qui se maintient par cet échange constant dans un état stationnaire ou [plutôt] un équilibre de flux¹¹.

La persistance des formes organiques n'est pas celle d'une structure fixe, mais celle d'un équilibre de flux [...] Ce qui persiste est l'ordre, la légalité selon laquelle tous ces processus sont unis¹².

¹ Goethe J.W., in GUSDORF G. (1985), p. 88 et BAPP K. (1921), p. 17

² Goethe J.W., in BAPP K. (1921), p. 23, également cité in BERTALANFFY L. von (1949d), p. 360.

³ Bertalanffy L. von (1949e), p. 119 et p. 190. Voir aussi (1937b), p. 61 et (1940a), p. 42.

⁴ Héraclite d'Éphèse, in *Les présocratiques* (1988), p. 157 et p. 167 ; in BAPP K. (1921), p. 22 ; in VOILQUIN J. (1964), p. 75.

⁵ Bertalanffy L. von (1940a), p. 42 et (1949e), p. 119.

⁶ Leibniz G.W. (1714, 1991), p. 164.

⁷ Bergson H. (1907, 2003), p. 27 parlait de la vie comme d'« un courant qui va d'un germe à un autre par l'intermédiaire d'un organisme développé ». Voir aussi RICKERT H. (1920, 1922), p. 24, qui mit bien en évidence l'héraclitisme de Bergson.

⁸ Dilthey W., in MISCH G. (1926), p. 543.

⁹ Héraclite d'Éphèse, in *Les présocratiques* (1988), p. 165 et THOM R. (1972), p. 108.

¹⁰ Bertalanffy L. von (1949e), p. 190. Il est notable que ce soit en conclusion de l'un de ses plus importants essais.

¹¹ Bertalanffy L. von (1940a), pp. 43-44.

¹² Bertalanffy L. von (1942), p. 231.

1-3-2 – *La « vie » cosmique et ses principes*

1-3-2-1 – *Le thème hylozoïque de la « vie » cosmique*

Un second trait des « philosophies de la vie », dont l'importance se révélera aussi dans maints aspects de la pensée de Bertalanffy, peut également être vu comme tirant son origine d'Héraclite. Ce dernier tenait le feu pour le principe unificateur dont toute chose est issue et vers lequel elle retourne, l'élément primordial, « vivant », dont les flux rythment le devenir :

Toutes choses sont convertibles en feu et le feu en toutes choses [...Ce monde-ci] a toujours été, il est et il sera toujours un *feu vivant*, s'allumant avec mesure et s'éteignant avec mesure¹.

Et il n'a pas échappé à Bertalanffy que l'on peut voir ressurgir cet hylozoïsme chez Hölderlin et Goethe, puis plus tard chez Gustav T. Fechner dans son opposition de la « conception du jour » [*Tagesansicht*] et de la « conception de la nuit » [*Nachtsansicht*] ; à savoir la vision d'une nature animée et vivante, lieu d'une dégénérescence et d'une régénération perpétuelles (la « conception du jour »), qu'une vision mécaniciste « glaciale » nécessairement transitoire (la « vision de la nuit ») aurait dépouillée de son âme et de sa vitalité, la plongeant dans une « obscurité » où tout événement apparaît « mort » et « dépourvu de sens »² :

[La vie de la nature] est un prolifique enchantement³.

Se séparer, se réunir, se transformer, se spécifier, apparaître et disparaître, se figer et s'écouler, se déployer et se contracter – tel est le caractère fondamental de l'unité vivante⁴.

Un temps viendra pour les esprits éclairés où la conception mécanique et atomistique sera entièrement abandonnée, où tous les phénomènes révéleront leur nature dynamique et chimique, témoignant ainsi toujours davantage de *la vie divine de la nature*⁵.

La doctrine des « intégrations d'ordre supérieur » de Fechner, ainsi que l'appela Bertalanffy dans la thèse doctorale qu'il lui consacra, le mena au point culminant de cette inspiration hylozoïque, dont Hölderlin s'était certes déjà approché dans son *Hypérion* :

Les plantes sont des êtres animés [...] Les astres le sont aussi, à cette différence près qu'ils sont des êtres animés d'une espèce supérieure à nous, alors que les plantes sont des êtres inférieurs [...] Le domaine de l'animation individuelle s'étend plus loin, et singulièrement plus haut que l'on ne l'admet d'ordinaire ; ainsi s'ouvre une voie jusqu'à la reconnaissance d'une âme du Tout⁶.

Bertalanffy fut toutefois justifié à voir en Nicolas de Cues le principal précurseur moderne de cette inspiration, sa tendance panpsychiste se révélant par exemple clairement dans le *Dialogus de Ludo Globi*, une œuvre tardive que Bertalanffy admirait particulièrement⁷ :

On rapporte que le grand monde a aussi une âme ; certains l'appellent nature, d'autres esprit de toute chose qui du dedans nourrit, unit, lie et entretient toute choses. [...] Avec cette âme le corps entier du monde est dans le même rapport que le corps de l'homme avec son âme. Elle est âme sensitive chez les sentants, végétative dans les végétants et élémentaire dans les éléments⁸.

Pour Goethe, la « vie de la nature » était rythmée par la loi du mouvement et de sa réification : celle du « *Stirb und Werde* » [« meurs et deviens »]. Et ce thème alla se loger jusqu'au cœur des philosophies de la « vie culturelle ». Il ressurgit ainsi chez Spengler lorsqu'il opposa le « monde du devenir » (l'histoire) à celui du « devenu » (la nature). Simmel se l'appropriait explicitement dans son

¹ Héraclite d'Éphèse, in Bapp. K. (1921), pp. 32-33 et 36 ; in Voilquin J. (1964), pp. 79 et 76 ; in *Les présocratiques* (1988), pp. 153 et 166. Les italiques me sont propres.

² Bertalanffy L. von (1926a), pp. 1-3 et (1927c), p. 255 en ce qui concerne Fechner. En ce qui concerne Hölderlin, voir (1926a), p. 33, (1926c), p. 243 et p. 245, ainsi que (1927c), p. 254 : « Le sentiment originel mythique de l'unité de la nature et de l'homme, de l'univers animé de vie, a reçu chez lui, précisément au seuil de l'ère de la raison technique, de celle qui dépouille le monde de son âme, une expression aussi forte que celle que l'on rencontre chez n'importe lequel des philosophes de la nature ioniens ». Voir enfin (1949e), p. 182 sur Goethe.

³ Goethe J.W., in GUSDORF G. (1985), p. 88.

⁴ Goethe J.W., in BAPP K. (1921), p. 20, que Bertalanffy reprend in (1949e), p. 34.

⁵ Goethe J.W., in BAPP K. (1921), p. 33, également cité in Bertalanffy L. von (1949e), p. 83. Les italiques me sont propres.

⁶ Fechner G.T. (1851), in GUSDORF G. (1985), p. 315. Voir aussi Hölderlin F. (1799, 2005).

⁷ Bertalanffy L. von (1928c), p. 43 et (1968a), p. 11.

⁸ Cues N. de (1463, 1985), pp. 91-92. Pour la version latine, voir l'excellente édition réalisée en 2000 aux éditions Meiner (Hamburg)

analyse du conflit selon lui immanent à toute culture et moteur de son évolution, entre la « vie » et les « formes » de son objectivation :

Si la vie devenue esprit crée continuellement de telles figures, qui ont une fermeture en elles-mêmes, et une prétention à la durée, voire à l'intemporalité, on peut les désigner comme les *formes* dont cette vie s'habille, comme la manière nécessaire sans laquelle elle ne peut pas être vie spirituelle. Mais la vie elle-même poursuit son cours sans relâche, son rythme sans répit, entre dans chaque nouveau contenu, où elle se crée une nouvelle forme d'existence, en contradiction avec la durée établie ou la validité intemporelle de ce contenu [...] L'évolution continue des contenus culturels et finalement des styles entiers de la culture est le signe ou plutôt le résultat de la fécondité infinie de la vie, mais aussi de la profonde contradiction qui oppose le devenir éternel et l'évolution éternelle de la vie à la validité et à l'autonomie objective de ses présentations et de ses formes [...] La culture] se meut entre « meurs et deviens » et « deviens et meurs »¹.

Chez Bertalanffy, nous verrons dans la seconde partie le « *Stirb und Werde* » goethéen s'incarner tout autant dans son concept « organismique » de « mécanisation progressive » que dans la dialectique entre anabolisme et catabolisme sur laquelle il érigea sa théorie de la croissance animale globale.

1-3-2-2 – De la « créativité » comme catégorie du réel au principe d'« activité primaire »

L'intuition d'une nature « vivante » était d'abord celle d'une nature indéfiniment créatrice. Remarquable est la reprise précoce par Bertalanffy de la vision goethéenne à cet égard, vision qui s'insère chez tous deux dans le contexte déjà évoqué de la critique radicale de l'utilitarisme « philistin » ; en témoigne cette superposition :

Que la nature ne fasse rien gratuitement est une vieille maxime philistine. La nature agit éternellement de manière vivante, superflue et avec prodigalité².

La nature [se conçoit] non comme économe et calculatrice, mais comme créatrice et inépuisable³.

Mais ce thème, que l'on retrouve bien sûr au cœur du concept d'« évolution créatrice » de Bergson⁴, s'enracine largement en amont chez Paracelse dont, comme l'a noté Koyré, le « panvitalisme magique » avait déjà vu la nature comme vivante et créatrice, comparable au « jaillissement intérieur » qui fait surgir en l'homme ses pensées et ses désirs⁵.

Le motif central de ces considérations était en définitive ce que Herder exalta comme « l'activité éternelle » de la « divine nature »⁶. Un motif qui avait trouvé dans les métaphysiques de Spinoza et de Leibniz ses premières systématisations et qui ne cessa d'inspirer les « philosophes de la nature » allemands au XIX^e siècle. La distinction faite par le premier entre « nature naturée » (en tant que totalité ordonnée des choses existantes) et « nature naturante » (en tant que source du dynamisme de la nature qui se déploie dans la première), solidaire d'une théologie immanentiste radicale souvent interprétée comme un panthéisme (*Deus sive Natura* : « Dieu, c'est-à-dire la Nature »), signifiait bien, en effet, la conception de la Nature comme être toujours incomplet et éternellement actif, manifestant sa créativité sous une diversité infinie de « modes »⁷. S'inspirant aussi d'une distinction kantienne⁸, Schelling l'exprima en distinguant « la nature comme simple produit » de « la nature comme productivité »⁹. Et c'est encore à ce propos que Whitehead se référa à Spinoza lorsqu'il développa sa

¹ Simmel G. (1918, 2004), pp. 383-384.

² Goethe J.W., in Bapp K. (1921), p. 19.

³ Bertalanffy L. von (1927c), p. 261.

⁴ Bergson H. (1907, 2003), par exemple p. 23 : « la vie est invention comme l'activité consciente, création incessante comme elle ».

⁵ Koyré A. (1971), pp. 82-85 et p. 114.

⁶ Herder J. G., in Gusdorf G. (1985), p. 78.

⁷ Voir par exemple Spinoza B., *Court traité de Dieu, de l'homme et de son état bienheureux*, in (1954), pp. 31-32 et pp. 40-41.

⁸ Kant E. (1787, 1980), p. 1079 : il distinguait le « monde » en tant qu'« ensemble mathématique de tous les phénomènes et la totalité de leur synthèse », et la « nature » comme « ce même monde en tant qu'il est considéré comme un tout dynamique ».

⁹ Schelling F.W.J. (1799, 2001), p. 89. Voir aussi p. 77, où il écrivit que la nature n'est pas un « simple monde », car elle est « un tout qui n'est pas seulement produit, mais est en même temps productif ».

doctrine processuelle de la « préhension », qui voyait dans chaque événement « un fait individuel émergeant d'une individualisation de l'activité sous-jacente »¹.

Leibniz avait lui aussi exposé la vision d'un univers où tout est animé et actif :

Il n'y a rien d'inculte, de stérile, de mort dans l'univers².

Au cartésianisme et à l'atomisme mécaniciste concevant les substances simples comme inertes, il avait opposé l'idée que la véritable substance est constituée d'entités métaphysiques sans étendue ni parties, de centres dynamiques de forces pourvus d'une âme et de spontanéité : les monades. Un point essentiel de sa monadologie était que la monade est le lieu de transformations incessantes, et surtout que le principe de ces transformations lui est immanent. Chaque monade serait mue par un destin propre qu'aucune autre hormis Dieu ne pourrait effectivement infléchir ; sans parties, elle ne pourrait en effet être essentiellement affectée par aucune cause « externe » (i.e. « mécanique »), le principe de ces dernières étant selon Leibniz de modifier des rapports entre parties dans des « composés » :

Les monades n'ont point de fenêtre [...] Je prends pour accordé que tout être créé est sujet au changement, et par conséquent la Monade créée aussi, et même que ce changement est continuuel dans chacune [...] Les changements naturels des Monades viennent d'un *principe interne*, puisqu'une cause externe ne saurait influencer dans son intérieur³.

Le principe fondamental, que nous verrons d'emblée au cœur de sa conception « organismique », était ici celui que Bertalanffy qualifia en 1937 d'« activité primaire ». Un schème anti-mécaniciste qu'il opposa tout au long de sa carrière à celui de la « réactivité primaire », selon lui à l'œuvre aussi bien en biologie (par exemple dans la théorie des tropismes de Jacques Loeb⁴) qu'en psychologie (avec le behaviorisme) et en théorie de la connaissance (empirismes) – avec cette nuance importante que la combinaison de ce schème avec celui du « système ouvert » faisait diverger Bertalanffy de la monadologie leibnizienne :

L'organisme, même sous des conditions extérieures constantes, donc en l'absence de stimulation extérieure, ne représente pas un système au repos, mais un *système actif*, mû intérieurement [*innerlich bewegt*] [...] Il faut considérer comme primaire l'activité autonome, et non la réactivité (le réflexe)⁵.

C'est ce schème, en particulier, qui se devine en amont de sa conception épigénétique de la morphogenèse organique, lorsqu'il postula en 1928 afin d'expliquer ce phénomène un « principe de formation immanent à l'organisation de la matière »⁶. Et il n'est pas difficile de le retrouver chez les « philosophes de la vie ». Ainsi dans la conception par Bergson de l'évolution organique, où les « circonstances extérieures », si elles constituent des « forces avec lesquelles l'évolution doit compter », n'en sont pas des « causes directrices » (thèse « mécaniciste »), car elle suit une logique immanente dont « l'élan vital » fournit l'impulsion originelle⁷. C'est aussi le cas de la « morphologie historique » de Spengler, inscrite dans le sillage de l'historicisation de la monadologie leibnizienne par Herder, dont la rupture avec l'idée d'un progrès universel reposait déjà sur le principe que les cultures constituent entités autonomes portant en elles tous les principes de leur développement⁸ :

Au lieu de [l']image monotone d'une histoire universelle à forme linéaire, qu'on ne peut conserver qu'en fermant les yeux sur la masse écrasante des faits, je vois le théâtre d'une variété de cultures grandioses qui croissent avec une puissance cosmique originelle au sein d'un paysage maternel, qui sont liées chacune à ce paysage durant le cours entier de leur existence, qui impriment chacune leur

¹ Whitehead A.N. (1926, 1994), p. 90.

² Leibniz G.W. (1714, 1991), p. 163.

³ *op. cit.*, p. 126 et p. 128. Voir aussi p. 152 : « une monade créée ne saurait avoir une influence physique sur l'intérieur de l'autre ».

⁴ Loeb J. (1906). Je reviendrai au 1-4-5-6 sur cette théorie qui tentait d'expliquer exclusivement la forme des plantes et surtout le comportement animal par des séquences déterministes de réflexes provoqués par l'action de l'environnement.

⁵ Bertalanffy L. von (1937a), p. 163. Voir déjà (1926a), p. 415 et aussi, entre autres : (1937b), pp. 13-134 et (1949e), p. 30 et p. 116.

⁶ Bertalanffy L. von (1928a), p. 221.

⁷ Bergson H. (1907, 2003), p. 103.

⁸ Herder J.G. (1774, 2000).

propre forme à leur substance, l'humanité, et qui ont chacune leur idée, leurs passions, leur vie, leur volonté, leur sentiment, leur mort *propres*¹.

1-3-2-3 – L'évolution cosmique comme « anamorphose » et le dépassement perpétuel de soi en tant que principe général d'accomplissement

Le terme de « volonté » utilisé par Spengler est l'indicateur caractéristique d'un prolongement important du schème de l'« activité primaire », dont l'origine peut à bon droit être localisée une fois encore chez Spinoza. Spinoza, qui voyait l'homme comme un être dont l'essence est le désir, désignait par le terme « *conatus* » le fondement de ce dernier : il s'agissait chez lui de l'effort pour « persévérer dans l'être », entendu non comme un simple instinct de conservation, mais comme la tendance perpétuelle à l'affirmation de soi, à l'accroissement de la « puissance d'exister »². Que ce concept ait ressurgi chez les romantiques et idéalistes post-kantiens allemands et qu'ils aient pu aisément l'assimiler n'a rien d'étonnant : il était congruent à l'idéal de la *Bildung* en tant qu'idéal d'accomplissement de toutes les potentialités spirituelles de l'individu et de son élévation perpétuelle, et conférait en définitive à cet idéal un fondement métaphysique. Ainsi peut-on voir le vieux concept spinozien opérer chez Goethe sous de nouveaux costumes. Par exemple lorsqu'il discernait dans la vie organique une « continue aspiration vers quelque chose de plus élevé »³ se manifestant dans la création de formes toujours plus complexes. Une vision qui, dans le sillage de Charles Bonnet et de Leibniz, aboutit à celle d'une hiérarchie de la nature, dont les niveaux successifs correspondraient à des degrés croissants d'organisation et dont l'homme constituerait le point culminant.

Il est clair que lorsque Bertalanffy insista, dès 1927, sur le « progrès orthogénétique des organismes les plus simples jusqu'à l'homme », il s'inscrivait dans la continuité de cette idée. Il qualifia ce progrès d'« anamorphose » à la suite de son collègue Richard Woltereck qui, en 1939, avait introduit ce terme afin de désigner la tendance de l'évolution phylogénétique vers un accroissement d'ordre et de complexité⁴. Comme il apparaîtra dans mes seconde et troisième parties, le concept d'anamorphose diffusa dans toute l'œuvre de Bertalanffy *via* son concept du système ouvert continuellement maintenu, grâce à son ouverture, à distance de l'équilibre vrai (du repos), et par là même capable d'évoluer vers des niveaux croissants d'organisation. Notons bien toutefois que ce fut très vite pour en généraliser la signification hors du seul domaine de l'évolution phylogénétique, Bertalanffy l'appliquant aussi à l'interprétation de la morphogenèse et du développement psychogénétique, et finissant par le mettre en œuvre tout autant en psychologie, en psychiatrie et en philosophie de l'histoire qu'en biologie :

Tout comme l'organisme physique, l'organisme mental évite l'état d'équilibre et l'un de ses caractères essentiels semble être non pas de « se libérer des tensions », mais plutôt d'en élaborer de nouvelles [...] Du point de vue physiologique, l'organisme est un système intrinsèquement actif qui tend vers un équilibre dynamique et se prête même à l'« anamorphose », c'est-à-dire la transition spontanée vers un ordre plus élevé. Du point de vue psychologique, cela implique ce que l'on pourrait appeler en termes plus vagues la « créativité »⁵.

C'est très indirectement que la doctrine du *conatus* ressurgit dans les « philosophies de la vie » dont le succès imprégna le contexte intellectuel des années 1920. Schopenhauer joua ici un rôle médiateur. Son œuvre ne trouva d'ailleurs un écho considérable que dans le dernier quart du XIX^e siècle, principalement par l'intermédiaire de Nietzsche. L'originalité de Schopenhauer avait été de renoncer à chercher la signification de la vie hors d'elle-même. La « Volonté », ou encore le « vouloir-vivre », épuisait selon lui cette signification. Elle ne se rapporterait à rien d'autre qu'elle-même ; dépourvue de cause et de but, elle serait une volonté absurde d'exister⁶. Réalité insaisissable et

¹ Spengler O. (1923, 1976), I, p. 33.

² Spinoza B., *Ethique*, in (1954), surtout pp. 506-508, p. 542 et pp. 553-555.

³ Goethe J.W., in Gusdorf G. (1985), p. 89.

⁴ Bertalanffy L. von (1927c), p. 257 et p. 261 ; (1949e), p. 109 et (1950b), p. 162.

⁵ Bertalanffy L. von (1956d), pp. 8-9. La première partie de la citation s'inscrit dans une critique de la psychanalyse freudienne.

⁶ Schopenhauer A. (1819, 2003), pp. 214-216. Voir aussi p. 417 : « C'est à ses frais que la volonté représente la grande tragi-comédie, et elle est à elle-même son spectateur. Le monde est ce qu'il est, parce que la volonté, dont il est la forme visible, est ce qu'elle est et veut ce qu'elle veut » ; et il ajouta (p. 1083) : « Quant au but de toute cette tragi-comédie, on n'en a pas la moindre idée, car elle n'a pas de spectateurs, et les acteurs eux-mêmes, à côté d'un maigre plaisir tout négatif, sont condamnés à endurer des tourments infinis ».

autonome, cette Volonté, nouvel *avatar* de la « nature naturante » tendrait à s'objectiver dans tous les êtres ; elle serait « l'essence des phénomènes de la matière brute comme de la matière vivante », qui ferait « croître et végéter la plante » tout autant que « cristalliser le minéral », s'identifiant dans l'organisme à la « force vitale »¹. Notons que cette doctrine, parmi d'autres, inspira le concept d'Inconscient d'Eduard von Hartmann, dont Bertalanffy étudia les œuvres de manière approfondie dans sa jeunesse : l'Inconscient de von Hartmann était en effet conçu de manière analogue comme une activité spirituelle globale dont serait non seulement issue toute conscience, mais aussi toute vie et même toute matière². Mais si Rickert jugeait que la « vie » en tant que « slogan à la mode » à son époque s'identifiait au mieux avec la « Volonté » de Schopenhauer³, il semble que ce soit plus à la transfiguration de ce concept par Nietzsche que revienne ce rôle.

Profondément influencé par Schopenhauer, Nietzsche récusait en effet le pessimisme de son « éducateur »⁴, dont la compréhension du concept de « Volonté » l'avait fait rejoindre hindouisme et bouddhisme dans une condamnation de la vie humaine à un cycle perpétuel d'illusions, et à l'identification de cette vie à la souffrance⁵ : il lui opposa la jouissance de la vie. Nietzsche considérait certes lui aussi que celle-ci porte son sens en elle-même, mais – et l'on retrouve ici le *conatus* – il la concevait comme une progression et un accroissement, un développement vers la plénitude, la force et la beauté : la vie était pour lui affirmation de la « Volonté de Puissance ». Et c'est en fait probablement cette doctrine nietzschéenne du perpétuel dépassement et de l'accomplissement de soi qui contribua le plus à répondre aux aspirations de la génération qui, dans les années 1910-1930, étanchait sa soif existentielle en s'abreuvant au concept de « vie », tout en contribuant à la restauration de l'idéal romantique de la *Bildung*.

1-3-3 – Le « pragmatisme vital »

Nietzsche fut encore la figure emblématique d'une variante de « philosophie de la vie » dont l'impact sur Bertalanffy fut aussi indéniable qu'ambivalent. Cette ambivalence allait de pair avec le fait qu'il ne s'agissait pas avec elle d'une philosophie partagée tous les « philosophes de la vie » : elle allait clairement à l'encontre de la plupart des schèmes idéalistes constitutifs de l'idéal de la *Bildung*. Les principales figures dans le monde germanique en furent Nietzsche, Mach, ainsi que les néo-kantiens Hans Vaihinger et Robert Reininger. William James en fut quant à lui le principal représentant dans le monde anglo-saxon. Il importe de noter ici, j'y reviendrai plus longuement dans ma seconde partie, que Vaihinger fut un ami et maître de Bertalanffy, auquel celui-ci consacra plusieurs essais entre 1929 et 1932⁶. Reininger, pour lequel Bertalanffy ne cacha pas non plus son admiration⁷, fut quant à lui l'un de ses deux directeurs de thèse, qui fit activement connaître la pensée de Vaihinger en Autriche dans les années 1910 et qui inscrivit très significativement la Société philosophique de Vienne, qu'il présida entre 1922 et 1938, dans le mouvement néo-kantien⁸.

1-3-3-1 – Une naturalisation « biologicisante » de l'esprit

La « philosophie de la vie » en question, que l'on peut qualifier de « pragmatisme vital », s'inscrivait dans le prolongement d'une tradition de naturalisation de l'esprit initiée par Johann F. Herbart, Helmholtz et Friedrich A. Lange, sur laquelle je reviendrai plus en détails au 2-1 parce qu'elle concerne très directement la théorie de la connaissance de Bertalanffy. Une naturalisation que Nietzsche appela de ses vœux en ces termes :

¹ *op. cit.*, pp. 151-152. Voir aussi Schopenhauer A. (1851, 2001), p. 116 : « la force vitale est directement identique à la Volonté, de sorte que ce qui se manifeste dans la conscience, comme volonté, est ce *primum mobile* qui a été très justement qualifié de force vitale ».

² Hartmann E. von (1910) et Schopenhauer W. von (1929). Le livre de von Hartmann se trouve dans le *Nachlass* de Bertalanffy (B.C.S.S.S.). C'est toutefois moins le concept d'Inconscient en tant que tel que celui d'« individualité d'ordre supérieur » et la critique du darwinisme qui l'ont attiré. Sur le premier point, voir surtout Bertalanffy L. von (1926a), pp. 38-41. Sur le second, voir Bertalanffy L. von (1928b).

³ Rickert H. (1920, 1922), p. 18.

⁴ Ainsi le qualifia-t-il dans sa troisième *Considération inactuelle* : Nietzsche F. (1874, 2000), pp. 577-655.

⁵ Schopenhauer A. (1819, 2003), pp. 403-411, pp. 476-482 et pp. 1334-1353.

⁶ Bertalanffy L. von (1966b), p. 115 et (1929c), (1929f), (1929g) et (1932a) pour ses essais sur Vaihinger. Voir aussi Bertalanffy M. von (1973), p. 34 pour un témoignage sur ses relations avec Vaihinger.

⁷ Bertalanffy L. von (1966b), p. 115.

⁸ Blackmore J., Itagaki R. & Tanaka S. (2002), p. 281.

Quand aurons-nous totalement dédivinisé la nature ? Quand nous sera-t-il permis de nous *naturaliser*, nous autres hommes, avec la nature pure, nouvellement découverte, nouvellement libérée ?¹.

Nietzsche assimilait la conscience humaine à une fonction organique ; une fonction qui n'aurait pu « se développer que sous la pression du besoin de communication » et qui constituerait l'aboutissement de l'évolution biologique :

La conscience est la dernière et la plus tardive évolution de la vie organique, et par conséquent ce qu'il y a de moins accompli et de plus fragile en elle².

Selon Nietzsche, la philosophie de Platon jusqu'aux post-kantiens (sauf peut-être celle de Leibniz) n'aurait d'ailleurs été qu'un « malentendu à propos du corps »³ : elle se serait refusée à voir que c'est dans ce dernier que les pensées prennent leur source, que la conscience n'est qu'un phénomène superficiel émergeant du feu de la vie⁴. Une inspiration voisine amena Vaihinger, qui consacra toute la dernière partie de son œuvre majeure à une tentative de conciliation de la philosophie nietzschéenne et du criticisme kantien, à l'inaugurer ainsi :

La pensée scientifique est une fonction de la psyché⁵.

Vaihinger considérait en effet lui aussi que « les processus subjectifs de la pensée [...] représentent les résultats ultimes et les plus élevés du développement organique » et que « le monde des idées est la fine fleur du processus cosmique dans son ensemble »⁶.

Le « pragmatisme vital » tenait l'esprit pour le fruit de la lutte pour l'existence, un « instrument au service de la vie » qui se perfectionne sans cesse en inventant des outils. Nietzsche considérait que toutes les activités humaines, science comprise, sont dirigées vers la création de valeurs au service de la conservation de l'espèce ; en particulier, l'aspiration à la vérité résulterait d'un besoin et ne serait qu'une « puissance conservatrice de la vie »⁷. Quant à Vaihinger, il soulignait le caractère constructeur du psychisme qui, stimulé par le monde, « crée ses propres organes » en accord avec sa constitution physiologique et « les adapte aux circonstances extérieures »⁸, assumant ainsi une fonction téléologique :

La fin du monde idéal dans son ensemble n'est pas le portrait de la réalité – ce qui serait une tâche absolument impossible – mais plutôt de nous fournir un *instrument nous permettant de trouver notre chemin plus facilement dans ce monde*⁹.

Reininger insistait de même sur cette fonction d'« orientation »¹⁰. Quant à Mach, il rejoignait Nietzsche et Vaihinger en considérant lui aussi l'ensemble de la vie psychique comme une « manifestation biologique », un instrument de l'adaptation de l'homme à son environnement. « Toutes les sciences » auraient « leur origine dans les besoins de la vie » et la science dans son ensemble serait un « phénomène biologique organique »¹¹.

1-3-3-2 – *La fortification de la vie comme critère biologiciste ultime de vérité*

La « vie », plus précisément l'utilité comprise comme contribution à la fortification de la vie, devint dans cette perspective du « pragmatisme vital » l'unique critère de vérité, la valeur ultime à l'aune de laquelle toute connaissance et tout morale devraient être mesurées :

¹ Nietzsche F. (1882, 1982), p. 138.

² Respectivement Nietzsche F. (1882, 1982), p. 253 et (1887, 1982), p. 60.

³ *op. cit.*, p. 24.

⁴ Nietzsche F. (1887, 1982), p. 259 : « La conscience n'est qu'un accident de la représentation, non pas son attribut nécessaire et essentiel [...] Ce que nous nommons conscience, *loin d'être notre monde spirituel et psychique même*, n'en constitue qu'un état (peut-être maladif) ».

⁵ Vaihinger H. (1911, 1965), p. 1. Il définit la psyché comme « la totalité organique des actions et réactions dites mentales ». Pour son étude de la philosophie nietzschéenne, voir pp. 341-362.

⁶ *op. cit.*, pp. 15-16.

⁷ Nietzsche F. (1882, 1982), pp. 140-141.

⁸ Vaihinger H. (1911, 1965), p. 2.

⁹ *op. cit.*, p. 15.

¹⁰ Reininger R (1978), p. 232.

¹¹ Mach E. (1886, 1996), p. 49 ; ainsi que (1883, 1904), p. 463 et p. 476.

La *force* des connaissances réside dans leur caractère de condition de vie¹.

Nous ne « savons » (ou croyons ou imaginons) qu'autant que cela peut être *utile* à l'intérêt du troupeau humain².

L'instrumentalisme et l'opérationnalisme de ce pragmatisme sont apparents chez Mach, par exemple lorsqu'il déclara que « le comprendre repose entièrement sur le faire » et que toutes les sciences ont « émergé de la vie pratique », qu'elles résulteraient d'une « interaction active avec la nature, procurant l'utile et écartant le nuisible »³. Reininger fut plus radical encore :

La superstructure dans son ensemble des suppositions *a priori*, des constructions conceptuelles, des théories, des hypothèses et des fictions a seulement pour fin de servir l'intention d'une domination théorique et pratique [du monde], elle n'a qu'une signification instrumentale [...] Il ne s'agit jamais en science de « vérité », mais d'utilité⁴.

Mais nul peut-être ne fut plus complet que Vaihinger à ce sujet :

Nous insistons sur la corroboration *pratique*, le test expérimental de l'utilité des structures logiques qui sont le produit de la fonction organique de la pensée [...] Le test de validité d'un résultat logique réside dans la *pratique* et le but de la pensée doit être recherché non dans le reflet d'un soi-disant monde objectif, mais dans la possibilité de calculer les événements et d'opérer sur eux [...]

Le but véritable et ultime de la pensée est l'action [...]

Les concepts et les jugements ne doivent être vus que comme des moyens d'une fin pratique⁵.

Bertalanffy fut un héritier plus ou moins explicite de ce « pragmatisme vital », au point qu'il put parfois laisser croire qu'il l'embrassait pleinement, sans réserve :

La connaissance est un instrument qui permet à l'homme (ou aux autres animaux) de trouver leur voie dans le monde, et donc de survivre, en sélectionnant des schèmes ou perspectives, à la fois dans l'expérience immédiate et dans des modèles conceptuels, qui servent adéquatement ce but mais ne reflètent pas simplement le monde « tel qu'il est »⁶.

Ce serait impossible si les catégories de l'expérience étaient entièrement illusoires [...] Les formes « *a priori* » de l'intuition et les catégories sont des fonctions organiques, fondées sur les structures [...] des organes des sens et du système nerveux, qui ont évolué en tant qu'adaptations pendant des millions d'années⁷.

Mais la seconde partie de la citation laisse pointer un premier point essentiel de divergence, qui sera examiné dans mon étude de son « perspectivisme » au 2-1 et que l'on peut déjà comprendre compte tenu de son idée déjà citée selon laquelle « une connaissance absolue, émancipée des limitations humaines, est en un sens possible » : le « pragmatisme vital » était solidaire d'un fictionalisme qui, par sa propension à réduire toute vérité à une « fiction utile », tendait en fait vers un relativisme radical que Bertalanffy récusait. Une seconde divergence concerne le caractère en dernière analyse « biologiciste » de ce pragmatisme, sa réduction de l'esprit et de la culture, de tout idéal et de toute valeur, en fait de tout ce qui est proprement humain, à des principes qu'il reviendrait à la biologie de formuler. Remarquons d'ailleurs un fait historique que le chimiste et philosophe Alwin Mittasch (par ailleurs ami de Bertalanffy) a démontré : Nietzsche eut une liste imposante et diversifiée de lectures dans le domaine de la biologie, qui l'amena à être au courant de tous les débats contemporains dans cette science⁸. Le trait biologiciste opposait radicalement Vaihinger et ses disciples aux autres néo-kantians, et Rickert en fut justement le critique le plus vigoureux :

¹ Nietzsche F. (1882, 1982), p. 139.

² Nietzsche F. (1887, 1982), p. 255.

³ Mach E. (1886, 1996), p. 285.

⁴ Reininger R. (1978), p. 232.

⁵ Vaihinger H. (1911, 1965), pp. 3-5, p. 66 et p. 169 respectivement.

⁶ Bertalanffy L. von (1971a), p. 82.

⁷ Bertalanffy L. von (1955b), p. 256.

⁸ Mittasch A. (1950), p. 115.

Il est caractéristique du biologicisme moderne qu'il voit dans la vie [...] le bien suprême, qui porte seul en lui les valeurs ayant une validité véritable [...] Lorsque tout revient à l'exigence de santé, au maximum de vitalité, il ne reste plus au genre humain que ce but vital biologiquement fondé. [Or,] non seulement il est impossible de comprendre positivement les valeurs culturelles comme des valeurs vitales, mais la culture doit être posée dans une relation négative à la vie [...] Seul celui qui est capable de réprimer en lui la vitalité peut être qualifié d'homme de culture [...] On doit jusqu'à un certain point « tuer » la vie pour parvenir à une vie culturelle ayant des valeurs propres¹.

Et c'est justement en se référant à la critique de Rickert que Bertalanffy, comme j'y ai déjà fait allusion au 1-1-2-8, rejeta lui aussi dès sa thèse tout réductionnisme biologiciste ; une position qu'en dépit d'apparences parfois contraires il ne quitta en fait jamais, et dont nous verrons en seconde partie les justifications profondes dans sa théorie de la connaissance et son « anthropologie philosophique ». La citation suivante, issue de cette thèse, laisse au passage deviner un typique attachement idéaliste et romantique du Viennois à la « génialité » :

Tous les types d'hommes « géniaux » sont complètement incompréhensibles du point de vue de la vie pure, égoïste. Et ils le sont autant dans la perspective de « l'utilité pour l'espèce » que dans celle de « l'utilité propre » [...] Toute culture est, purement considérée du point de vue de la vie, une sorte de dégénérescence. Ainsi se montre à cet égard que les valeurs culturelles ne répondent à aucune fin pour l'individu et pour l'espèce, et qu'elles sont même souvent plus nuisibles qu'utiles [...] Les valeurs spirituelles sont en ce sens non – et sur – naturelles [...] Une explication « biologique » de la culture est une absurdité².

A cette récusation par Bertalanffy d'un aspect d'une variante de « philosophies de la vie » s'ajoutèrent des oppositions plus nettes visant trois autres traits ou variantes de ces philosophies qu'il me faut maintenant discuter : j'ai largement épuisé leurs apports « positifs » à sa pensée et entame maintenant l'exploration de leurs influences « négatives » ; c'est-à-dire des versants qui l'ont, par réaction, orienté dans des directions contraires ou qui, tout au moins, ont suscité sa distance critique par rapport à ces philosophies.

1-3-4 – « Dionysiaque » contre « socratique »

Le premier versant en question trouve encore en grande partie chez Nietzsche ses origines et peut être subsumé sous ses catégories. Sous sa forme idéal-typique, on peut y discerner deux moments : l'idée que seul est authentiquement réel ce qui peut être appréhendé sans travail conceptuel, par l'intuition, dans la pure immédiateté du « vécu » (*Erlebnis*), et qu'en ce sens la « vie » constituerait l'essence du monde ; puis l'idée que cette réalité ultime échappe irréductiblement à la pensée conceptuelle, laquelle ne ferait qu'effleurer la surface phénoménale des choses et ne pourrait donc prétendre qu'à une signification mineure et secondaire (c'est le « vécu » qui serait originaire). En d'autres termes, il s'agissait d'une part de l'exaltation de l'irrationalité de la « vie » comprise comme le devenir tel qu'appréhendé sous la forme subjective du « vécu »³, de son immédiateté et de sa créativité ; et d'autre part de son opposition au supposé carcan du concept « mort ». Ce que l'on peut résumer en termes nietzschéens par l'opposition du « dionysiaque » et du « socratique » ; ou, en termes schopenhaueriens, par celle de la « volonté » et de la « représentation ».

1-3-4-1 – La signification du « dionysiaque » chez Nietzsche

Ce thème n'était bien sûr pas complètement une création de Nietzsche et encore moins du premier tiers du XX^e siècle. La réaction aux Lumières dans le *Sturm und Drang* s'était déjà appuyée sur une exaltation de l'intuition immédiate, opposée à la domination exclusive d'une pensée rationnelle. Les « philosophies de la vie » pouvaient d'ailleurs dans une certaine mesure être comprises comme un nouveau *Sturm und Drang*, où les termes de « vie » et de *Lebensphilosophie*

¹ Rickert H. (1920, 1922), pp. 76-78 et p. 158.

² Bertalanffy L. von (1926a), p. 90 et p. 92.

³ La distinction entre les termes *Leben* et *Erleben* est ici importante, comme l'expliqua bien Vladimir Jankélévitch (in Simmel G. (1988), p. 12) : *Leben* réfère à la vie en tant que pure extériorité, qui ne se rapporte pas à un sujet conscient. *Erleben* réfère à la vie en tant qu'intériorité, c'est-à-dire encore en tant qu'elle est appréhendée consciemment par un sujet : « l'animal vit (*lebt*) mais il ne vit (*erlebt*) pas sa vie ; l'homme vit (*lebt*) et de plus il vit (*erlebt*) sa propre vie (*Leben*) ».

s'étaient respectivement substitués à ceux de « nature » et de *Naturphilosophie*¹. Les deux mouvements avaient au moins en commun d'avoir été suscités par les excès rationalistes des époques qui les avaient respectivement précédés et de prétendre en conséquence « libérer la vie de l'emprise d'une raison universellement contraignante »². Mais la place originale de Nietzsche fut qu'il ouvrit lui-même la porte, du fait de la magie si particulière de son style, à des interprétations biaisées et abusives de ses thèses menant à des excès inverses³ qu'on ne retrouvait pas chez les *Naturphilosophen*.

Chez Nietzsche proprement dit, le « dionysiaque » s'opposait au « principe d'individuation » et à la « limitation pleine de mesure » inhérents à l'« apollinien », c'est-à-dire encore au repos de la « forme » sage. Il s'y opposait comme l'inconscient au conscient ; comme le *Shiva* au *Vishnu* de la mythologie hindoue ; comme le couple création originale et destruction à celui de l'ordre et de la préservation ; comme l'ivresse et l'extase à la sereine sobriété. Le « dionysiaque », c'était au fond la tendance au dépassement de l'individu, à la « destruction des limites habituelles de l'existence » au profit d'une plongée dans l'universel, du sentiment divin de l'unité de l'homme et de la nature, du corps et de l'esprit. L'intention de Nietzsche, à la manière des *Naturphilosophen*, ne fut jamais que d'insister sur la nécessité du dionysiaque comme moment d'une dialectique perpétuelle et constructive l'opposant à l'apollinien, de même que la négation ne va pas sans l'affirmation. Le point essentiel ici est que ce qu'il attaquait par contre vraiment, c'était la « décadence socratique », qui « momifie la tendance apollinienne en schématisme logique » (et avait en particulier selon lui fait périr la tragédie grecque). Nietzsche jugeait problématiques non l'« apollinien » en tant que tel, mais les « fanatiques de la logique », « insupportables comme des guêpes », qui prétendaient enserrer définitivement et exhaustivement dans leurs concepts et règles rigides ce qui les déborde de toutes parts, sur la base d'un renversement de valeurs erroné :

Socrate appartient à un monde faussé et renversé. Dans les natures productives, c'est l'inconscient qui agit de manière créatrice et affirmative, alors que le conscient est critique et dissuasif. Chez lui, l'instinct devient critique et la conscience créatrice⁴.

1-3-4-2 – Les « philosophies de la vie » et l'interprétation irrationaliste du « dionysiaque »

Que Nietzsche ait été une référence majeure de Simmel ne surprend pas, puisque le thème du conflit entre la « vie » et la « forme » développé par le sociologue peut s'interpréter comme celui de la dialectique du « dionysiaque » et de l'« apollinien ». Mais comme le résuma bien Rickert, le problème avec le concept de « vie » de la *Lebensphilosophie* en général et celui de Simmel en particulier, était qu'il était au fond celui de l'absence de « forme » : comme tout concept présuppose une forme, ce concept de « vie » s'identifiait paradoxalement à celui de l'absence de concept en général⁵, tel un flux rétif à toute tentative de le contenir. Simmel s'aventura effectivement à écrire :

Le terme de vie [...] ne doit pas être dégagé d'une certaine absence de netteté, d'une certaine imprécision logique. Car l'essence de la vie établie avant toute forme ou au-delà serait manquée si l'on voulait en former une définition conceptuelle⁶.

C'est dans la philosophie biologique de Bergson que ce thème s'épanouit pleinement, et d'une manière d'autant plus significative pour mon propos qu'il le fit en étroite liaison avec une attaque radicale de l'approche réductionniste-méristique du vivant. Bergson jugeait la pensée purement logique « incapable de se représenter la vraie nature de la vie »⁷. Et la raison en était à ses yeux, dans une perspective qui anticipait partiellement l'épistémologie « génétique » de Jean Piaget, qu'elle serait dérivée du « schéma de notre action sur les choses ». Un schéma qui serait essentiellement

¹ Rickert H. (1920, 1922), pp. 174-175. Voir aussi Troeltsch E. (1921), in Forman P. (1971), p. 17.

² Voir à ce sujet Sontheimer K. (1962, 1964), p. 43 et p. 45, ainsi que Geuter U. (1994), p. 203 et Marcuse H. (1934, 1970), p. 63, dont la dernière expression, qui ne réfère toutefois qu'à la *Lebensphilosophie*, est tirée.

³ Voir à ce sujet Kraus K. (1933, 2005), pp. 239-243 et Sontheimer K. (1962, 1964), p. 48.

⁴ Nietzsche F. (2000), p. 157. Voir aussi p. 69, pp. 98-99 et pp. 165-175, dans *La naissance de la tragédie, Autour de la naissance de la tragédie et La vision dionysiaque du monde*.

⁵ Rickert H. (1920, 1922), p. 35, p. 41 et p. 63.

⁶ Simmel G. (1918, 2004), p. 403.

⁷ Bergson H. (1907, 2003), p. VI.

« analytique », fondé sur des procédures de « décomposition » et de « recombinaison » de la matière « inerte » selon des lois déterminées. De sorte que l'intelligence ne saurait se représenter l'organisation que comme une « fabrication » et l'organisme que comme une « machine », incapable qu'elle serait de ne pas « résoudre l'organisé en inorganisé », c'est-à-dire d'appliquer aux formes de la vie celles de la matière « brute » sur la base desquelles elle s'est elle-même développée ; et donc incapable de saisir la « mobilité réelle » de la vie, sa « continuité vraie » et sa « créativité » perpétuelle. D'où une doctrine prêchant en fin de compte l'irrationalité irréductible de la vie :

De la mobilité même notre intelligence se détourne [...] C'est de l'immobilité qu'elle part toujours, comme si c'était la réalité ultime ou l'élément ; quand elle veut se représenter le mouvement, elle le reconstruit avec des immobilités qu'elle juxtapose [...] *Notre intelligence ne se représente clairement que l'immobilité* [...] Elle n'est point faite pour penser l'évolution, au sens propre du mot, c'est-à-dire la continuité d'un changement qui serait mobilité pure [...] Elle n'arrive pas à saisir [l'invention] dans son *jaillissement*, c'est-à-dire dans ce qu'elle a d'indivisible, ni dans sa *génialité*, c'est-à-dire dans ce qu'elle a de créateur [...] Nous ne sommes à notre aise que dans le discontinu, dans l'immobile, dans le mort. *L'intelligence est caractérisée par une incompréhension naturelle de la vie* [...] Elle traite toutes choses mécaniquement [...] Quand elle aborde l'étude de la vie, nécessairement elle traite le vivant comme l'inerte, appliquant à ce nouvel objet les mêmes formes, transportant dans ce nouveau domaine les mêmes habitudes qui lui ont si bien réussi dans l'ancien¹.

Notons que Goethe, s'il était loin de prêcher un irrationalisme, s'était déjà opposé en des termes analogues à toute approche mécaniciste du monde de la vie :

Les formules mécaniques transforment ce qui est vivant en quelque chose de mort ; elles tuent la vie intérieure pour lui substituer depuis l'extérieur un principe insuffisant².

Dans les années 1920 surtout, l'irrationalisme « *lebensphilosophisch* » se déclinait bien souvent sur le mode particulier de la critique non seulement du déterminisme, mais plus radicalement encore du principe même de causalité. Dans la lignée des plaintes de Troeltsch contre un « déterminisme suffocant »³, Spengler, dont la double filiation nietzschéenne et goethéenne était explicite, interprétait ainsi la causalité comme une construction artificielle et pathologique érigée par réaction d'effroi face au devenir, au flux incessant de la « vie », à cette puissance ultime et irrationnelle qu'est le « destin » :

Nous avons d'abord l'idée du destin, et seulement ensuite celle de son contraire, enfant de la peur, tentative de l'être éveillé pour bannir et vaincre l'inévitable fin et la mort au sein de l'univers sensible, le principe de causalité, par lequel la peur de la vie cherche à se défendre contre le destin en fondant un autre univers envers et contre lui [...] Le savant abstrait, naturaliste, penseur en systèmes, dont l'existence spirituelle entière est fondée sur le principe de causalité, est un phénomène tardif de la haine inconsciente contre les puissances du destin, de l'Inintelligible⁴.

Spengler effectuait en fait explicitement « la relation du destin avec la vie, de la causalité avec la mort », exaltant la première en ces termes caractéristiques :

Vivre, c'est réaliser le possible, le pur cerveau ne connaît que des possibilités extensives⁵.

C'est toutefois chez Klages que le moment irrationaliste de la *Lebensphilosophie* atteint vraiment son apogée. Prolongeant Spengler, Klages n'hésitait pas, en effet, à parler de « l'esprit comme ennemi de l'âme », titre d'une trilogie qu'il publia entre 1929 et 1932. Il dénonçait la rationalité, toute connaissance conceptuelle, et en fin de compte l'esprit lui-même, comme des parasites asphyxiant l'âme⁶. Et c'est en résonance avec cet irrationalisme que se développa en parallèle en Allemagne une vague de mysticismes prétendant remédier au « déclin de l'Occident » qu'aurait induit une hypertrophie de la raison, par une plongée dans la « force vitale » obscure opérant dans la

¹ *op. cit.*, p. 156, pp. 164-166 et p. 197. Voir aussi pp. 93-94, p. 158 et pp. 161-162.

² Goethe J.W., in Callot E. (1971), p. 66.

³ Voir Forman P. (1971), p. 17.

⁴ Spengler O. (1923, 1976), I, pp. 123-124. Sur l'affiliation explicite à Nietzsche et Goethe, voir p. 13.

⁵ *op. cit.*, p. 49 et p. 121.

⁶ Sontheimer K. (1962, 1964), pp. 50-56; Ringer F. (1969, 1990), p. 337; Harrington A. (1996), p. 32

nature, dont les mystères, inaccessibles à la science, étaient sensés pouvoir être percés par des initiés aux techniques de l'occultisme. Des mysticismes divers qui s'adressaient tour à tour, pour se justifier, aux sages orientales et à des chrétiens tels que Maître Eckhart (dont Bertalanffy remarqua en 1923 l'interprétation originale de Dieu comme « nature naturante » et du Fils comme « nature naturée »¹) ; mysticismes que certains voyaient comme des moyens de convertir la science en un regard artistique sur le monde et que d'autres assimilaient à une « religion du sang », identifié au « jus sacré de la vie », à la « force vitale » cosmique dont l'Aryen serait le seul dépositaire authentique².

1-3-4-3 – *La position de Bertalanffy face à l'irrationalisme* « lebensphilosophisch »

Dans quelle position Bertalanffy se tint-il par rapport au moment irrationaliste des « philosophies de la vie » ? La question est d'importance pour situer sa pensée. Tirant hors du contexte global de cette pensée certaines de ses réflexions critiques précoces sur les « révolutions en physique », en particulier sur l'émergence d'une pensée a-causale dans cette science, un historien des sciences tel que Paul Forman a ainsi laissé accroire qu'il pourrait être compté parmi les « philosophes de la vie » prêchant un irrationalisme³. En réalité, la position de Bertalanffy sur celui-ci et sur la résurgence du mysticisme était parfaitement claire, et elle s'oppose de la manière la plus nette à une telle vision. Que Bertalanffy ait parlé en 1932, dans l'introduction à l'un de ses essais majeurs, des « philosophies de la vie pas toujours réjouissantes » qui se sont édifiées sur le concept de « vie »⁴, en est un indice. Sa position se dessina surtout dans des publications « mineures » des années 1920, dont plusieurs furent consacrées au mysticisme et à la pensée « mythique ». Bien que s'appropriant certaines de leurs conceptions, Bertalanffy critiqua en fait sans ambage les « philosophes de la vie », particulièrement Hölderlin et Nietzsche, comme les représentants d'une « utopie classique » incarnant plus le « déclin de l'Occident » que sa renaissance :

Ce qui rend l'utopie classique douteuse, c'est la confusion de ses solutions. Aussi profondément qu'ils ressentent toutes les insuffisances de notre époque et aussi grands soient-ils comme critiques, aussi faibles sont tous les utopistes dans le positif, à commencer par Nietzsche. Ils attendent tous une renaissance spirituelle, mais aucun d'entre eux n'a encore su dire ce que cette renaissance signifierait en définitive concrètement⁵.

Le Viennois reconnaissait certes, faisant ici allusion à la mécanique quantique, que « l'irrationalité de l'Être se met toujours plus en avant au fur et à mesure des progrès de l'analyse scientifique »⁶. Pour autant, ceci ne justifiait pas à ses yeux un quelconque irrationalisme : la découverte du « noyau irrationnel de l'Être » n'était jamais pour lui que celle de l'incomplétude fondamentale de toute connaissance, de son caractère nécessairement « perspectiviste » ; et son intérêt profond pour Nicolas de Cues, auquel son premier livre fut entièrement consacré, tient justement en grande partie au fait que ce théologien avait montré, dans sa doctrine de la « docte ignorance », que l'ignorance de l'Être dans laquelle se trouve irrémédiablement cette créature finie qu'est l'Homme est compatible avec la possibilité d'accéder rationnellement à certains aspects de ses manifestations et d'en acquérir une authentique connaissance⁷. En d'autres termes, l'« irrationalité de l'Être » était pour Bertalanffy un argument justifiant non pas l'irrationalisme, mais la modestie du scientifique. Il s'aligna en fait explicitement sur la position de Rickert. Tout en accordant aux « philosophies de la vie » le mérite d'insister sur les limites de la pensée rationnelle et de la domination conceptuelle du monde dans sa profusion et sa multiplicité, il s'agissait de souligner que vouloir connaître la réalité seulement en tant que réalité dans sa « vitalité » ne peut en aucun cas être un idéal scientifique tenable. En effet, il ne saurait y avoir de science sans pensée conceptuelle et c'est précisément le sens de tout concept d'instaurer une distance par rapport au « vécu » immédiat. Pour Rickert, et pour Bertalanffy à sa suite, le dualisme de la réalité et du concept ne saurait donc être dépassé sans renoncer à la science. Ils

¹ Bertalanffy L. von (1923), II.

² Mosse G.L. (1961). Voir aussi Jankélévitch V., in Simmel G. (1988), p. 83 et Sontheimer K. (1962, 1964), pp. 67-68.

³ Forman P. (1971), p. 111.

⁴ Bertalanffy L. von (1932b), p. 4.

⁵ Bertalanffy L. von (1927b), pp. 353-354.

⁶ Bertalanffy L. von (1930a), p. 46.

⁷ Bertalanffy L. von (1923), II et (1928c), surtout pp. 17-22.

estimaient que les « philosophies de la vie », en visant une connaissance du « vécu » immédiat qui prétendait atteindre l'essence de toute réalité, « poursuiv[ai]ent un fantôme dépourvu de signification théorique », quand bien même il serait accessible. Et que dénier ainsi toute permanence, même conceptuelle, conduit inmanquablement au relativisme, au scepticisme, et en définitive au nihilisme¹.

La ligne de Bertalanffy fut formulée dès ses premiers écrits, de manière non systématique toutefois. Ses raisons profondes apparaîtront aux 2-1 et 2-2, dans le contexte d'une étude globale de sa théorie de la connaissance prenant en compte ses publications ultérieures. Se lit principalement dans cette ligne de pensée l'influence (d'ailleurs souvent explicite) de la « philosophie du 'comme si' » de Vaihinger², une influence que je discuterai plus en détails dans ma seconde partie. Bertalanffy admettait en premier lieu que toute connaissance a d'irréductibles fondements mythiques et métaphysiques, voire éventuellement une inspiration mystique. La mystique et le mythe étaient selon lui des « composantes fondamentales de l'esprit » d'une valeur précieuse et devant donc en tout état de cause être préservées. Il considérait toutefois que si, y puisant une part de sa fécondité, la science s'en nourrit, elle ne progresse qu'en se dépouillant progressivement de l'« intuition mythique » et de ses éventuelles rationalisations métaphysiques, par un processus de « dé-anthropomorphisation » qui les réduit à des fictions heuristiques. La mystique, la pensée mythique et la métaphysique d'une part, et la science d'autre part, auraient en fait « chacune leurs droits » dès lors qu'elles sont « strictement séparées » dans leurs fonctions, une séparation qui ne signifiait pas pour lui, bien au contraire, l'absence de fécondation mutuelle. Bertalanffy jugeait notamment que les premières avaient un rôle essentiel à jouer, en tant que moments d'un « ré-enchantement » du monde nécessaire à la santé spirituelle et culturelle d'une époque par définition « désenchantée » par la science. Mais il estimait aussi que la domination exclusive de l'intuition mythique et de la mystique est toujours létale pour une culture, exactement au même titre que l'est la domination exclusive d'une perspective scientifique. Et que le rejet des prétentions hégémoniques de l'intellect rationalisant ne saurait être un prétexte pour dévaluer la qualité et la valeur inestimables de ses réalisations tout au long de l'époque moderne. Tous ces moments de sa position, que j'ai ici synthétisée, apparaissent dans les quelques passages suivants, dispersés dans ses premières publications :

Le sentiment mythique n'est pas seulement un premier degré de la connaissance scientifique, car la pensée scientifique elle-même reste aussi liée à des mythes, particulièrement à des personnifications. Mais de la sorte s'exprime bien sûr le grand dualisme de notre connaissance ; car d'un autre côté l'esprit scientifique tend à éliminer toujours plus ce sentiment mythique³.

Le mythe ne doit en aucune manière disparaître de la pensée contemporaine. L'erreur du passé le plus récent semble précisément tenir à ce que l'on a étendu à tous les autres domaines de la culture l'élimination du mythique qui se justifie en science. En a résulté la perte d'âme tant évoquée de notre civilisation de la machine. La solution correcte du conflit entre l'intuition mythique et l'entendement scientifique est que l'on élimine certes la possibilité de l'anthropomorphisme en science, mais que d'un autre côté on reconquiert le mythe en philosophie et en religion⁴.

Sans contenir la moindre connaissance, les idées mythiques et religieuses constituent une fiction précieuse, un symbole poétique de l'ineffable qui nous enrichit sans fin intérieurement et a fait ses preuves éthiquement. Mythe et science ont chacun leurs droits lorsqu'ils sont strictement séparés – mais il faut d'un autre côté que chacun puisse se développer dans son domaine propre et non rester atrophié. Et qu'il en soit ainsi dépend la santé intellectuelle de notre temps, lequel ne doit pas plus se réifier dans un intellectualisme unilatéral que s'évanouir dans un mysticisme sentimental⁵.

On a déjà souvent parlé du fait que la crise culturelle présente signifie un revirement par rapport au matérialisme mondain du tournant du siècle, en direction d'une nouvelle disposition mystique. Tandis que ce mouvement dégénère à l'occasion sous une forme affadée et boursoufflée comme théosophie ou mysticisme littéraire, nous ne devons pas ignorer que, par-delà la robe bariolée avec laquelle ces charlatans [et faux prophètes] la déguisent, se dissimule une âme très profonde et belle⁶.

¹ Rickert H. (1920, 1922), p. 176, pp. 110-111 et p. 63. Bertalanffy acquiesca à ces critiques (sans les préciser) dans (1930a), p. 47.

² Vaihinger H. (1911, 1965).

³ Bertalanffy L. von (1929f), p. 330 et (1932a), pp. 67-68.

⁴ Bertalanffy L. von (1929f), p. 332 et (1930a), p. 49.

⁵ Bertalanffy L. von (1929f), p. 333 ; voir aussi (1932a), p. 73.

⁶ Bertalanffy L. von (1923), I, la qualification de « faux prophètes » intervenant dans III.

Tout en reconnaissant pleinement dans la mystique moderne, en dépit de ses égarements [...], une véritable force culturelle en tant que dépassement nécessaire d'un matérialisme et d'un mécanisme techniques et dépourvus d'âme, nous n'avons aucune envie de jeter par-dessus bord notre civilisation occidentale, même si elle est désormais vieille et fatiguée, ni de mettre entre parenthèses le développement intellectuel de l'Occident qui a eu cours pendant huit siècles¹.

1-3-5 – *Sciences de la « vie culturelle » contre sciences de la « nature »*

Un autre aspect important de certaines « philosophies de la vie » doit être ici examiné : leur tendance vers un dualisme ontologique et logique radical entre « nature » et sciences de la « nature » d'une part, et « vie culturelle » et « sciences de l'esprit » (ou de la « culture ») d'autre part. Un dualisme en opposition auquel se développa une bonne partie des travaux de Bertalanffy. Il faut toutefois noter que ce dualisme avait deux origines qui, bien qu'ayant interagi, étaient distinctes. La première était une composante de « philosophie de la vie » particulière (au sens attaché à cette expression dans ce chapitre) : c'était l'œuvre de Dilthey. C'est d'ailleurs ce dernier qui forgea l'expression *Geisteswissenschaften* [« sciences de l'esprit »] en 1883 à la suite de John Stuart Mill, référant avec elle à « l'ensemble des sciences qui ont pour objet la réalité historique et sociale »². La seconde était représentée par les néo-kantiens Wilhelm Windelband et son élève Rickert ; et, bien que l'on puisse en un sens dire que ce dernier développa lui-même une « philosophie de la vie », ce fut comme nous l'avons vu en opposition à la survalorisation du « vécu » des *Lebensphilosophen* à proprement parler³. Même si cette seconde origine ne s'inscrivait donc pas dans la tendance intellectuelle examinée dans cette section, son importance est telle pour l'approche systémique de l'histoire de Bertalanffy que commencer ici par quelques mots à son sujet se révélera utile par la suite.

1-3-5-1 – *Les oppositions entre sciences « nomothétiques » et « idiographiques », ou entre sciences « généralisantes » et « individualisantes » : Windelband et Rickert*

En s'inspirant d'une terminologie forgée par Otto Liebmann, qui avait distingué très généralement en 1882 des modes « nomocratique » et « idiotypique » de pensée, Windelband effectua en 1894 une distinction radicale d'ordre méthodologique (dont Schopenhauer avait déjà esquissé l'idée) entre les sciences de la nature en tant qu'elles seraient des sciences « nomothétiques », c'est-à-dire visant la formulation de lois générales qui rendent compte de régularités phénoménales ; et les sciences historiques en tant qu'elles seraient des sciences « idiographiques », c'est-à-dire visant la représentation des phénomènes dans leur singularité. Windelband avait aussi laissé entendre que cette dichotomie méthodologique dépend d'une différence entre les objets respectifs dans ces deux types de sciences, donc qu'elle irait de pair avec une dichotomie de nature ontologique⁴.

Rickert élaborait par la suite les idées de son maître, en les reformulant. Il préféra requalifier la dichotomie en question comme celle des méthodes « généralisante » et « individualisante ». Et d'une part il prétendit la restreindre strictement à la méthodologie, d'autre part il insista sur la nécessité de la relativiser, interprétant plutôt ces méthodes comme des pôles idéaux, les « extrêmes » entre lesquels se développerait toute science (la dichotomie semblait donc devenir avec lui une polarité) :

La réalité devient nature quand nous l'envisageons sous l'aspect de l'universel, elle devient histoire quand nous l'envisageons sous l'aspect du particulier et de l'individuel ; et je tiens par conséquent à mettre en opposition le procédé généralisant de la science de la nature et le procédé individualisant de l'histoire⁵.

Rickert conservait ainsi en principe, dans une perspective qui préfigurait partiellement celle de Bertalanffy, la possibilité de penser une unité de la science qui respecterait la diversité de ses buts et

¹ Bertalanffy L. von (1928f).

² Dilthey W. (1883, 1992), p. 157. John Stuart Mill avait désigné en 1843 dans sa *Logique* l'ensemble de ces sciences par l'expression *moral sciences*, qui fut traduite par l'expression *Geisteswissenschaften* lorsque l'ouvrage en question fut traduit et publié en 1849 en Allemagne.

³ A ce sujet, voir Orth E.W., in Rickert H. (1926, 1997), p. VIII.

⁴ Voir par exemple Rickert H. (1926, 1997), p. 87, ainsi que Orth E.W., in *op. cit.*, p. XVIII.

⁵ Rickert H. (1926, 1997), p. 88. Voir aussi p. 12, p. 23 et p. 39 sur le principe de cette polarité.

de ses méthodes¹. Il n'en assignait pas moins en fait aux « sciences de la culture », expression qu'il forgea contre Dilthey (lequel n'était d'ailleurs pas pleinement satisfait de la sienne)², une méthodologie essentiellement « individualisante ». C'est qu'il réintroduisait en fait une autre dichotomie, fondée cette fois sur le concept de valeur, qui revenait malgré tout à distinguer « sciences de la nature » et « sciences de la culture » selon leurs objets :

[Ce qui] distingue la culture de tout ce qui est nature, [... c'est] ce qui n'est pas perceptible par la sensation, mais seulement compréhensible de façon non sensible, et confère une signification et un sens à la vie [...] La méthodologie doit tenir compte du fait que certaines disciplines ont affaire à une nature dépourvue de toute valeur et de toute signification, alors que les autres disciplines représentent une culture qui a un sens, est liée à des valeurs, et ne peuvent donc pas se satisfaire du procédé généralisant des sciences de la nature. Elles doivent donc mettre en œuvre une réflexion individualisante pour rendre justice à l'individualité et à la particularité concrète de leurs objets³.

En définitive, c'est d'ailleurs par le biais du concept de valeur que Rickert définit tout aussi bien la culture que l'objet véritable de la méthode « individualisante », transformant finalement la dichotomie de Windelband en celle entre « axiologique » et « nomothétique » ; une nouvelle dichotomie que ni Bertalanffy, ni les principaux scientifiques ayant contribué au développement de la « systémologie générale » n'étaient enclins à accepter, bien au contraire – il s'agit d'un rejet essentiel à ce projet dont il sera plusieurs fois question dans la troisième partie :

C'est par le point de vue *axiologique* que les processus culturels se distinguent de la nature quant à leur traitement scientifique [...] Nous devons caractériser explicitement le procédé historique-individualisant comme un procédé *qui se réfère à la valeur*, par opposition aux sciences de la nature en tant que celles-ci consistent en une investigation visant à obtenir un rapport légal ou généralement conceptuel, sans prendre en compte les valeurs⁴.

1-3-5-2 – Les dichotomies diltheyennes

Contrairement à l'intention initiale de Rickert, Dilthey n'hésita pas à distinguer tout à la fois par leur objet et par leur méthode les « sciences de l'esprit » des « sciences de la nature ». D'ailleurs, la divergence entre les deux philosophes portait en fait moins sur le premier aspect de la dichotomie dérivée que sur le second, précisément le principal moment *lebensphilosophisch* de l'approche diltheyenne. Écrivant à une époque où les sciences de la nature s'étaient déjà largement dissociées de la *Naturphilosophie*, Dilthey considérait que celle-ci s'était fourvoyée en postulant l'« identité entre l'ordre logique et la nature des choses » : le « règne de l'histoire » humaine et le « règne de la nature » seraient « distincts »⁵ ; ils n'auraient pas le même type d'intelligibilité et nécessiteraient donc d'être appréhendés par des catégories et des méthodes différentes. À l'encontre de « soi-disant positivistes »

¹ *op. cit.*, p. 13 : « [Je montre dans cet essai] comment, malgré des tendances très différentes du point de vue logique dans la formation des concepts scientifiques, les multiples disciplines spécialisées peuvent être réunies du point de vue méthodologique en un *tout* organisé, et comment c'est seulement en suivant cette voie qu'il est possible de rendre pleinement justice à la *diversité* de la vie scientifique, *sans* la 'briser' de telle sorte qu'elle se disloquerait en morceaux détachés. L'« unité » de la science ne peut évidemment pas signifier l'*uniformité* de toutes ses parties ; car, de même que le monde est divers, la science ne pourra parvenir à s'étendre à toutes les parties de ce monde que si elle s'assigne des buts divers et développe une multiplicité de méthodes afin de les atteindre. Quand on les comprend correctement, l'unité et la diversité ne sont même en aucun cas des contraires exclusifs en méthodologie. La meilleure unité de la science sera au contraire celle qui liera les multiples et diverses parties en un 'organisme' cohérent ».

² Dès 1883, Dilthey affirma que son expression « sciences de l'esprit » était imparfaite pour désigner son objet : « Une théorie qui veut décrire et analyser les faits historiques et sociaux ne peut pas faire abstraction de cette totalité qu'est la nature humaine et se limiter au spirituel » ; mais il remarqua que les expressions « sciences de la société », « sciences morales », « sciences historiques » et « sciences de la culture » partageaient la même insuffisance que la sienne, à savoir être « trop restreintes par rapport à l'objet qu'elles doivent exprimer » (Dilthey W. (1883, 1992), p. 158). C'est semble-t-il sur la suggestion de Rickert que l'expression « sciences de la culture » finit par s'imposer. Rickert ((1926, 1997), pp. 15-16 et pp. 33-34) souligna que le terme « esprit » utilisé ne poserait pas de problème si l'on était assuré qu'il prend un sens voisin de celui d'« esprit objectif » forgé par Hegel, par opposition à l'« esprit subjectif » (catégories que reprit Simmel, nous l'avons vu) ; dans ce cas, le problème terminologique serait que le second appartient aux sciences de la nature, et le premier à l'histoire. Rickert reprochait en fin de compte à Dilthey de réduire l'« esprit » à la psyché. Voir aussi Gens J.C. (2002), pp. 38-44.

³ Rickert H. (1926, 1997), pp. 16-17. Voir aussi p. 42 : « La nature est ce qui se produit de soi, ce qui 'naît' de soi-même et est abandonné à sa propre 'croissance'. Elle s'oppose à la culture, comme étant ce qui est directement produit par un homme agissant en vue de fins auxquelles il confère une valeur, ou [...] ce qui est conservé intentionnellement en vertu des valeurs qui s'y attachent ».

⁴ *op. cit.*, p. 123. Et Rickert définissait la culture comme « la totalité des objets réels auxquels sont attachées des valeurs universellement reconnues ou bien des structures de sens constituées grâce à celles-ci, et qui sont conservés en raison de ces valeurs mêmes » (p. 54).

⁵ Dilthey W. (1883, 1992), p. 159 et in Andler D. et alii (2002), p. 79.

jugés « myopes » et « présomptueux »¹, il posa même une supériorité des « sciences de l'esprit », qui seraient plus certaines que les sciences de la nature :

Les sciences de l'esprit ont sur toute connaissance de la nature l'avantage que leur objet n'est pas un phénomène donné dans les sens, le simple reflet d'un réel dans une conscience, mais une réalité intérieure immédiate et, qui plus est, vécue de l'intérieur sous forme d'une cohérence².

Il y avait là comme une réminiscence de la thèse du « *verum factum* » (« le vrai est ce qui est fait ») soutenue en 1725 par Giambattista Vico, qui l'avait érigée au fondement de sa « science nouvelle » (i.e. de l'histoire) : une thèse selon laquelle cette science permettrait d'accéder à une rigueur supérieure à celle des sciences de la nature, parce qu'elle porte sur un monde créé par l'homme, donc plus intelligible pour lui que la nature – créée par Dieu³.

L'argument de Dilthey cité plus haut lui servit à justifier, dans une perspective holistique dont d'autres fondements et implications seront discutés au 1-4-7-6, la constitution des « sciences de l'esprit » comme « un tout autonome à côté des sciences de la nature »⁴. Le moment « *lebensphilosophisch* » se manifestait chez lui par sa volonté de fonder ces sciences sur le « vécu ». Dilthey était d'ailleurs en ce sens intimement et plus généralement convaincu que « la racine ultime de la vision du monde est la vie »⁵. La différence méthodologique radicale qu'il opéra alors (dont la thèse du « *verum factum* » apparaît là aussi comme une préfiguration) s'exprima par son opposition entre « expliquer » et « comprendre » : tandis que nous expliquons la nature, nous comprenons l'Homme. L'explication serait la visée propre à une méthode méristique fondée sur un dualisme radical du sujet et de l'objet ; il la considérait comme inadéquate aux « sciences de l'esprit » ou, tout au moins, insuffisante. La réalité que celles-ci visent à appréhender, qui dans son idée pouvait être aussi bien psychologique que sociale et historique, se donnerait en effet toujours comme l'expression d'une totalité dont la connaissance est en principe un préalable à celle de ses parties ; connaître cette réalité exigerait de surcroît un engagement total du sujet connaissant pour s'assimiler son objet, selon un processus que Dilthey désigna par le terme de « compréhension » :

L'existence d'autrui ne nous est d'abord accessible de l'extérieur que dans des données sensibles, gestes, sons et actions. Il nous faut un processus de reconstruction de tout ce qui vient par bribes à nos sens pour compléter l'idée que nous avons de l'intériorité ; il nous faut, pour y parvenir, tout tirer de notre propre substance [...] Nous appelons *compréhension* ce processus par lequel nous connaissons une intériorité à partir de signes donnés de l'extérieur, par les sens [...] Comprendre la nature est une expression figurée⁶.

Par-delà la saisie de l'intentionnalité de toute action humaine, la compréhension désignait la saisie de la « vie de l'esprit », c'est-à-dire du dynamisme propre à une totalité signifiante qui s'exprimerait dans des dimensions à la fois individuelle, sociale et historique : les « sciences de l'esprit » étaient en ce sens pour lui des sciences de la « vie », fondées sur le « vécu ».

« Philosophe de la vie », Dilthey ne versa toutefois ni dans un irrationalisme invétéré, ni dans un subjectivisme, ni dans un psychologisme (en dépit du reproche de Rickert qu'il englobait dans le terme « esprit » à la fois « l'esprit objectif » et « l'esprit subjectif »). Pour lui, les « sciences de l'esprit » pouvaient en effet atteindre un « degré contrôlable d'objectivité ». Il appela « interprétation » l'art d'y parvenir⁷ : les *Geisteswissenschaften* devenaient ainsi avec lui une herméneutique de la « vie

¹ Dilthey W. (1883, 1992), p. 158 : « À partir d'une définition du savoir résultant de leurs préoccupations qui, le plus souvent, se rapportent au domaine des sciences de la nature, les soi-disant positivistes déduisent le contenu du concept de science et, à partir d'un tel concept, décident si à telle ou telle préoccupation intellectuelle doit revenir le nom et le rang de science. C'est ainsi que certains, myopes et en même temps présomptueux, ont, en s'inspirant d'une définition arbitraire du savoir, refusé à l'histoire [...] le rang de science ». Il reste en toute rigueur impossible avec le texte de Dilthey de savoir précisément à qui il songeait lorsqu'il parlait de ces « soi-disant positivistes ». Il référerait toutefois probablement avant tout à Comte et Mill, pour lesquels « la » méthode scientifique » était une (Grondin J. (2006, 2008), p. 23). Comme l'expression « depuis peu » figure juste avant le passage cité (publié en 1883), on peut aussi envisager qu'il visait des « scientifiques de la nature » ayant récemment joué un rôle majeur dans la promotion d'une philosophie positiviste des sciences, tels que Du Bois Raymond, Helmholtz, Gustav Kirchhoff et peut-être Ernst Mach – qui publia la même année que le texte de Dilthey cité son essai sur le développement historique et épistémologique de la mécanique, le premier où il exposait systématiquement ses conceptions épistémologiques.

² Dilthey W. (1900, 1995), p. 292.

³ Vico G. (1725, 1993). Sur la portée considérable de ce point de vue, voir les analyses de Arendt H. (1958, 1983), p. 373.

⁴ Dilthey W. (1883, 1992), p. 157 et p. 161. Voir aussi Gens J.C. (2002), pp. 49-51.

⁵ Dilthey W., in Rickert H. (1926, 1997), p. 27.

⁶ Dilthey W. (1900, 1995), p. 292.

⁷ *op. cit.*, p. 293.

de l'esprit », dont j'exposerai les principes au 1-4-7-6. Bien que Bertalanffy et les autres fondateurs du projet de « systémologie générale » se soient portés en faux contre les dichotomies diltheyennes au même titre que contre celles introduites par Windelband et Rickert, je montrerai au 2-2-3-10 l'importance de cette herméneutique pour la compréhension de ce projet, voire dans son inspiration.

1-3-5-3 – *Les antithèses spengleriennes*

L'approche de Spengler différerait à des degrés divers et parfois très significatifs de celle des auteurs précédents. Chez lui, « l'antithèse » entre « nature » et « histoire » intégrait presque tous les thèmes « *lebensphilosophisch* » repérés dans ce chapitre, au premier chef celui de l'opposition entre « dionysiaque » et « socratique ». Spengler posait d'abord comme Dilthey une dualité radicale entre les deux univers :

L'antithèse unique permettant de saisir l'essence de l'histoire [est celle] de l'histoire et de la nature [... L'homme] n'est pas que membre de la nature, mais aussi membre de l'histoire, autre cosmos de nature et de substance différentes, que la métaphysique entière a sacrifié au premier¹.

Ils s'opposeraient en effet comme le « devenir » au « devenu », la vie et la mort :

Nature et Histoire : voici donc opposées pour chacun de nous deux possibilités extrêmes d'organisation de la réalité ambiante en image cosmique. Une réalité est nature si elle subordonne le devenir au devenu, histoire si elle subordonne le devenu au devenir [...]
Histoire et nature s'opposent *en nous* comme la vie et la mort².

Ils se distingueraient encore en ceci qu'« il n'y a de loi que de la nature », la causalité et les mathématiques étant réservées au seul monde du « devenu » :

La loi, la formule, est antihistorique. Elle exclut le hasard. Les lois naturelles sont les formes d'une nécessité absolue, donc anorganique. On voit la raison pourquoi la mathématique se rapporte toujours, en tant qu'organisation du devenu par le moyen du nombre, à des lois, à la causalité, et exclusivement à elles [...] Le devenir « n'a point de nombre ». Seul l'inerte [...] peut se compter, se mesurer, se décomposer. Le devenir pur, la vie, est en ce sens illimité. Il dépasse le ressort de la cause et de l'effet, de la loi et de la mesure. Aucune science historique profonde et vraie n'aspire à la légitimité causale sans méconnaître sa nature intime³.

D'où cette analogie caractéristique de l'esprit « *lebensphilosophisch* » :

La vie est à l'histoire ce que le savoir est à la nature – à l'univers sensible qui est conçu comme élément, considéré dans l'espace et figuré d'après la loi de cause à effet⁴.

Ce qui ne signifie pas que Spengler rejoignait les distinctions effectuées par Windelband et Rickert : son œuvre les rejetait totalement et consciemment. Que la « vie » d'une culture ne soit pas soumise à la loi causale n'empêchait pas pour lui qu'elle soit mue par un « destin », dont la logique inéluctable et universelle tout autant que la spécificité justifieraient *à la fois* les approches « individualisante » et « généralisante », « idiographique » et « nomothétique ». La conséquence méthodologique de ces considérations serait que l'Histoire, étant la « vie » même, ne peut être appréhendée comme la nature :

La nature doit être traitée en savant, l'histoire en poète⁵.

Et c'est à Goethe que Spengler faisait ici allusion. Je montrerai au 1-4-7 que lui comme Dilthey à un degré moindre, qui reconnut aussi s'en inspirer⁶, aboutirent à un import dans les « sciences de la culture » de l'approche « morphologique » goethéenne (dont les principes seront exposés au 1-4-1-6). Un import dont l'importance ici tient au fait qu'il se retrouva transposé par Bertalanffy dans les « applications » de sa « systémologie générale » à ce qu'il appelait « l'histoire théorique »⁷. La

¹ Spengler O. (1923, 1976), I, p. 60.

² *op. cit.*, respectivement p. 102 et p. 159.

³ *op. cit.*, pp. 102-103. Spengler niait en particulier explicitement la capacité du calcul différentiel à saisir le devenir (p. 129).

⁴ *op. cit.*, p. 154.

⁵ *op. cit.*, p. 104.

⁶ Voir Gens J.C. (2002), p. 50.

⁷ Voir en particulier Bertalanffy L. von (1971a).

morphologie goethéenne avait pourtant été développée dans une perspective biologique. L'import en question pourrait donc apparaître comme un paradoxe eu égard à l'autonomie des « sciences de la culture » prônée par Dilthey et Spengler. Ce n'en était toutefois plus un si l'on admettait la légitimité d'une biologie vitaliste : dans ce cas, le monde vivant dans son ensemble se retrouvait en effet interprétable comme un *cosmos* autonome par rapport au monde inerte...

Avant de considérer plus particulièrement cette dernière manifestation des « philosophies de la vie » que fut justement la résurgence du (ou plutôt des) vitalisme(s) en biologie, il faut observer comment Bertalanffy engloba dès 1927 cette résurgence et le dualisme entre nature et culture dans une même critique du « déchirement » du monde en « deux moitiés complètement séparées » ; un déchirement que ces vitalismes et ce dualisme auraient impliqué en tant que simples réactions à un monisme mécaniciste qu'ils demeuraient, selon lui, incapable de dépasser. Il leur opposa alors une conception de l'unité qui anticipait clairement celle qu'il développa plus tard dans sa « systémologie générale », à savoir une (potentielle et relative) unité catégoriale allant de pair avec un pluralisme méthodologique :

Le dualisme méthodologique semble être la seule possibilité pour sauver le monisme de la nature, qui se trouve sérieusement mis en danger par un monisme méthodologique qui s'est révélé insuffisant [i.e. le mécanicisme physicaliste]. Cette conception nouvelle est [plus généralement celle d'un pluralisme méthodologique (physico-mathématique, biologique, psychologique, historique). Mais d'un autre côté, l'unité du monde est conservée. La *possibilité de mettre en œuvre des catégories d'une manière impropre [uneigentlich] [...]*¹ indique qu'en dépit de la nécessité de divers types de points de vue, la nature forme une intime unité. L'ancienne conception moniste (mécaniciste-physicaliste) méthodologique s'est elle-même annihilée en biologie². Mais par là même fut offerte la possibilité de réinterpréter la multiplicité des perspectives en une multiplicité ontologique, et le monisme méthodologique fut condamné à finir en un dualisme ontologique, en un vitalisme mystique et théologique qui déchira le monde en vivant et mort, esprit et matière, Dieu et Monde. Au contraire, *le pluralisme méthodologique permet de sauver l'unité intérieure de l'Être*. Il dépasse surtout aussi le dualisme de la conscience humaine et de la nature, que l'ancien monisme ne pouvait en aucune manière concilier car il restait incapable de démontrer de quelle manière un événement mécaniciste spatial peut subitement devenir un événement psychique non spatial³.

1-3-6 – *Les résurgences vitalistes en biologie : origines, formes et controverses avec les « mécanicisms » biologiques*

Parler de « résurgence » des vitalismes en biologie dans le premier tiers du XX^e siècle ne présuppose pas que cette science en ait été « débarrassée » dans une période antérieure. Mais la biologie de la seconde moitié du XIX^e siècle fut indéniablement dominée par des paradigmes mécanicistes et réductionnistes, les vitalismes étant alors réduits à des points de vue minoritaires, pour ainsi dire hérétiques. L'opposition problématique entre mécanicistes réductionnistes et vitalismes est en fait d'une certaine manière constitutive de la biologie, parce qu'inhérente au problème de son autonomie et à la nécessité apparente de « séparer les êtres des choses et de fonder cette séparation »⁴ : si sa réduction aux sciences physiques semble annuler la spécificité de son objet, l'affirmation de cette spécificité dans le respect des normes de scientificité pose le problème de sa justification⁵. C'est pourquoi son histoire a pu être décrite comme structurée par des cycles où alterne la domination d'un point de vue sur l'autre⁶ ; ou, ainsi que la vit Bertalanffy, comme une perpétuelle « partie d'échecs »⁷.

¹ Bertalanffy donna l'exemple des catégories historiques en thermodynamique (2nd principe) et en biologie (évolution phylogénétique).

² Bertalanffy faisait probablement ici allusion aux thèses mécanicistes d'August Weismann et de Wilhelm Roux en embryologie, qui conduisirent Driesch à les mettre en doute expérimentalement, l'encourageant à développer sa métaphysique vitaliste. Voir le 1-3-6-4.

³ Bertalanffy L. von (1927c), pp. 260-261. Les italiques me sont propres.

⁴ Jacob F. (1970), p. 106.

⁵ Voir notamment Canguilhem G. (1965, 1998), pp. 83-95.

⁶ Meyer-Abich A. (1926), p. 216.

⁷ Bertalanffy L. von (1932b), p. 37.

Ce fut particulièrement le cas du XIX^e siècle, qui s'ouvrit avec le baptême de la science du vivant par le nom de « biologie »¹ en 1802. Jean-Baptiste Lamarck, tout en étant l'un des créateurs du terme, désigna simultanément le concept fondamental qui instituait dans sa spécificité la science auquel il référait, l'*organisation*². La pensée de Lamarck était le fruit d'une longue maturation³. À l'hylozoïsme dominant dont la « grande chaîne de l'être » était le paradigme⁴, qui répartissait les êtres en trois règnes continûment reliés (animal, végétal et minéral), certains naturalistes tels que Georges L.L. de Buffon et Antoine L. de Jussieu avaient dès la seconde moitié du XVIII^e siècle opposé avec une insistance croissante la nécessité d'un « critère certain qui sépare le vivant du non-vivant en même temps qu'il unifie plantes et animaux dans un seul règne »⁵. Et ce fut déjà dans l'organisation qu'ils le trouvèrent, instaurant ainsi la dichotomie entre le règne « organique » des êtres vivants et celui, « inorganique », des minéraux. L'identification de la vie à l'organisation fut dès lors caractéristique de tout le XIX^e siècle, de Lamarck – selon qui « la vie constitue un phénomène physique lié à l'organisation »⁶ – à Claude Bernard en passant par Pierre A. Bécclard, lequel put définir la vie comme « l'ensemble des phénomènes propres aux corps organisés » et semble d'ailleurs avoir été, en 1823, l'inventeur du terme d'« organicisme »⁷.

Cette approche n'allait toutefois pas sans de profondes ambiguïtés. L'*organon* désignant en grec l'« instrument », le concept d'organisation inclut en effet d'emblée celui de finalité : le trait téléologique lui est inhérent⁸. L'organisation est au fond toujours assimilable à une finalisation, son concept posant donc le problème de l'immanence ou de la transcendance de son origine. Dans la métaphore cartésienne de l'organisme comme « machine », la téléologie était renvoyée à l'opération extérieure d'un Dieu « ingénieur ». Conserver cette métaphore sans recours à la théologie conduisait alors soit à récuser toute téléologie comme illusoire et à chercher à rendre compte de la finalité apparente des phénomènes biologiques à partir de moyens purement naturalistes (mais pas nécessairement réductionnistes), ce qui finissait toujours par rendre le concept d'organisation ambigu ; soit à la réintroduire par une autre porte en postulant dans une perspective non naturaliste l'action de « forces vitales » spécifiques ayant pour fonction de finaliser le comportement de la matière organique. Le problème semble bien d'avoir été la difficulté de penser l'organisation en rupture avec le modèle « machinaliste ». La biologie du XIX^e siècle demeura largement confrontée à cette difficulté en des termes que Bichat illustra typiquement par la manière dont il décrit les animaux (des « assemblages d'organes » et des « machines particulières »), alors même qu'il put en parallèle définir la vie comme tout ce qui combat le mort⁹. Lamarck lui-même préserva d'ailleurs le modèle de l'horloge¹⁰. Sans doute faut-il admettre à la suite de la philosophe Judith Schlanger qu'en dépit du Romantisme, qui désigna de manière inédite le mécanisme comme le « mort » et de la sorte « s'inventa la machine comme adversaire », « la pensée de l'organisme ne se comprend pas par opposition au thème de la machine, parce que l'un et l'autre sont des figures d'organisation et donc d'harmonie »¹¹. L'illustrent bien les écrits du zoologiste Yves Delage : aspirant à réhabiliter le terme d'« organicisme », il définit en effet en 1903 l'organisme vivant comme un ensemble de parties contribuant de manière indépendante à la formation d'une totalité en donnant ainsi l'illusion d'une harmonie préétablie – c'est à dire... comme une machine¹². André Lalande résuma bien la confusion

¹ Jean-Baptiste Lamarck, Ludolph Treviranus et Lorenz Oken créèrent quasi-simultanément ce terme avec cette signification, de manière indépendante. Le terme « biologie » était en fait apparu en 1798, mais avec le sens de « biographie » : MacLaughlin P. (2002), p. 1.

² Lamarck J.B., in Jacob F. (1970), p. 99 : « L'organisation est de toutes les considérations la plus essentielle pour guider dans une distribution méthodique et naturelle des animaux ».

³ Voir Schiller J. (1978).

⁴ Lovejoy A. (1936, 1964), particulièrement pp. 183-241.

⁵ Schiller J. (1978), p. 4. Voir aussi Jacob P. (1970), pp. 100-101.

⁶ Lamarck J.B. (1802), in Schiller J. (1978), p. 71.

⁷ Bécclard P.A. (1823), in Schiller J. (1978), p. 5 et p. 101.

⁸ Voir entre autres Canguilhem G. (1970), p. 306.

⁹ Bichat X., in Schiller J. (1978), p. 61 : « Tous les animaux sont un assemblage de divers organes qui, exécutant chacun une fonction, concourent à leur manière à la conservation du tout. Ce sont autant de machines particulières dans la machine générale qui constitue le tout ».

¹⁰ Schiller J. (1978), p. 82.

¹¹ Schlanger J. (1971), p. 51 et p. 59.

¹² Delage écrit en 1903 : « La vie, la forme du corps, les propriétés et caractères de ses diverses parties, en tant qu'elles résultent du jeu réciproque ou du combat de ses divers éléments, cellules, fibres, tissus, organes, qui agissent les uns sur les autres, se modifient les uns les

qui régnait encore au début du XX^e siècle lorsqu'il écrivit que l'organicisme, alors défini comme la doctrine opposée au vitalisme tenant la vie pour « le résultat de l'organisation », pourrait s'entendre soit au sens où « la vie résulte mécaniquement de la configuration et du jeu des organes », soit au sens où « chaque organe est doué de propriétés vitales qui lui sont propres »¹. L'historienne Evelyn Fox Keller n'est probablement pas loin de la vérité lorsqu'elle considère que le XIX^e siècle a légué au suivant son échec à définir la vie² : les controverses du début du XX^e siècle peuvent apparaître comme l'aboutissement de cet échec.

1-3-6-1 – *Les sources kantienne de la « tradition » vitaliste germanique*

La résurgence des vitalismes avait dans cette période des origines spécifiques en pays de langue allemande, qui doivent ici être évoquées : leur empreinte se révélera profonde dans certaines conceptions de Bertalanffy. Celui-ci précisa lui-même celle qui paraît primordiale :

Ce problème [de se limiter ou non à concevoir les problèmes biologiques dans les catégories des sciences physico-chimiques] a sa racine chez Kant. Tandis qu'il veut d'un côté admettre que toute science soit mécanistique, il souligne d'un autre côté que l'on attendra éternellement en vain le « Newton du brin d'herbe » qui expliquera celui-ci selon des lois causales à la manière dont le fit le grand Anglais pour les astres ; qu'une explication mécanistique de la vie, donc, est impossible. Quelle place la biologie peut-elle alors prendre en tant que science, Kant ne nous l'a pas révélé³.

Dans la seconde partie de sa troisième critique, intitulée « Critique de la faculté de juger téléologique », Kant admit effectivement dans un premier temps et sans ambiguïté que le phénomène de la vie défie toute appréhension en termes mécanicistes :

Un être organisé n'est pas une simple machine, car celle-ci dispose exclusivement d'une *force motrice* ; mais l'être organisé possède en soi une *force formatrice* qu'il communique aux matériaux qui n'en disposent pas (il les organise), force motrice qui se transmet donc et qui n'est pas explicable par le simple pouvoir du mouvement (le mécanisme) [...]

Par rapport à notre faculté de connaître, le simple mécanisme de la nature ne peut fournir pour la production des êtres organisés aucun fondement d'explication⁴.

C'est qu'il considérait déjà l'auto-organisation comme le principe distinctif du vivant. L'être vivant, « s'organisant par lui-même », était en tant que « cause et effet de lui-même » qualifié de « fin naturelle » [*Selbstzweck*]. Kant, que Bertalanffy loua et dont il s'inspira à ce propos⁵, liait étroitement le concept d'organisation à celui de « causalité réciproque » [*wechselseitige Kausalität*], qu'il appelait aussi « liaison par les causes finales » ou « idéales » :

Une liaison causale peut également être pensée, qui, si on la considère comme une série, porterait en soi une dépendance tant ascendante que descendante, liaison dans laquelle la chose désignée comme effet mérite néanmoins en amont le nom de cause de la chose dont il est l'effet [...]

Un produit organisé est un produit dans lequel tout est fin et réciproquement aussi moyen⁶.

Il légitimait par là même l'adoption d'un point de vue holistique [*ganzheitlich*] sur le vivant, au sens « organismique » du terme que nous verrons Bertalanffy développer :

Pour une chose en tant que fin naturelle, on exige premièrement que les parties (d'après leur existence et leur forme) ne soient possible que par leur relation au tout [... et] deuxièmement, que les parties de cette chose se reliait à l'unité d'un tout, de façon qu'elles soient réciproquement cause et effet de leur forme les unes par rapport aux autres [...] Dans un tel produit de la nature, chaque

autres, attribuent à chacun sa place et son rôle, et les mène tous au résultat final, nous donnant l'apparence d'un consensus ou d'une harmonie préétablie, alors qu'il n'y a en réalité que le résultat d'événements indépendants », cité in Needham (1928a), pp. 29-30.

¹ Lalande A. (1926, 2002), p. 722.

² Fox Keller E. (2002), p. 17.

³ Bertalanffy L. von (1927c), pp. 255-256. Bertalanffy faisait ici allusion à cette remarque de Kant : « Il est en effet tout à fait certain que nous ne pouvons même pas connaître suffisamment les êtres organisés et leur possibilité interne selon de simples principes mécaniques de la nature et encore moins nous les expliquer ; et cela est si certain que l'on peut avoir l'impertinence de dire qu'il est absurde pour les hommes de s'attacher à un tel projet ou d'espérer que puisse naître un jour quelque Newton qui fasse comprendre la simple production d'un brin d'herbe selon les lois de la nature qu'aucune intention n'a ordonnées » : Kant E. (1789, 1985), p. 1197.

⁴ Kant E. (1789, 1985), p. 1166 et p. 1183 respectivement.

⁵ Bertalanffy L. von (1927c), p. 259 et (1932b), p. 90.

⁶ Kant E. (1789, 1985), p. 1163 et p. 1168 respectivement.

partie, de même qu'elle n'existe que *par* toutes les autres, est également pensée comme existant *pour* les autres et *pour* le tout, c'est-à-dire comme instrument (organe)¹.

Le problème central était pour Kant que la finalité *interne* aux êtres organisés constitue un défi pour l'entendement ; aucune finalité ne serait en effet concevable sans intentionnalité :

La *perfection naturelle interne*, telle que la possèdent les choses qui ne sont possibles que comme *fins naturelles*, et qui, pour cette raison, s'appellent des êtres organisés, n'est pensable ni explicable selon aucune analogie avec un quelconque pouvoir physique connu de nous, i.e. un pouvoir naturel.

La pensée même de ces choses en tant que choses organisées est impossible, si on ne la rattache pas à la pensée d'une production intentionnelle².

La solution avancée par Kant reposait sur sa distinction entre facultés de juger « déterminante » et « réfléchissante ». La première « subsume le particulier sous l'universel » selon des lois prescrites *a priori* par l'entendement. La seconde opère lorsque « seul le particulier est donné », en remontant à partir de lui vers l'universel. Mais selon Kant, elle a pour cela besoin d'un principe qu'elle « se donne à elle-même comme loi » et qu'elle ne peut ni emprunter à l'expérience, ni prescrire à la nature. Ce principe serait la finalité :

La nature est représentée par ce concept, *comme si* un entendement contenait le fondement de l'unité du divers de ses lois empiriques. La finalité de la nature est ainsi un concept particulier *a priori*, qui a son origine dans la seule faculté de juger réfléchissante³.

Il ne s'agirait donc pas d'un principe métaphysique : il serait transcendantal, au sens où il permet de « représenter la condition universelle *a priori*, sous laquelle seule des choses peuvent devenir objets de notre connaissance en général ». La finalité n'en deviendrait pas pour autant une « catégorie de l'entendement ». Elle ne serait ni un concept scientifique, ni une loi que la faculté de juger prescrit à la nature (sans quoi elle serait « déterminante ») ; elle ne serait qu'une maxime heuristique, une *fiction* nécessaire afin d'appréhender l'ordre vivant :

Ce concept transcendantal d'une finalité de la nature n'est ni un concept de la nature ni un concept de la liberté, parce qu'il n'attribue absolument rien à l'objet (de la nature), mais représente seulement l'unique façon dont nous devons procéder dans la réflexion sur les objets de la nature en vue d'une expérience entièrement cohérente, et, en conséquence, c'est un principe subjectif (maxime) de la faculté de juger [...]

Le concept d'une chose, en tant que fin naturelle en soi, n'est donc pas un concept constitutif de l'entendement ou de la raison, mais peut être néanmoins un concept régulateur pour la faculté de juger réfléchissante, selon une analogie éloignée avec notre causalité d'après des fins en général, permettant de guider la recherche sur des objets de ce genre et de réfléchir sur leur fondement originaire⁴.

Il est essentiel que la distinction entre jugements déterminants et réfléchissants interdisait pour Kant de traiter les premiers comme des fictions : c'est cette asymétrie qui fondait celle de son évaluation des modes mécaniciste et téléologique d'explication. En tant que jugement réfléchissant, le concept de fin naturelle demeurerait « étranger à la science de la nature »⁵. Il s'imposerait comme « principe heuristique permettant de rechercher les lois particulières de la nature », mais on ne pourrait en avoir aucun usage pour expliquer la nature⁶. C'est pourquoi il n'y avait selon Kant de véritable compréhension des phénomènes naturels que mécaniciste ; il formula à ce propos ce qui constitue

¹ *op. cit.*, pp. 1164-1165.

² *op. cit.*, p. 1167 et p. 1195.

³ La raison avancée pour faire de la finalité le principe recherché est la suivante : « Parce que le concept d'un objet, dans la mesure où il comprend en même temps le fondement de l'effectivité de cet objet, s'appelle la *fin*, et que l'accord d'une chose avec cette constitution des choses, seulement possible selon des fins, s'appelle la *finalité* de leur forme, le principe de la faculté de juger, eu égard à la forme des choses de la nature sous des lois empiriques en général est la *finalité de la nature* dans sa diversité » (*op. cit.*, p. 935).

⁴ *op. cit.*, p. 939 et p. 1167 respectivement.

⁵ *op. cit.*, p. 1185.

⁶ *op. cit.*, p. 1210.

peut-être le motif le plus profond de l'adhésion au point de vue mécaniciste, où Arendt, en le mettant en relation avec la thèse du *verum factum* de Vico, vit la marque par excellence de l'esprit moderne¹ :

Pourquoi la téléologie ne constitue-t-elle pas habituellement une partie propre de la science théorique ? [...] C'est pour que l'étude de la nature selon son mécanisme soit fixée dans ce que nous pouvons soumettre à nos observations ou aux expériences, de sorte que nous puissions le produire nous-même comme la nature ou du moins à l'image de ses lois ; car *l'on ne comprend pleinement que ce que l'on peut faire soi-même et réaliser selon des concepts.*

Le problème étant que « l'organisation, comme fin interne de la nature, dépasse[rait] infiniment tout pouvoir d'une semblable présentation par l'art »². Il ne faudrait donc pas vouloir imposer à tout prix l'explication mécaniciste (ce qui obligerait la raison à « vagabonder dans le fantastique et parmi les chimères des pouvoirs de la nature ») ; il faudrait toutefois encore moins se contenter d'une explication téléologique (ce qui ferait « délirer » la raison en ne tenant pas compte du mécanisme naturel³). En définitive, Kant accordait un primat de principe de l'explication mécaniciste du vivant, mais jugeait que celle-ci devait reconnaître ses limites et se soumettre le cas échéant à des principes téléologiques, sans pour autant renoncer à ses ambitions :

Nous ne savons pas jusqu'où va le mode d'explication mécanique possible pour nous ; mais il est seulement certain que, aussi loin que nous puissions continuer à le suivre, il ne suffit jamais pour les choses que nous reconnaissons comme fins naturelles, et qu'ainsi, suivant la constitution de notre entendement, nous devons subordonner tous ces fondements à un principe téléologique. C'est là-dessus que se fonde la permission, et à cause de l'importance que revêt l'étude de la nature selon le principe du mécanisme pour notre usage théorique de la raison, également la mission d'expliquer tous les produits et événements de la nature, même les plus finalisés, d'une façon mécanique aussi loin que possible pour notre pouvoir [...] mais sans jamais perdre de vue que les choses, que nous ne pouvons disposer pour l'étude de la raison que sous le concept de fin, doivent finalement, conformément à la constitution essentielle de notre raison et malgré ces causes mécaniques, être subordonnées à la causalité selon des fins⁴

1-3-6-2 – *Le courant « téléomécaniciste » de la biologie allemande*

Le message de Kant était que contrairement aux formes étudiées par les sciences physico-chimiques, l'organisation biologique, finalisée, ne saurait en aucun cas être déduite des éléments matériels constitutifs de l'organisme et de principes mécanicistes ; qu'elle doit être *admise* comme une donnée servant de *base* aux explications mécanicistes des interactions entre ces composants. En fait, Kant développa cette conception sous l'influence des travaux contemporains du biologiste Johann F. Blumenbach, qu'il stimula en retour en leur conférant des fondements philosophiques. La grande contribution de l'historien des sciences Timothy Lenoir⁵ est d'avoir montré que leurs conceptions conjointes furent la base d'un « programme de recherches » unifiant les modes téléologiques et mécanicistes d'explication, qu'il a qualifié de « téléomécanicisme » ; que c'est dans le cadre de ce programme que l'essentiel de la biologie allemande se développa au moins au cours des quatre premières décennies du XIX^e siècle ; et qu'il persista, ne serait-ce que par les oppositions qu'il suscita, à conditionner ses développements ultérieurs. Ce programme est incontournable ici : mes études menées au 1-4-5 et dans la seconde partie permettront de montrer que l'on peut dans une certaine mesure interpréter les travaux biologiques de Bertalanffy comme un effort pour le réhabiliter.

L'idée de Blumenbach, convergeant donc avec les conceptions de Kant, était qu'une position qui ne soit ni un réductionnisme matérialiste, ni un vitalisme métaphysique, est possible et féconde en biologie : celle qui consiste à postuler ce que Kant appelait une « force formatrice » [*Gestaltungskraft*], ou encore « pulsion de formation » [*Bildungstrieb*], comprise à la fois comme l'expression et le principe de l'organisation des composants matériels de l'être vivant. Une « force

¹ Arendt H. (1958, 1983), p. 369 : « Pour utiliser l'expérimentation afin de connaître, il fallait déjà être convaincu que l'on ne peut connaître que ce que l'on a fait, car cette conviction signifiait que l'on peut s'informer des choses que l'homme n'a point faites en se représentant et en imitant les processus qui les ont amenées à l'existence » ; plus généralement, voir ses analyses pp. 362-380.

² Kant E. (1789, 1985), p. 1177-1178. Dans la première partie de la citation, les italiques me sont propres.

³ *op. cit.*, p. 1211.

⁴ *op. cit.*, pp. 1215-1216.

⁵ Lenoir T. (1982).

vitale », donc, mais qui n'existerait pas en dehors des composants matériels et qui dépendrait exclusivement de leur ordre spécifique, tout en ne pouvant être expliquée par eux. Cette *Bildungstrieb* était ainsi conçue comme une propriété à la fois immanente à la matière organisée et émergente, dont la cause était et resterait inconnue, inexplicable par des principes physico-chimiques. Blumenbach l'interpréta comme une version organique de la force newtonienne, dont Newton n'avait pas plus expliqué l'origine tout en montrant comment elle pouvait unifier divers phénomènes¹. L'essentiel est que chez Kant et Blumenbach, elle devait être comprise comme un simple concept régulateur de la faculté de juger : un principe méthodologique à valeur heuristique qui devait fournir un cadre pour la recherche des mécanismes permettant aux organismes de fonctionner, de préserver leur organisation et de la transmettre, mécanismes qui devaient donc être interprétés comme les moyens employés pour le maintien de l'organisation finalisée et dont la « force vitale » exprimerait l'intégration. Leur position anticipait largement celle que Bernard embrassa par la suite sous le nom de « vitalisme physique », dont il énonça ainsi le principe :

L'élément ultime du phénomène est physique ; l'arrangement est vital.

Bernard souligna en effet de surcroît que « la seule force vitale que nous pourrions admettre ne serait qu'une sorte de force législatrice, mais nullement exécutive »².

Le « téléomécanicisme » inspiré par Kant et Blumenbach fut fécond ; il inspira les travaux de deux des plus grands biologistes de la première moitié du XIX^e siècle : Johannes Müller et Karl von Baer. La morphologie et l'embryologie du développement naissante en furent les principales bénéficiaires. Le problème est qu'au lieu de se restreindre strictement aux variantes de « holisme nucléaire » et de vitalisme épistémologique posées par le programme « téléomécaniciste », les praticiens de ce dernier eurent tendance à dériver vers un « holisme intégral » et un vitalisme métaphysique : Müller, von Baer et d'autres « téléomécanicistes » tels Karl F. Kiemeyer ne résistèrent pas à la tentation de rendre constitutif (et non plus seulement régulateur) leur usage du concept de « force vitale », d'hypostasier celle-ci et, en conséquence, d'accorder à la totalité organique, *via* cette « force », une priorité ontologique et causale sur les composants organiques ; c'est-à-dire d'attribuer directement à la « force vitale » la détermination des propriétés et comportements des parties organiques, donc de les expliquer par elle. Müller, qui parlait d'une « force organique du tout conditionnant l'existence de ses parties », écrivit par exemple :

L'activité continuelle qui opère dans la matière vivante organisée est aussi créatrice et finalisée selon les lois d'un plan raisonnable, en ce que les parties y sont ordonnées au service d'un tout et c'est exactement ce qui caractérise l'organisme [...] Chaque partie du tout organique a son fondement non en elle-même, mais dans la cause du tout [...] Une Idée se trouve au fondement de chaque organisme et tous les organes sont organisés de manière finalisée selon cette Idée³.

Avec les progrès de la chimie organique et le développement de la théorie cellulaire, certains comme Justus von Liebig (un pionnier de la première aux côtés du Français Marcellin Berthelot), Theodor Schwann (l'un des pères de la seconde) et le médecin et philosophe Rudolf H. Lotze commencèrent à critiquer vigoureusement ces dérives où la téléologie outrepassait ses droits, et à considérer comme inutile et dangereux le postulat de « forces vitales » émergentes, même conçues dans une perspective matérialiste : ils estimaient que la vie s'identifie purement et simplement à l'ordre spécifique des matériaux organiques et qu'aucune « force vitale » spéciale n'en émerge⁴. Contre l'idée holistique d'une détermination des affinités chimiques en contexte physiologique, la synthèse de l'urée par Friedrich Wöhler en 1828 avait à cet égard joué un rôle catalytique en suggérant le caractère superflu du postulat de cette « force ». Du « téléomécanicisme » restait l'idée que l'analyse mécaniciste ne peut fournir une compréhension complète de l'organisation biologique, celle-ci devant être prise comme point de départ ; mais la téléologie du vivant était réinterprétée dans une perspective fonctionnaliste : bien que seules agissent dans l'organisme des « forces » physico-chimiques, l'organisation imposerait des *exigences fonctionnelles*, des limites dans lesquelles elles s'exercent, fixant les paramètres des solutions possibles à l'application des lois physiques. L'idée était

¹ *op. cit.*, p. 9 et pp. 20-30.

² Bernard C., in Reinke J. (1901), p. 625. Voir aussi les commentaires de Bergson sur Bernard : Bergson H. (1907, 1939), pp. 260-266.

³ Müller J., in Reinke J. (1901), pp. 635-636.

⁴ Lenoir T. (1982), pp. 79-111 et pp. 125-129.

que la « force vitale » doit impérativement être comprise comme une métaphore et qu'on ne doit pas lui attribuer le maintien de l'état finalisé de l'organisation biologique, parce qu'un tel attribut pose une limite injustifiée à la recherche d'explications mécanicistes. Lotze, en particulier, souligna que les « forces » ne sont pas des objets de l'expérience, mais des concepts régulateurs au sens kantien¹. Et Liebig, qui se fixait pour objectif de remplacer chaque fois que possible l'action d'une « force vitale » par une série d'échanges matériels, interpréta dans le même sens cette « force » comme un simple effet spécifique des relations entre forces physiques, comme une sorte d'« énergie potentielle » immanente à l'ordre des matériaux organiques².

1-3-6-3 – L'émergence et la domination du paradigme « mécaniciste »

Mais une opposition frontale au « téléomécanicisme », plus radicale et dont les motifs sont partiellement idéologiques³, commença à se dessiner à la fin des années 1840, pour atteindre son apogée au début des années 1860. Les principaux zéloteurs en furent Helmholtz, Du-Bois Reymond, Ludwig, von Brücke et Mathias J. Schleiden⁴. Pour eux, la biologie pouvait être ultimement réduite aux principes physico-chimiques et la téléologie devait être définitivement expurgée de la science.

C'est par le biais de ses recherches physiologiques sur la contraction musculaire que Helmholtz fut amené, en 1847, à la formulation du principe de conservation de l'énergie (ou « conservation de la force »), entendue comme constance d'une *relation* entre forces physiques. Et c'est ce principe qui servit de cheval de bataille contre la « force vitale ». D'une part, une « force » devrait d'une manière générale être interprétée comme la *mesure* et non comme la *cause* d'un mouvement ; et d'autre part, la constance de la somme des énergies cinétique et potentielle dans tout système de particules matérielles impliquerait l'absence de source d'où la « force vitale » peut émerger : il n'y aurait donc aucune utilité à attribuer à une telle « force » un rôle directeur immatériel, car elle ne pourrait assumer ce rôle que par l'intermédiaire d'agents matériels incapables de témoigner de sa présence. Ce qui réfuterait l'existence de lois organiques spécifiques, dans la mesure où celles-ci présupposent l'existence d'une « force vitale » (dont elles sont le résultat). Mais par-delà cette « force » dont l'hypostase n'était qu'une perversion du « téléomécanicisme » tel qu'originellement formulé, c'est au cœur de ce dernier que visaient ces critiques : la question de l'origine de l'organisation n'avait pour eux aucune raison d'être mise hors de portée de la recherche scientifique. Ils concevaient même que l'on puisse reproduire la vie expérimentalement. Et au holisme « téléomécaniciste », ils opposèrent un mécanicisme réductionniste et déterministe radical, considérant (dans les termes de Ludwig) que « toutes les apparences produites par le corps animal sont une conséquence de la simple attraction et répulsion qui sont observées par la conjonction des atomes »⁵. La théorie cellulaire devint un lieu majeur d'expression de leur position, qui les amenait en bonne logique à tenir les cellules pour des atomes biologiques eux-mêmes exhaustivement justiciables des lois physico-chimiques, des « briques élémentaires » à partir de laquelle la totalité organique pourrait être reconstruite et comprise.

Les succès effectifs de ce mécanicisme triomphant qui s'imposa alors ne firent pas pour autant taire totalement les oppositions, la théorie cellulaire étant notamment le lieu de controverses suscitées par les approches tout aussi fécondes de Müller et Rudolf Virchow, qui s'inscrivaient pourtant dans la lignée holistique du « téléomécanicisme »⁶. Des oppositions par ailleurs d'autant plus justifiées que des problèmes sérieux commençaient à apparaître, qui minaient les positions mécanicistes de Helmholtz et ses collègues. La formulation du second principe de la thermodynamique, surtout dans l'interprétation statistique qu'en fit Ludwig Boltzmann, ne tarda pas, y compris chez eux, à susciter des interrogations quant à la mystérieuse capacité du vivant à « remonter » le cours de l'entropie⁷. Des

¹ Lotze écrivit notamment : « Les choses n'agissent pas parce qu'elles ont des forces, mais plutôt apparaissent avoir des forces chaque fois qu'elles ont un effet sur quelque chose » (cité in *op. cit.*, p. 169).

² *op. cit.*, pp. 156-179.

³ Voir Kaye H.L. (1986), pp. 59-60. Je reviendrai sur cet aspect au 1-5-1-1.

⁴ Lenoir T. (1982), pp. 195-222 et pp. 231-232.

⁵ Ludwig K., cité in *op. cit.*, p. 218.

⁶ *op. cit.*, pp. 223-229.

⁷ Helmholtz, évoquant l'impossibilité de tout accroissement d'énergie libre dans les systèmes physiques écrivit ainsi lui-même dès 1882 : « Quant à savoir si un tel changement serait également impossible dans la structure raffinée des tissus vivants organisés, cela m'apparaît encore être une question ouverte » (cité in Needham J. (1928b), p. 81).

interrogations durables, comme en témoigne l'invention en 1910 du terme « entropie » par Félix Auerbach¹ afin de désigner cette capacité, et le fait qu'elles persistent à alimenter les réflexions tout au long du siècle dernier². A cette première difficulté s'ajoutaient celles posées par la théorie darwinienne de l'évolution. Comme beaucoup alors et par la suite, Helmholtz et consorts, qui se satisfaisaient de son apparente compatibilité (au moins de principe) avec le physicalisme (au sens où je l'ai défini au 1-2-2) et en particulier avec le principe de conservation de l'énergie, considéraient que cette théorie anéantissait le plus puissant argument vitaliste contre la métaphore « machinaliste » de l'organisme ; à savoir celui de l'ingénieur, c'est-à-dire les questions laissées en suspens de l'origine et de la finalité de la « machine » :

Nous voyons dans la découverte par Darwin de la sélection naturelle dans le combat pour la vie la preuve frappante de la validité exclusive de la cause mécanique efficiente dans l'ensemble du domaine biologique, nous y voyons la mort définitive de tous les jugements téléologiques et vitalistes sur les organismes³.

Avec le principe de sélection, l'énigme a été résolue quant à comprendre comment le finalisé advient sans l'action d'une force finalisante⁴.

Le plus grand service rendu par Darwin tient à sa tentative d'expliquer la finalité organique à partir des forces (non psychiques) dominantes dans la nature en renonçant à tout principe métaphysique impliquant l'action d'une intelligence consciente⁵.

« Grâce » à Darwin (et bientôt « grâce » aux généticiens), la « sélection naturelle » complétée par le hasard leur semblait pouvoir se substituer à l'embarrassant Dieu cartésien qui n'avait guère fait que « rassembler la téléologie toute entière à son point de départ »⁶. Mais d'une part, j'y reviendrai au 1-4-4-5-2, cette substitution ne répondait pas nécessairement pour autant aux deux questions évoquées, le reproche fait à Descartes restant au moins partiellement justifié. Et d'autre part, la contingence de la variabilité introduite par Darwin apparaissait inconciliable avec le déterminisme, auquel ces mécanicistes étaient farouchement attachés. Même à supposer que la théorie darwinienne éradiquait la téléologie, elle ne le faisait ainsi qu'au prix du sacrifice de l'un des piliers de leur mécanicisme.

En dépit d'un horizon qui s'assombrissait, ce mécanicisme persista à dominer largement la biologie jusqu'à la fin des années 1880. Le problème de l'ontogenèse, qui avait été un « fief » des « téléomécanicistes » tels que Müller et von Baer, fut lui aussi investi. Nombre de questions fondamentales n'y avaient pas été résolues, et le sentiment commun parmi les embryologistes était celui d'une stagnation. On ignorait toujours ce qui se passait au cours des premiers stades du développement embryonnaire, et largement aussi comment se déroulait ce dernier. Mais le rejet de l'idée holistique que l'organisme ne peut être étudié en lui faisant violence, i.e. en expérimentant sur ses parties isolées du tout, changea la donne. La cytologie et l'histologie étaient devenues légitimes. Et, tandis qu'un Ernst Haeckel, fervent adepte et promoteur de la doctrine darwinienne, cherchait encore à expliquer l'ontogenèse en l'interprétant comme une « récapitulation » de la phylogenèse (une « loi biogénétique » qui fut en fait formulée dès 1821 par Johann F. Meckel et fut dès le départ combattue par von Baer⁷), certains biologistes allemands, à la suite de Wilhelm His, commencèrent dans les années 1870 à affirmer que ce sont pour l'essentiel des causes proximales, « mécaniques », qui déterminent l'ontogenèse, et que la tâche de l'embryologie est de les déterminer par des méthodes expérimentales adéquates, dans une perspective méristique et déterministe. Wilhelm Roux, qui prédit que le « Newton de la biologie » viendrait non de la phylogénie, mais de la physiologie⁸, prétendit ainsi pouvoir transformer l'embryologie en une « mécanique du développement » [*Entwicklungsmechanik*] : non plus une embryologie descriptive, donc, mais une science

¹ Auerbach F., (1910). Selon lui, la vie est l'organisation que le monde a créée pour lutter contre la dégradation de l'énergie. Il défendait un physicalisme, estimant que « les sciences physico-chimiques fournissent à la biologie les seuls fondements possibles de son progrès » (p. 76).

² Dans le concept d'entropie négative développé par exemple par Erwin Schrödinger : (1944, 1986), pp. 170-172 ; et bien sûr dans l'identification ultérieure de ce concept à celui d'information : voir entre autres Brillouin L. (1949, 1968) et (1950, 1968) ; et Atlan H. (1979)

³ Haeckel E. (1866), cité in Hertwig O. (1918), p. 649.

⁴ Weismann A. (1909), *op. cit.*

⁵ Plate L. (1913), pp. 8-9.

⁶ Canguilhem G. (1965, 1998), p. 113.

⁷ Cassirer E. (1940, 1950, 1995), p. 194.

⁸ *op.cit.*, pp. 226-229.

expérimentale isolant les différents facteurs causaux impliqués dans la différenciation progressive qui, d'un œuf, fait advenir un organisme complexe, et étudiant la manière dont leurs modes d'action se combinent. Mais c'est précisément de la tentative de mener à bien ce programme qu'émergea un vitalisme vigoureux, qui sonna l'heure de la révolte contre une biologie purement mécaniciste...

En convergence avec August Weismann, Roux développa dans les années 1880 une théorie qui, publiée par le premier en 1892, fut connue sous le nom de « théorie de Roux-Weismann de la division cellulaire qualitativement inégale », ou encore « théorie du plasma germinatif ». Elle trouvait son origine dans l'intuition de Roux (promise à un grand avenir) que c'est le noyau cellulaire, non le cytoplasme, qui joue un rôle essentiel dans l'ontogenèse. Sur la base de premières expérimentations, il émit l'hypothèse que si, au cours de la première division mitotique de l'œuf, à la fois le matériel du protoplasme et celui du noyau sont divisés de manières qualitativement identiques, ce n'est plus le cas en ce qui concerne le matériel nucléaire à partir de la seconde division. Ce qui signifiait donc que les différentes parties de l'œuf divisé à partir de ce stade étaient porteuses d'informations héréditaires différentes : le matériel héréditaire contenu dans le noyau – qui restait largement inconnu à l'époque et qui demeurait alors l'objet de spéculations faisant intervenir des entités hypothétiques – était dans cette hypothèse la cause « mécanique » de la différenciation qualitative du matériel cellulaire initialement homogène. Roux crut en 1888 démontrer expérimentalement son hypothèse : après avoir tué l'un des deux premiers blastomères d'un œuf de grenouille immédiatement après la fin de la première segmentation, il surveilla le développement de la cellule survivante et vit alors se former un demi-embryon qui, selon les termes de Driesch, « était aussi exactement une moitié d'organisme que pourrait l'être un embryon bien développé qu'on aurait sectionné en deux parties avec un rasoir ». Forts de ce résultat, Roux et Weismann développèrent leur théorie qui, récusant explicitement toute épigénèse, était assimilable à une forme raffinée de préformisme¹ : elle concevait l'embryon comme une « mosaïque » où chaque partie, indépendamment des autres, développe sa forme et ses fonctions dans le tout embryonnaire en étant déterminée à cet égard par la séparation d'unités d'information héréditaire. Cette théorie, qui renouvelait considérablement le champ de l'embryologie, fut érigée par ses tenants comme un dogme². Elle permit à Roux d'avoir une emprise considérable et durable sur l'embryologie allemande. Par l'intermédiaire de la revue qu'il fonda (*Roux' Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen*, dans laquelle Bertalanffy fit justement publier en 1926 son premier article d'épistémologie biologique et, en 1934, ses premiers articles sur la théorie de la croissance organique), cette influence s'étendit même bien au-delà des frontières allemandes.

Mais les critiques ne tardèrent pas à se faire entendre. Hertwig, par exemple, attaqua aussitôt cette théorie au motif qu'elle reposait sur l'introduction « métaphysique » d'entités hypothétiques, rendant son caractère déterministe et même tout simplement scientifique illusoire³. Il y avait certes là matière à un débat épistémologique (qui sera évoqué au 1-4-5-4) concernant le statut théorique de telles entités, et la critique de Hertwig n'était pas la plus gênante. Par contre, il apparut rapidement que l'expérimentation fameuse de Roux en 1888 était biaisée. Ce qui était beaucoup plus grave. Il l'avait conçue de telle sorte que tout processus de régulation du blastomère non tué était rendu impossible ; sa conclusion était donc en principe injustifiée, puisqu'un tel processus aurait *a priori* pu permettre le développement d'un embryon complet⁴. C'est cette faille qui fit la « fortune » de Driesch.

1-3-6-4 – De l'embryologie à la métaphysique vitaliste : Hans Driesch

Cet élève de Roux réalisa entre 1891 et 1895 une série d'expériences analogues, mais sur des œufs d'oursin. Et il fut amené à réfuter la théorie de la « mosaïque », tout au moins sa prétendue généralité⁵. Il démontra en effet qu'en séparant les deux premiers blastomères, on n'obtient pas deux

¹ Le préformisme tient que l'organisme vivant est complètement constitué dans l'œuf et que son développement est une « évolution » au sens ancien du terme : la totalité des parties de l'organisme adulte, ainsi que leurs relations, peuvent être mises en correspondance biunivoque avec celles de l'œuf, où elles préexistent. Du point de vue « épigénétiste », l'embryon se développe par formation successive de nouvelles parties et relations entre parties, lesquelles ne préexistent donc pas dans l'œuf : il y a production de diversité là où elle n'existait pas.

² Sur tout ce qui précède, voir par exemple Driesch H. (1899) et (1909, 1921), pp. 35-44 ; Schaxel J. (1919), pp. 37-41 ; Ungerer E. (1942), p. 60 ; Maienschein J. (1991), pp. 408-416 ; Hamburger V. (1997).

³ Maienschein J. (1991), p. 417-419.

⁴ Hamburger V. (1997), p. 232.

⁵ La distinction entre œufs isotropes et œufs anisotropes, faite plus tard, est à cet égard importante : dans l'œuf isotrope, une destruction partielle de l'embryon peut être réparée par autorégulation ; dans l'œuf anisotrope, au contraire, une telle destruction est irrémédiable.

demi-embryons incomplets ; qu'au contraire, chacun des deux blastomères se révèle capable de développer des embryons complets, bien que de tailles inférieures à celle de l'embryon obtenu en l'absence de séparation¹... Ce que ne saurait réaliser aucune « machine », concept sous lequel Driesch subsumait tout « arrangement caractéristique de constituants physiques et chimiques dont le fonctionnement produit un effet déterminé » :

Extraordinaire machine, qui se retrouve entière en chacune de ses parties !²

Driesch, qui mit ainsi au moins en évidence la formidable capacité d'autorégulation des embryons, fut alors conduit à réhabiliter le point de vue épigénétiste. Il pointa aussi un phénomène qui suscita certaines réflexions centrales que mena Bertalanffy dans sa « théorie des systèmes ouverts » et dont l'étude détaillée sera entreprise au 2-6 : celui que le Viennois qualifia d'« équifinalité », c'est-à-dire ici la capacité de l'embryon à atteindre un même état final de développement quelles que soient les conditions initiales et les modalités intermédiaires particulières de son développement. Pour interpréter ses résultats, et plus généralement les processus ontogénétiques, Driesch fut conduit à développer le concept de l'embryon comme « système équipotentiel harmonique » – l'équipotentialité référant à l'idée que chaque partie de l'embryon a en puissance, aux premiers stades de développement, la capacité de le produire en totalité ; tandis que l'harmonie réfère à la coordination des processus impliqués dans la différenciation fonctionnelle et morphologique des parties³.

Avec ce concept, Driesch mettait en particulier aussi au cœur de l'embryologie un principe dont j'ai déjà mis en évidence au 1-3-2-2 les ascendances dans les philosophies de Spinoza, Leibniz, Herder, Goethe, Schelling et Bergson : celui qui fut érigé par Bertalanffy en principe cardinal de son schème « organismique » d'interprétation et qu'il qualifia dans les années 1930 d'« activité primaire ». Mais il importe ici surtout que l'embryologiste allemand fut incité par ses expériences à adopter un émergentisme métaphysique proclamant l'autonomie absolue de la biologie :

[La vie] ne consiste pas en un arrangement particulier de phénomènes inorganiques. La biologie ne peut être, par conséquent, une physico-chimie appliquée. La vie est une réalité originale et irréductible et la biologie est une science qui a ses principes propres et indépendants.

Driesch rejoignait certes ainsi le positivisme comtien, mais avec des motifs et une inspiration très différents. Ce qu'il pensait avoir établi avec ses œufs d'oursin, c'était en fait rien moins que ce qu'il appela lui-même la « preuve du vitalisme »⁴. Et le terme devait là encore être compris au sens métaphysique. Driesch estimait en effet nécessaire d'introduire en biologie un type de causalité n'existant pas dans l'ordre physico-chimique : une « causalité holistique » [*Ganzheitskausalität*] permettant l'organisation finalisée de la matière et, le cas échéant, l'édification de la totalité organique à partir de l'une de ses parties. Selon Driesch, elle se traduisait par l'existence de « lois holistiques » [*Ganzheitsgesetze*] spécifiquement biologiques⁵, auxquelles les lois physico-chimiques opérant dans l'organisme, tout autant que le comportement de chacune de ses parties, seraient subordonnées. Il postula ainsi l'existence d'un « facteur d'autonomie des phénomènes de la vie » supposé leur conférer leur caractère essentiel de « totalité » et être responsable de l'ordre et du fonctionnement finalisés de la matière organique, de l'augmentation, caractéristique de l'embryogenèse, du « degré de multiplicité » du système organique, tout en étant lui-même immatériel et irréductible à des déterminants spatio-temporels. Cherchant un terme désignant ce facteur, « ce qu'il y a d'autonome et d'irréductible dans l'ordre qui préside à la morphogenèse », Driesch emprunta à Aristote (pour qui il ne cachait pas son admiration) celui d'« entéléchie ». Un terme dont l'étymologie traduisait bien l'idée que l'organisme « porte sa fin en lui-même », mais dont l'appropriation n'impliquait en fait pas plus chez Driesch que chez Leibniz, qui l'avait déjà détourné pour décrire ses monades⁶, une reprise de la doctrine aristotélicienne⁷. Cette « entéléchie » qui, selon propre son aveu, était « à peine plus qu'un mot »,

¹ Pour les détails de ces expériences, voir Driesch H. (1899), pp. 38-39 et (1909, 1921), pp. 44-47.

² Driesch H. (1909, 1921), p. 123 et p. 125.

³ Driesch H. (1899), pp. 70-76 et (1909, 1921), pp. 105-115.

⁴ Driesch H. (1909, 1921), p. 127 et p. 129 ; et (1899), pp. 99-100.

⁵ Meyer-Abich A. (1926), p. 217.

⁶ Leibniz G.W. (1714, 1991), p. 133 : « On pourrait donner le nom d'Entéléchies à toutes les substances simples, ou Monades créées ».

⁷ Driesch H. (1909, 1921), pp. 128-129 et p. 189. Chez Aristote et Driesch, la vie était en essence une totalité, essence que désignait en fin de compte le terme d'entéléchie. Mais Driesch (*op. cit.*, p. 129) écrivit lui-même que sa doctrine ne s'identifiait pas à celle d'Aristote. Et

jamais Driesch n'en fournit de définition positive : il s'agissait d'une entité purement métaphysique, qu'il semble avoir conçu à la manière de l'Inconscient de von Hartmann, c'est-à-dire comme une entité unique se manifestant dans chaque être vivant et en dirigeant la structure matérielle¹.

1-3-6-5 – *Autres vitalismes métaphysiques* – « *Psychovitalismes* »

Si Driesch fut, au moins dans le monde germanique, le principal promoteur d'un vitalisme métaphysique, il fut loin d'être isolé dans la période qui s'étend de 1895 à 1930 environ, où ne manquèrent pas ceux qui, tels Wenzl, affirmaient que la biologie devait « sans honte » revenir à sa période « pré-scientifique »². Johannes Reinke qui, en 1901, en appela comme Driesch à un retour à Kant et aux « téléomécanicistes » tels que Müller tout en ne résistant pas plus à la tentation d'hypostasier ses principes, postulait ainsi l'existence de « forces diaphysiques » supra-matérielles (ou de « champs biodynamiques ») irréductibles à toutes les « forces » physico-chimiques, à l'action desquelles il faudrait attribuer l'ordre spécifique finalisé des réactions chimiques ayant cours dans l'organisme vivant :

Dans la configuration de l'organisme se trouve un moment essentiellement non énergétique qui agit de manière causale sans fournir de travail mécanique³.

Friedrich Kottje, revenant sur les « réfutations » mécanicistes de Helmholtz et Du-Bois Reymond, chercha de manière analogue en 1927 à réhabiliter l'hypothèse d'une « énergie vitale » à caractère « purement qualitatif », qui s'opposerait aux différences de potentiel physico-chimiques tout en n'affectant en rien le principe de conservation de l'énergie, mais qui « ne pourrait pas constituer un objet direct de la recherche scientifique »⁴. Bergson vit quant à lui dans l'évolution du monde biologique une perpétuelle « invention », une « création qui se poursuit sans fin en vertu d'un mouvement initial » : l'« élan vital »⁵.

Certains, insatisfaits par le trait métaphysique de tels postulats, cherchaient à leur donner un sens concret. Leurs approches, souvent qualifiées de « psychovitalistes », consistaient en définitive à penser le monde biologique par le biais d'analogies psychologiques et reposaient sur la conviction qu'on ne saurait séparer la vie du fait d'être pourvu d'un psychisme. Ces « psychovitalismes » allaient par ailleurs presque inmanquablement de pair avec une réhabilitation plus ou moins sophistiquée de la doctrine de l'hérédité des caractères acquis, c'est-à-dire avec une forme de ce qui fut à l'époque qualifié de « psycholamarckisme » ou de « théorie mnémique de l'évolution » ; et ce, dans la lignée de Ewald Hering, qui avait conçu la mémoire comme une fonction de la matière organisée⁶.

Emilio Rignano postulait par exemple l'existence d'une « énergie nerveuse », conçue comme un « cas particulier » d'énergie physico-chimique ne se manifestant que dans les organismes et supposée différer des « énergies inorganiques » par une propriété d'« accumulation spécifique » ; une propriété sensée rendre compte aussi bien des traits téléologiques du vivant que d'une composante « lamarckienne » de l'évolution biologique⁷.

Edmund Bleuler voyait de son côté en chaque organisme une « mémoire » constituée par la trace de toutes ses expériences passées (leurs « engrammes »), et localisée non dans la seule psyché, mais dans chaque parcelle de l'organisme ; et il postulait l'existence d'un « agent » immatériel, d'une

effectivement, la finalité organique était chez ce dernier « strictement asservie à la disposition structurale », ce qu'elle n'était par définition pas chez Driesch : voir Canguilhem G. (1970), p. 322.

¹ Driesch fut avec Bertalanffy l'un des rares biologistes à s'être intéressé de près à von Hartmann : Bertalanffy L. von (1928b), p. 153.

² Wenzl A. (1949), p. 221.

³ Reinke J. (1901), p. 625 ; voir aussi pp. 49-57 et pp. 626-636.

⁴ Kottje F. (1927), en particulier pp. 81-87.

⁵ Bergson H. (1907, 2003), p. 23, pp. 97-106 et pp. 258-261 en particulier.

⁶ Bertalanffy L. von (1929e), en particulier p. 108.

⁷ Rignano E. (1908). Voir aussi Bertalanffy L. von (1927a), pp. 271-272, (1927e), pp. 407-409 et (1929d), pp. 388-390. Selon Rignano, cette énergie serait commune à tous les êtres vivants. Chaque flux nerveux, déterminé par exemple par la perturbation de l'équilibre organique sous l'effet d'une stimulation extérieure, laisserait un résidu d'énergie potentielle, une « accumulation spécifique » capable en se réactivant de produire de nouveau ce flux. Cette sorte de « précipité énergétique » serait donnée dans le plasma embryonnaire et représenterait le moteur de l'ontogenèse : la réactivation successive des énergies potentielles héréditaires conduirait au développement progressif de l'organisme. Accumulées dans le plasma embryonnaire au cours de la phylogenèse, leur réactivation était sensée expliquer la « loi » biogénétique de Haeckel (« l'ontogenèse récapitule la phylogenèse »). Le caractère finaliste du vivant, l'anticipation de conditions de vie futures, s'expliquait lui aussi, selon Rignano, par le « fait » que ces conditions ayant partiellement existé dans le passé (celui de l'individu ou celui de l'espèce), elles ont déjà laissé s'accumuler des traces d'« énergie nerveuse spécifique », que les conditions nouvelles réactiveraient.

« âme unitaire » de l'organisme qui intégrerait tel un « aimant » et finaliserait toutes les fonctions organiques ainsi pourvues de mémoire : la « psychoïde »¹.

Parallèlement, certains botanistes « psychovitalistes » tels que August Pauly et Adolf D. Wagner (un professeur de Bertalanffy lors de ses premières années d'études supérieures à Innsbruck) développaient des doctrines voisines de celles de l'Inconscient de von Hartmann ou de « l'âme des plantes » de Fechner, voyant à l'œuvre dans le monde végétal une « volonté » dirigeant les fonctions vitales, et interprétant tout comportement végétal comme un analogue d'actions humaines finalisées, une satisfaction de « besoin »².

Un thème « psychovitaliste » d'autant plus important qu'il influença notablement les réflexions de Bertalanffy sur le concept d'organisation (ou d'« intégration ») « d'ordre supérieur », était celui de l'« âme supra-individuelle ». Ce thème fut particulièrement développé par Erich Becher, qui interpréta les phénomènes de co-adaptation entre plantes et parasites qu'il étudiait comme la manifestation d'une telle « âme » d'ordre supérieur transcendant celles animant les individus concernés. Becher, qui voyait un psychisme à l'œuvre dans toute manifestation de la vie, tendait en fait vers un animisme conférant un psychisme à toute réalité, y compris purement physico-chimique³.

Des tendances animistes et hylozoïstes se manifestèrent chez d'autres vitalistes contemporains. Le biologiste autrichien Karl Sapper, par exemple, conçut les organismes comme des systèmes d'entéléchies dirigés par une « entéléchie centrale », tout en étendant cette doctrine à la nature inorganique, en particulier aux cristaux : la « pulsion de formation » [*Bildungstrieb*] dominait pour lui toute la nature⁴. Quant à Wenzl, il n'hésita pas à voir la matière elle-même comme « pourvue d'une âme » et la réalité dans son ensemble comme une « hiérarchie de porteurs de volonté » ; et il attribua non seulement une entéléchie à chaque organisme individuel, mais aussi aux espèces biologiques et à leurs associations, toute la hiérarchie du réel trouvant à ses yeux le fondement de son unité dans une « entéléchie d'entéléchies » où il est difficile de ne pas reconnaître le Dieu leibnizien⁵.

1-3-6-6 – Réactions « mécanicistes » : défense de l'orthodoxie « scientifique »

Dès leur résurgence, les vitalismes précédemment évoqués, ainsi que d'autres (méthodologiques ou épistémologiques) qui seront discutés plus en détail dans la suite de cette partie et dans la suivante, suscitèrent des réactions véhémentes de la part des tenants d'une vision « mécaniciste », ou tout au moins physicaliste ; des réactions parfois agressives, qui s'exprimèrent le plus souvent dans le contenu même des recherches expérimentales et dans leur interprétation.

Une première forme de réaction se trouve chez ceux qui s'efforçaient de rechercher des analogues directs des processus biologiques dans les phénomènes physico-chimiques, dans le but de dépouiller les premiers de leur prétendue spécificité. Le Français Stéphane Leduc, dans des travaux très commentés, mit ainsi en évidence en 1910 de remarquables similitudes entre les phénomènes purement chimiques de croissance osmotique et certains phénomènes biologiques : il montra les capacités de reproduction et de métabolisme (assimilation et dissimilation de matière) de ces croissances osmotiques, mais aussi leur ressemblance frappante avec certains types de morphogenèse, ainsi qu'avec le processus de division mitotique – suggérant qu'il est possible de rendre compte de ce dernier processus par le seul phénomène de pression osmotique⁶. Les travaux de l'Autrichien Hans Przibram sur les analogies entre cristaux et organismes sont un autre exemple, d'autant plus important ici qu'ils contribuèrent largement aux réflexions de Bertalanffy. L'utilisation du cristal comme modèle du vivant avait déjà constitué un thème physicaliste courant au XIX^e siècle⁷. Przibram, qui réalisa en 1906 une impressionnante synthèse des travaux antérieurs à ce sujet, en renouvela les bases conceptuelles et expérimentales. Il montra que les cristaux révèlent de remarquables capacités d'assimilation de matière, de croissance et de régulation, en particulier de régénération en cas d'ablation ; que chaque produit de leur division se montre même, comme les embryons de Driesch,

¹ Bleuler E. (1925), en particulier p. 6 et pp. 141-144.

² Voir par exemple Spetsieris K. (1938), pp. 43-44.

³ Becher E. (1917) et (1914), pp. 372-419.

⁴ Sapper K. (1925/1926), surtout pp. 38-40.

⁵ Wenzl A. (1937), en particulier pp. 53-54.

⁶ Fox Keller E. (2002), pp. 22-28.

⁷ Schiller J. (1978), p. 5.

capable d'engendrer une nouvelle « totalité » ; et que les cristaux manifestent eux aussi des propriétés « nouvelles » par rapport à leurs composants, que nul n'était encore à son époque capable de dériver de celles de ces derniers¹. « Domaine frontière » entre mondes organique et inorganique, la cristallographie devait selon Prziham « fournir le meilleur guide pour une conception du vivant permettant d'obtenir une description unitaire de la nature »². Une grave difficulté de ses conceptions était toutefois que la formation d'un cristal est possible dès que les composants nécessaires à sa formation sont en présence, tandis qu'il n'y a dans le monde vivant aucune génération spontanée³. Prziham poursuivait en somme la tradition de pensée préformiste : la forme d'un cristal est toujours inscrite en puissance dans les propriétés des atomes qui le constituent ; et dans l'organisme comme le cristal, rien de neuf ne serait donc sensé advenir, la forme étant toujours une simple actualisation de potentialités morphogénétiques d'emblée disponibles.

Les approches contemporaines du problème de la forme organique par D'Arcy W. Thompson et Nicolas Rashevsky, si elles ne peuvent sans grandes difficultés (surtout quant au premier) être qualifiées de « mécanicistes » au sens que j'ai donné au 1-2 à ce terme⁴, s'inscrivaient en tous cas elles aussi dans une perspective physicaliste. Ainsi Thompson était-il mû par l'ambition d'expurger le vitalisme du domaine où il avait ressurgi avec Driesch : celui de la morphogenèse. Les objets biologiques étant matériels, celle-ci n'avait pour lui aucune raison d'échapper aux lois de la physique et d'être expliquée par l'action de quelque « entéléchie ». Par ailleurs, Thompson s'appropriait cette célèbre maxime de Kant :

J'affirme que, dans toute théorie particulière de la nature, on ne peut trouver de science à proprement parler que dans l'exacte mesure où il peut s'y trouver de la mathématique⁵.

Il estimait ainsi qu'en particulier, la morphologie ne deviendrait une science à proprement parler que dans la mesure où l'on y trouverait des mathématiques⁶. Son physicalisme se traduisait dans le postulat sous-tendant son approche : forme et croissance ne se laisseraient pas séparer, tout changement de forme résultant d'un gradient de croissance ; et tandis que les problèmes de forme seraient géométriques, ceux de croissance seraient avant tout « mécaniques », au sens où il serait au moins en principe possible d'en rendre compte par les lois de la mécanique proprement dite. Il n'y aurait de ce point de vue aucune différence entre phénomènes organiques et inorganiques :

Leurs problèmes de formes sont en premier lieu des problèmes mathématiques, leurs problèmes de croissance sont essentiellement des problèmes physiques, et le morphologiste est *ipso facto* un étudiant de la science physique⁷.

D'où l'énoncé du programme de Thompson :

Mon unique but est de corrélérer avec l'énoncé mathématique et la loi physique certains des phénomènes extérieurs les plus simples de la croissance et de la forme organiques, tout en considérant l'édifice de l'organisme comme une configuration matérielle et mécanique [...] Nous voulons voir de quelle manière, dans certains cas au moins, la forme des créatures vivantes peut être expliquée par des considérations physiques et réaliser qu'en général aucune forme organique n'existe si ce n'est en conformité avec des lois physiques et mathématiques⁸.

Il assimila à cette fin la forme organique à un « diagramme de forces » destiné à permettre de visualiser les processus « mécaniques » dont elle est censée résulter ; c'est-à-dire en fait à un champ de vecteurs, le terme « force » référant pour Thompson, dans un esprit que l'on peut sur ce point légitimement qualifier de positiviste, à une « conception mathématique » : un « symbole pour l'intensité et la direction d'une action en référence au symbole ou diagramme d'une chose

¹ Prziham H. (1906), notamment pp. 220-224. Il n'utilisait toutefois pas le terme d'« émergence ».

² Prziham H. (1926), in Sapper K. (1926), p. 904. Voir aussi Prziham H. (1923), p. 52.

³ Sapper K., *op. cit.*, p. 905 par exemple. Je reviendrai ultérieurement sur les critiques adressées à Prziham.

⁴ Sur le caractère essentiellement holistique de la pensée de Thompson, voir ma seconde partie (2-4-1-1) ainsi que Pouvreau D. (2005b), pp. 147-154. Sur les évolutions subtiles de la pensée de Rashevsky et les ambiguïtés qu'elles peuvent engendrer, voir Varenne F. (2004).

⁵ Kant E. (1786, 1985), p. 367.

⁶ Thompson D'Arcy W. (1917, 1942, 1961), p. 1.

⁷ *op. cit.*, pp. 7-8.

⁸ *op. cit.*, p. 9.

matérielle »¹. Il s'agissait toutefois moins (comme le laissaient d'ailleurs déjà suspecter le terme « corrélér » et l'expression « en conformité » utilisés dans la citation précédente) de fournir une véritable explication « mécanique » de la morphogenèse que d'illustrer sa plausibilité et sa possibilité : Thompson, dont la morphologie sera considérée plus en détails dans ma seconde partie au 2-4-1-1, visait en réalité seulement à *suggérer* (sur des bases purement géométriques ou « topologiques » et non *effectivement* « mécaniques ») jusqu'à quel point les formes sont explicables par l'action de « forces mécaniques » sans invoquer l'historicité du vivant, les fonctions organiques, ni un dessein.

Quant à Rashevsky, il élaborait à la fin des années 1920 ses premières modélisations qui l'amènèrent à formuler quelques années plus tard son programme d'une « biophysique mathématique »², dont il sera question plus en détails au 2-4-2. Ses travaux en thermodynamique concernant la scission des gouttes conduisirent ce théoricien de la physique à construire des modélisations physico-mathématiques de la division cellulaire. Grâce au lien qu'il établit entre certaines formes de gouttes et les « équilibres de diffusion » qui leur correspondent, il parvint à en effet – complétant ainsi Prziham – à exhiber des systèmes hypothétiques plus généraux et compliqués que les cristaux, qui non seulement manifestent comme ces derniers des capacités de croissance et de régénération, mais aussi la faculté de duplication³. Ses études sur les phénomènes d'hystérésis, liés au fait qu'un système peut posséder plusieurs minima d'énergie libre et donc d'états d'équilibre, lui permirent en outre de montrer que l'état de certains systèmes physiques peut ne pas être déterminé de manière univoque par leur environnement présent, dans la mesure où cet état dépend de leur histoire⁴ – ce qui semblait ruiner toute argumentation vitaliste visant à instaurer l'historicité comme critère de distinction du vivant⁵.

Le physicalisme ne manquait pas d'avocats dogmatiques, Auerbach ayant par exemple déjà été mentionné à ce sujet⁶. Mais un cas radical de réaction mécaniciste en tous les sens du terme, et non seulement de physicalisme, est fourni par Jacques Loeb, qui passait légitimement au début du siècle pour le biologiste mécaniciste par excellence. Il fondait en effet tous ses travaux sur une conception « machinaliste » de l'organisme où s'exprimaient sans complexe à la fois les moments méristique, déterministe et réactiviste. Dans le plus pur style de l'*homo faber* décrit par Arendt⁷, Loeb considérait que comprendre l'organisme consiste à savoir le reproduire par l'art et envisageait sérieusement la possibilité d'y parvenir ; ainsi put-il introduire l'un de ses livres majeurs en ces termes :

Nous considérons [...] les êtres vivants comme des machines chimiques, qui consistent essentiellement en un matériel colloïdal et qui possèdent la particularité de se développer, de se conserver et de se reproduire automatiquement. Que les machines jusqu'à présent produites par notre technique ne soient pas en mesure d'accomplir ces dernières performances implique provisoirement une différence de principe entre les machines vivantes et les machines de la technique. Mais cela ne s'oppose pas à la possibilité que les sciences techniques ou expérimentales de la nature puissent dans le futur parvenir à une fabrication artificielle de machines vivantes⁸.

Et c'est dans sa généralisation aux animaux de la théorie du tropisme – initialement développée pour certains végétaux – que ses conceptions s'incarnèrent : cette théorie se vouait à expliquer toute modification du comportement animal, y compris humain, par des séquences de réflexes déterminés par l'environnement et réductibles à des réactions physico-chimiques⁹.

Si Loeb était un cas extrême en ce sens qu'on peut parler chez lui d'un mécanicisme ontologique, d'autres biologistes, plus sensibles aux difficultés impliquées par une telle position

¹ *op. cit.*, p. 11.

² Rashevsky N. (1938, 1948). Le *Bulletin of mathematical biophysics* fut fondé par Rashevsky en 1939.

³ Rashevsky N. (1929a).

⁴ Rashevsky N. (1929b) et (1930).

⁵ Un type d'argumentation que l'on retrouve entre autres chez Emil Ungerer.

⁶ Auerbach F. (1910), p. 76 : « La biologie devient nécessairement physicaliste [...] Le seul fondement possible d'un progrès général et prometteur en est constitué par les principes de la mécanique, de la thermodynamique, de l'électrique et de la dynamique chimique ».

⁷ Arendt H. (1958, 1983), pp. 187-273.

⁸ Loeb J. (1906), p. 1. Loeb écrivit aussi en 1911 : « Nous devons soit réussir à produire la matière vivante artificiellement, soit trouver les raisons pour lesquelles c'est impossible » ; ajoutant avec optimisme : « Toutefois, rien n'indique à présent que la production artificielle de matière vivante est au-delà des possibilités de la science » : cité in Fox Keller E. (2002), p. 18.

⁹ Loeb J. (1906), pp. 204 sq. Loeb écrivit par exemple quant à l'homme : « La façon dont un mâle humain courtise avec obstination une femelle déterminée peut passer pour un exemple de volonté obstinée, mais c'est en fait un tropisme compliqué dans lequel des hormones sexuelles et des images mémorielles sont les facteurs déterminants » : cité in Müller P., in Uexküll J. von (1965), p. 6.

chargée d'*a priori* métaphysiques, préféraient restreindre leur radicalisme au plan méthodologique. Edmund B. Wilson et le jeune Joseph Needham (qui ne tarda pas, nous le verrons au 1-4-5 comme au 2-3, à répudier son point de vue) furent dans les années 1920 les plus éminents apôtres de ce mécanisme méthodologique, auto-proclamé « néo-mécanisme ». Selon Needham, la conception centrale en était que la méthode scientifique est « essentiellement mathématique, mécanique, déterministe, quantitative, abstraite et par conséquent inapte à inclure l'entéléchie ou une conception similaire ». Dans cette perspective, les « néo-mécanistes » n'avaient rien contre les lois spécifiquement biologiques, « à condition que leur caractère 'intérimaire' soit clairement compris ». Needham ajoutait – et il faut souligner que tous les scientifiques d'orientation physicaliste ne partageaient pas sans réserves cette idée – que le « caractère analytique de la science » serait « incurable »¹ et que le concept d'organisme, en tant qu'il réfère à une totalité vivante indécomposable, serait par conséquent, comme celui de téléologie, « étranger à l'esprit scientifique » et relevant uniquement de la philosophie². Le « néo-mécaniste » aurait pour vocation de ruiner les positions vitalistes par des moyens purement physico-chimiques et de concevoir à cette fin l'organisme comme une « machine » ; mais il se distinguerait du mécaniste « classique » (que l'on pourrait voir incarné par Loeb) en ce qu'il tient la « machine » pour une simple métaphore du vivant aux vertus limitées, et en ce qu'il ne revendique « aucune portée philosophique » pour cette métaphore ni même pour le postulat physicaliste :

La position néo-mécaniste, faisant valoir l'empire universel du type mécanique d'explication sur toute la nature, vivante et non-vivante, tout en admettant simultanément le caractère inadéquat de cette sorte d'explication en tant que compte rendu exhaustif du monde, ressemble au vieux mécanisme en maintenant le besoin heuristique de la machine et en diffère en ne voyant rien de véritablement ultime en elle. Elle se reconnaît ainsi elle-même comme la manière suivant laquelle œuvre l'esprit scientifique³.

Selon le biologiste J. Johnston, le mécanisme était néanmoins « plus qu'une simple hypothèse » : il le tenait pour « un idéal d'explication » que la biologie ne saurait abandonner⁴. Needham estimait de son côté que s'il devait bien être conçu comme une simple « hypothèse de travail », les biologistes ne pouvaient s'en dispenser : elle serait « la seule qui marche »⁵. Avec moins de dogmatisme mais en soutenant ces conceptions déjà prônées par Weismann un demi-siècle plus tôt⁶, Wilson adoptait quant à lui une position « fictionaliste » consistant à réduire le mécanisme (décliné sur un mode physicaliste) à une fiction d'une grande fécondité heuristique – à ses yeux la seule, toutefois, à posséder cette vertu :

La différence entre la cellule et la machine artificielle même la plus compliquée demeure de loin trop vaste pour être comblée par la connaissance présente. Néanmoins, nous acceptons l'hypothèse qu'elle est de degré plutôt que de principe, parce que cela s'est montré fécond dans la découverte et nous a maintenus dans la bonne direction [...] Nous n'avons encore aucune conception adéquate de l'organisation [d'un gamète...]. Néanmoins, la seule voie disponible pour son exploration se trouve dans l'hypothèse mécanistique [qu'elle] doit être explicable par les propriétés physico-chimiques des substances composantes [...] Les interprétations mécanistiques existantes des phénomènes vitaux sont évidemment inadéquates ; mais il est tout aussi clair que ce sont des « fictions nécessaires »⁷.

La persistance et l'ampleur internationale des controverses entre avocats respectifs de points de vue vitalistes et mécanistes constituaient un trait majeur et une toile de fond de quasiment tous les débats biologiques du début du XX^e siècle à la fin des années 1920. Deux illustrations importantes en

¹ Needham J. (1928b), p. 80 et pp. 88-89. Il reprenait aussi (p. 90) l'assertion de R.G. Collingwood (1926), pour lequel « les mathématiques, la mécanique et le matérialisme sont les trois marques de toute science, une triade dont aucun membre ne peut être séparé des autres puisqu'en fait ils dérivent tous de l'acte original par lequel la conscience scientifique vient à l'existence, à savoir le concept abstrait ».

² Needham J. (1928a), pp. 38-40 et (1928b), p. 79 et pp. 88-89. Selon Needham, la téléologie n'appartiendrait pas au domaine scientifique parce qu'elle serait une « catégorie non-quantitative » : il la laissait sans regret aux philosophes.

³ Needham J. (1928b), pp. 88-89.

⁴ Johnston J. (1923), cité in *op. cit.*, p. 90.

⁵ *op. cit.*, p. 79.

⁶ Weismann A., in Abel O. (1928), p. 96 : « La science de la nature doit en toutes circonstances pousser les tentatives d'explications mécaniques aussi loin que possible ».

⁷ Wilson E.B., in Woodger J.H. (1929), pp. 256-257.

furent l'âpre discussion portant sur les implications du vitalisme de Driesch, qui mit aux prises dès 1911 et 1912 dans la revue *Science*¹ les Américains Lovejoy et H.S. Jennings ; et le « combat », que Bertalanffy commenta en 1929, opposant encore en 1927 Rignano et Needham sur le thème de « l'homme machine » de Julien O. de La Mettrie². Toutes ces controverses constituèrent un point d'entrée de Bertalanffy dans le domaine de la philosophie biologique. Il est en effet caractéristique de cette philosophie, qui sera étudiée au 2-3, qu'elle fut entièrement placée sous le signe d'une volonté de les dépasser en cherchant à se situer « par-delà le mécanicisme et le vitalisme » :

L'effort devra consister à fonder une nouvelle conception de la vie qui – à l'encontre du mécanicisme – rend justice à la totalité organique, mais qui – au contraire du vitalisme – la rend accessible à une étude scientifique. Cette tentative de dépassement du mécanicisme et du vitalisme, nous voulons l'appeler « biologie organismique » en tant que méthode de recherche, et « théorie systémique de la vie » [*Systemtheorie des Lebens*] en tant que tentative d'explication de la vie³.

1-3-7 – Premier bilan de l'impact des « philosophies de la vie » sur la détermination des schèmes conceptuels et de la problématique de Bertalanffy

Si cette dernière citation de Bertalanffy, par sa référence à la catégorie de « totalité », suggère par elle-même la nécessité d'examiner l'impact des « philosophies de la vie » sur sa pensée en relation avec la promotion contemporaine de cette catégorie, il est déjà possible, à l'issue de l'examen effectué dans ce chapitre, de dresser un premier bilan concernant cet impact. Ce dernier se caractérise par sa profonde ambivalence : d'un côté, Bertalanffy tira de ces philosophies certains schèmes conceptuels, les incorporant à son système de pensée et les y investissant même d'une fonction essentielle ; mais d'un autre côté, il en rejeta bien des aspects, un rejet qui contribua très significativement à la genèse de sa problématique.

Du premier point de vue, « positif », cette influence s'opéra dans trois directions. La première a trait à ses schémas de pensée. Elle manifesta chez lui, à des degrés divers, un héritage intellectuel où se croisent des penseurs aussi divers qu'Héraclite, Paracelse, Nicolas de Cues, Spinoza, Leibniz, Herder, Goethe, Schelling, Hegel, Schopenhauer, Nietzsche, Simmel et Spengler. Il s'agit d'abord de son idée « héraclitéenne », que nous verrons directrice de tous ses travaux scientifiques (en particulier de sa « théorie des systèmes ouverts » et de sa théorie de la croissance organique), selon laquelle il n'y a de persistance et d'identité que dans et par le changement. Tout aussi profonde fut l'empreinte de la vision d'une nature « vivante », rythmée par la dialectique « goethéenne » du « meurs et deviens » ; une nature perpétuellement créatrice, où n'existerait rien qui ne soit la manifestation d'une activité sous-jacente : de là tirent clairement en grande partie leur origine les concepts bertalanffien d'« activité primaire », de « mécanisation progressive » et « secondaire ». Et c'est encore aux mêmes sources que Bertalanffy put se nourrir pour concevoir l'évolution de cette nature, tout au moins celle de la nature biologique, comme une « anamorphose », un processus d'émergence de formes d'ordre toujours plus complexes en vertu d'une nécessité immanente. Un second type d'influence « positive » a trait à sa théorie de la connaissance et prend sa source dans un « pragmatisme vital » principalement développé par Nietzsche, Mach, Vaihinger et Reininger, qui s'enracinait dans une « tradition » de naturalisation de l'esprit initiée par Herbart, Helmholtz et Lange. Bien qu'il n'ait jamais pleinement embrassé un tel pragmatisme, au moins Bertalanffy s'en appropria-t-il la naturalisation en question et en retint-il la conception de l'esprit comme instrument d'adaptation et d'orientation forgé au contact des viscosités de l'évolution. La troisième influence « positive », enfin, concerne spécifiquement sa philosophie biologique. Elle tient à la résurgence des vitalismes, du seul point de vue toutefois de la mise en évidence des impasses d'une biologie purement mécaniciste, avec ce que cela impliquait de vision rétrospective sur plus d'un siècle de controverses à ce sujet dans le monde germanophone : du

¹ 1911 et 1912 : n°33, pp. 610 sq et 927 sq ; n° 34, pp. 75 sq ; n°36, pp. 434 sq et 672 sq ; n°37, pp. 104 sq. Voir Needham J. (1928a), p. 36.

² Rignano fit publier au début 1927 un ouvrage intitulé *Man not a Machine (Psyche Miniature. General Series*, traduit en allemand *Das Leben in finaler Auffassung*, Schaxel Abhandlungen, 26, 1927 ; ce livre était en fait le regroupement d'une suite d'articles parus dans la revue *Scientia* entre septembre 1925 et février 1926). Needham y répondit la même année dans la même collection par un *Man a Machine*. Tandis que Rignano s'était efforcé de démontrer la nécessité d'un point de vue téléologique à tous les niveaux du vivant – de la cellule à l'activité spirituelle, Needham lui opposa que les phénomènes vivants ne seraient pas si téléologiques qu'il le pensait ; que la téléologie ne serait pas un trait caractéristique du vivant ; et qu'elle n'aurait de toute façon aucune signification scientifique : Bertalanffy L. von (1929b).

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 80.

« téléomécanisme » d'inspiration kantienne admettant l'impossibilité de rendre pleinement compte de l'organisation du vivant en termes purement mécanistes, la légitimité d'un point de vue holistique sur les organismes et la nécessité d'un usage au moins « régulateur » des concepts finalistes ; au concept de l'embryon comme « système équipotentiel harmonique » opposé par Driesch à la « mécanique du développement » de Roux et Weismann, où Bertalanffy put puiser l'inspiration de son concept d'« équifinalité », mais aussi voir réhabilitée une vision épigénétiste du développement qu'avaient justement épousée les « téléomécanistes », vision qu'il fit à son tour sienne.

Que la pensée de Bertalanffy ait ainsi dû une part significative de son inspiration aux « philosophies de la vie » ne doit toutefois pas masquer l'importance au moins aussi grande des oppositions qu'elles suscitèrent chez lui. Ainsi désapprouva-t-il tant la conception utilitariste de la vérité que la tentation biologiciste du « pragmatisme vital ». Il s'éleva surtout vigoureusement contre l'irrationalisme « *lebensphilosophisch* ». Quant aux dichotomies et antithèses diverses introduites par des auteurs comme Windelband, Rickert, Dilthey et Spengler entre « sciences de la nature » et « sciences de la culture », il les visa dès ses premiers écrits dans une critique incluant les vitalismes ; une critique qui, les assimilant tous à des réactions inadéquates au « monisme mécaniste », leur opposait déjà la possibilité d'une conciliation d'un « pluralisme méthodologique » et du maintien d'une relative unité entre les domaines de la connaissance en général qui reposerait sur des correspondances catégoriales.

1-4 – Ubiquité et universalité de la catégorie de « totalité »

De tous les aspects du contexte de la genèse des conceptions de Bertalanffy, c'est indiscutablement ce qu'il faut bien appeler l'ubiquité (en pays de langue allemande surtout, mais pas seulement) de la catégorie de « totalité » [*Ganzheit*] qui joua le rôle le plus profond :

Le concept de « totalité » est aujourd'hui devenu central dans l'ensemble de la vie intellectuelle¹.

Cette ubiquité ne se comprend certes que dans le contexte de « philosophies de la vie » et d'attaques des « mécanismes » évoqué plus haut. Elle est à cet égard d'autant plus logique que cette catégorie constitue par excellence celle de la « vie ». Elle entretenait par ailleurs des rapports intimes avec la réaffirmation de l'« idéal de la *Bildung* » examinée au premier chapitre, et je montrerai justement à la fin de cette partie comment ces trois moments convergèrent dans l'ordre idéologique. De la fin de la première guerre mondiale au milieu des années 1930 régna ce qu'un historien a pu judicieusement appeler une véritable « faim de totalité »². Celle-ci fut érigée en véhicule d'un « *Sturm und Drang* de l'ère analytique » – une expression qui fut utilisée en 1932 dans un congrès de médecine en Allemagne³, et que reprit symptomatiquement Bertalanffy dans ses derniers jours encore afin de qualifier le « mouvement systémique » d'après-guerre⁴. Il s'agissait d'un *Sturm und Drang* protestant avec vigueur contre la fragmentation supposée tant de la connaissance que de l'homme et de la société. La « totalité » fonctionna comme une « métaphore générative », permettant d'organiser la recherche tout en se chargeant de significations de plus en plus riches au fur et à mesure que s'élargissait le spectre des connexions qu'elle engendrait entre domaines de la connaissance⁵. Ainsi le rejet de la science « mécaniste », au premier chef de l'épistémologie « atomistique » (méristique), put-il par son entremise être associé dans un même mouvement à celui d'une vie « mécanisée » et de l'atomisation des individus dans la société moderne. Certains ne manquèrent pas d'y voir une catégorie universelle, anticipant ainsi le statut du concept de « système » visé par Bertalanffy dans son projet de « systémologie générale ».

Je me propose dans ce chapitre d'esquisser un panorama traversant l'ensemble des domaines de la vie intellectuelle et illustrant l'ubiquité en question. Que ce soit explicitement ou non, tous les travaux qui seront évoqués dans ce chapitre ont plus ou moins directement influencé Bertalanffy. Il ne s'agira certes pas ici de les examiner dans leurs moindres détails, mais de les présenter de manière assez conséquente pour être en mesure d'y référer directement dans ma seconde partie lorsque je considérerai spécifiquement et de manière approfondie la genèse du projet « systémologique » de Bertalanffy. Certains thèmes et schèmes conceptuels caractéristiques, dont certains ont d'ailleurs déjà été relevés dans les précédentes sections de ce chapitre, seront pointés ; et leur manifestation chez le Viennois sera chaque fois brièvement mise en évidence, étant entendu que les détails de ces manifestations ne seront exposés que dans ma seconde partie.

1-4-1 – *Hen kai Pan !* :

« *l'Un et le Tout* » dans la « tradition » de Naturphilosophie

Comme dans le cas des « philosophies de la vie », il est impossible de considérer les pensées holistiques contemporaines du jeune Bertalanffy sans revenir au préalable sur ce qui apparaît bel et bien comme leur principale source d'inspiration, et ce même lorsque ces pensées n'étaient pas le fait de penseurs de langue allemande : la « tradition » de *Naturphilosophie*, notamment d'inspiration romantique ; avec ses principaux représentants que furent Schelling et Goethe, mais aussi d'une part ses enracinements tant dans la mystique « allemande » (de Maître Eckart et Nicolas de Cues à Paracelse et Jakob Böhme) que chez Spinoza et Leibniz, et d'autre part certains de ses héritiers majeurs dans la seconde moitié du XIX^e siècle, en particulier Fechner et von Hartmann. Les divergences entre ces multiples penseurs n'excluent pas des thèmes et schèmes conceptuels communs

¹ Bertalanffy L. von (1937b), p. IV.

² Ash M. (2002), p. 232. L'expression est de l'historien Peter Gay : *op. cit.*, p. 284.

³ Harrington A. (1996), p. 162.

⁴ Lettre de Bertalanffy L. von à Cutler P. (12/06/1972), *Archives du B.C.S.S.S.* La lettre fut expédiée trois jours après sa mort.

⁵ Ash M. (1995), p. 11.

permettant de discerner entre eux une nette parenté intellectuelle, ce que Bertalanffy ne se priva d'ailleurs pas de faire lui-même. « *Hen kai Pan* ! » : l'Un et le Tout ! Tel fut le slogan de cette *Naturphilosophie* mis à la mode par Gotthold E. Lessing à la fin du XVIII^e siècle, qui titra d'ailleurs en 1821 un poème de Goethe (lequel se définissait comme « né dans l'école de l'Identité »)¹ et dont on retrouve une trace chez Bertalanffy en 1926, dans un essai d'esthétique².

Impossible, disais-je, de négliger cette philosophie de l'Unité (ou de l'Identité) et de la Totalité, alors que les références à ses principaux représentants parsemaient les publications des « prophètes » du holisme, tout au moins en Allemagne et en Autriche. Ainsi Krüger ponctuait-il par exemple ses écrits des mêmes références à Eckart, de Cues, Böhme, Leibniz et Goethe que Bertalanffy. Lequel n'hésita pas à écrire en 1949 :

La philosophie contemporaine de la nature peut avoir une considération rétrospective pour de tels ancêtres et ses sources diverses et indépendantes se jettent dans un courant de pensée commun³.

En particulier, le mot d'ordre du « retour à Goethe » fut dans les années 1920 et au début des années 1930 un leitmotiv du « nouveau *Sturm und Drang* »⁴ ; un mot d'ordre que Bertalanffy fit plusieurs fois sien, lui qui se considérait dès ses premiers écrits et tout au long de sa carrière non seulement comme un héritier de Goethe, mais aussi comme l'un de ses plus fidèles continuateurs, émaillant d'ailleurs ses essais de citations du grand romantique⁵.

1-4-1-1 – Une philosophie de l'Identité : le monisme spinoziste des Naturphilosophen

Le premier moment holistique de la *Naturphilosophie* était l'affirmation de l'identité essentielle de l'esprit et de la nature. La nature était supposée partout soumise au même ordre et aux mêmes normes, fonctionnant selon un nombre restreint de schèmes fondamentaux qui opèreraient tant dans l'esprit humain qu'hors de lui. Partie de la nature, l'homme était supposé capable d'en acquérir une intelligence intuitive ; de parvenir, si son imagination se faisait « aussi mobile et plastique » qu'elle, à en restituer les processus⁶ – un principe que nous avons vu au 1-3-5-2 se retrouver plus tard dans le concept de « compréhension » développé par Dilthey, lequel s'opposa toutefois, précisément, à son extension hors du domaine des « sciences de l'esprit ». L'homme était ainsi censé connaître la nature en se reconnaissant en elle. C'était là un fondement de l'idéal de la *Bildung*, puisqu'il s'agissait en fin de compte d'affirmer que l'individu ne peut parvenir à son accomplissement que dans et par la nature, et qu'il doit donc (re-)connaître au préalable le mode par lequel il s'y insère :

L'homme ne se connaît lui-même que dans la mesure où il connaît le monde [...] Chaque objet nouveau, convenablement contemplé [*beschaut*], dévoile en nous un nouvel organe⁷.

Si vous ne pouvez pas convertir les pensées en objets extérieurs, convertissez donc les objets extérieurs en pensées⁸.

Rien n'est en dedans, rien n'est au dehors ; car ce qui est intérieur est extérieur⁹.

[La nature] exprime elle-même, nécessairement et primitivement, les lois de notre esprit, [et] non seulement elle les exprime, mais elle les réalise, et n'est et ne peut être appelée Nature que pour autant qu'elle fait l'un et l'autre. La Nature doit être l'Esprit visible, et l'Esprit la Nature invisible¹⁰.

¹ Gusdorf G. (1985), p. 74 et Goethe J.W. (1821), in Garnier P. (1960), pp. 135-136 et in Bapp K. (1921), p. 33.

² Bertalanffy L. von (1926d), p. 311 : « Le beau réunit les deux moitiés du vécu, le Moi et le Monde ; ceci en ce qu'il saisit tant le Logos dans Pan (la conscience dans le Tout) que Pan dans le Logos (le Tout dans la conscience) ».

³ Bertalanffy L. von (1949e), p. 183. Voir aussi Krüger F. (1948), pp. 25-27 et (1953), pp. 163-164.

⁴ Voir notamment Harrington A. (1996), pp. 4-5 et p. 29.

⁵ Voir surtout son essai sur Goethe : (1949d), notamment p. 358, où le mot d'ordre en question fut énoncé ; mais aussi ses écrits épistémologiques sur la morphologie, domaine où le « retour à Goethe » était alors marqué : (1933c) et (1934, 1975). Quant aux citations de Goethe, il suffit de considérer les en-têtes de chapitres et les introductions de (1928a), (1932b) et (1949e) pour les voir se multiplier – sans même parler du corps de texte proprement dit. Il apparaît enfin dès (1924a, III) que Bertalanffy se considérait comme ayant une compréhension plus profonde de Goethe que ceux qui, tels Spengler, ne cessaient de s'en réclamer « sans le comprendre ».

⁶ Selon Goethe J.W., in Andler D. et al. (2002), p. 75. Voir aussi Largeault J., in Boi L. (2000), p. 115.

⁷ Goethe J.W., in Bapp K. (1921), p. 49. Voir aussi Gusdorf G. (1985), p. 94.

⁸ Novalis, cité par Largeault J., in Boi L. (2000), p. 116.

⁹ Goethe J.W., in Bapp K. (1921), p. 31 : « Nichts ist drinnen, nichts ist draußen; denn was ist innen, das ist außen ».

¹⁰ Schelling F.W.J., in Gusdorf G. (1985), p. 115.

La nature et l'esprit, ainsi identifiés, formaient cette entité que Schelling nomma « l'Âme du Monde ». La première apparaissait comme une révélation progressive du divin ; et la « forme spirituelle » comme « l'accomplissement, le fruit le plus mûr de la vie organique elle-même »¹. D'où la formule goethéenne réminiscente du *Deus sive Natura* spinozien : « Dieu dans la Nature, la Nature en Dieu »². La science, assimilée à une gnose, acquérait dès lors une signification religieuse ; Goethe interpréta d'ailleurs ainsi la signification de sa morphologie :

De l'étude des formes végétales ou osseuses à la révélation de Dieu, la voie est continue ; c'est celle de la science qui remonte des faits aux types qu'ils incarnent, des types à la loi qui les commande, et de la loi à la puissance créatrice qu'elle dirige, en un mot de la nature naturée à la nature naturante³.

Pour les *Naturphilosophen*, physique et métaphysique étaient donc aussi indissociables que pour les présocratiques : elles devaient se fondre par une alchimie visant à restaurer une unité originelle de la matière et de l'esprit supposée perdue. Restreindre la connaissance à la science « positive » revenait pour eux à la condamner à une hémiplegie, puisqu'ils pensaient la nature visible comme la manifestation extérieure d'une nature intérieure et invisible à laquelle seule la reconnaissance intuitive aurait accès. Fechner fut un héritier de cette vision :

Si la science de la nature nous livre bien la totalité [du réel], elle ne la donne que d'un seul côté, d'un certain point de vue ; ce qu'elle laisse de côté n'est pas perdu, mais ne s'en retrouve que mieux de l'autre côté, selon l'autre point de vue⁴.

Les deux points de vue en question sont ici ceux de la matière et de l'esprit, du corps et de l'âme, du physique et du psychique, entre lesquels les *Naturphilosophen* se refusaient à admettre un hiatus. La théorie de l'« identité » (ou du « parallélisme ») psychophysique de Fechner fut un développement fameux de ce thème « *naturphilosophisch* ». Elle substitua en effet à la conception leibnizienne de l'harmonie pré-établie du corps et de l'esprit en tant qu'entités distinctes (qui les posait toutefois déjà dans un rapport de représentation mutuelle)⁵ une solution a-causale et non réductionniste au problème psychophysique : tout événement psychique serait en « relation fonctionnelle » avec un événement physique, sans que l'un puisse être dit cause de l'autre ; car ils seraient identifiables en tant que manifestations d'une même réalité sous-jacente considérée selon deux perspectives complémentaires, telles les deux faces d'une même pièce⁶. Nous retrouverons ultérieurement dans ce chapitre des échos de cette doctrine avec le concept d'isomorphisme mis en œuvre par Köhler dans sa psychologie de la *Gestalt*, ainsi qu'avec la psychiatrie « organismique » de Kurt Goldstein et le développement de la médecine psychosomatique : tous eurent une influence significative sur Bertalanffy, le thème fechnerien se retrouvant d'ailleurs dans sa « systémologie générale » en tant qu'elle fut appliquée à l'interprétation du problème psychophysique⁷.

1-4-1-2 – *La science en tant que projet holistique humaniste*

Le second moment holistique de la *Naturphilosophie* romantique était un corollaire du précédent et le projet « systémologique » de Bertalanffy, par sa quête d'une « unité formelle » transdisciplinaire, en porta là encore indubitablement la marque. Il tenait à l'affirmation de la possibilité et de la nécessité d'intégrer la nature et l'homme dans une même vision. Avec cette conséquence qu'il n'y avait pas pour les *Naturphilosophen* la distinction que nous avons vue opérée plus tard chez des Dilthey, Rickert ou Spengler entre « sciences de la nature » et « sciences de la culture ». Ils considéraient que la science ne peut être qu'une. Elle ne pourrait se concevoir comme la simple juxtaposition des œuvres d'individus cantonnés dans des travaux spécialisés. Elle devrait être transdisciplinaire, « un projet total qui rende compte à la fois des particularités concrètes des êtres et

¹ Cassirer E. (1929, 1972), p. 52.

² Goethe J.W., in Bapp K. (1921), p. 43.

³ Goethe J.W., in Callot E. (1971), p. 141.

⁴ Fechner G.T., in Gusdorf G (1985), p. 316.

⁵ Leibniz G.W. (1714, 1991), pp. 160-161.

⁶ Fechner G.T., in Heidelberger M. (2004), pp. 96-103.

⁷ Voir Köhler W. (1929), pp. 67-69 ; Goldstein K. (1934, 1983), pp. 262-271 ; Pressman J.D. (1998), pp. 189-204 ; et Bertalanffy L. von (1964c) et (1966b).

de l'universalité des idées »¹ et qui soit en définitive le véhicule permettant l'accomplissement de l'idéal humaniste de « l'homme universel » :

La science de la nature (la physique) ne doit plus être traitée par chapitres, section par section : il faut qu'elle soit une histoire unique (un *continuum*), une croissance organique².

Ce ne sont pas seulement les séparations des diverses sciences entre elles qui sont de simples abstractions, mais aussi celle de la science elle-même à l'égard de la religion et de l'art [...] C'est seulement grâce à la compénétration effective de la science avec la religion et l'art que la philosophie atteint la divinité conforme à son idée³.

À l'esprit moderne qui, comme l'écrivit Alexandre Koyré, « résolut l'énigme de l'univers mais seulement pour la remplacer par une autre : l'énigme de lui-même »⁴, ces promoteurs de l'idéal de la *Bildung* aspiraient à substituer un double mouvement de naturalisation de l'esprit et de spiritualisation de la nature⁵ susceptible de restaurer leur antique alliance ; à « humaniser » toute vérité et à lui conférer ainsi un sens en rompant avec un paradigme supposé interdire, par son dualisme de l'esprit et de la nature, l'intégration de l'homme à un *cosmos*. Que la pensée de Bertalanffy ait pour ainsi dire d'emblée porté l'empreinte de ce thème « *naturphilosophisch* » (sans qu'il s'agisse pour autant pour lui d'en reprendre la dimension spiritualiste), c'est ce que montrent bien la précocité non seulement de sa quête cosmologique (qui a été considérée au 1-1-3-3), mais aussi son idée, exposée dès 1927 et citée en conclusion du 1-3-5, d'une possible conciliation entre une relative unité catégoriale de « la » science et un pluralisme méthodologique seul à même de « sauver le monisme de la nature », « l'unité intérieure de l'Être », et de « dépasser le dualisme de la conscience humaine et de la nature » que le mécanicisme physicaliste avait selon lui instauré⁶.

1-4-1-3 – *Le holisme métaphysique « intégral » des Naturphilosophen*

Le « holisme épistémologique » qui vient d'être évoqué participe aussi d'un troisième moment holistique dont l'origine peut être retracée au moins jusqu'à Platon, par-delà même Nicolas de Cues et Paracelse. Il s'agit de la conception organiciste du monde, où rien n'existerait qui ne soit un organe au service de l'harmonie du Tout, et qui ne soit en conséquence lié à la totalité des existants. Le holisme métaphysique prit ici sa forme épurée, sous la bannière du slogan goethéen :

Tout ce qui est isolé est condamnable⁷.

Y était posé le caractère nécessairement illusoire de toutes les approches méristiques de la nature, et le caractère tout aussi nécessairement erroné des connaissances qui en dérivent. Chaque phénomène était déjà en soi conçu comme une totalité essentiellement indissociable se trouvant de surcroît « en relation avec une infinité d'autres phénomènes »⁸. Mais le principe holistique était appliqué plus largement à l'univers dans son ensemble où, comme l'avait affirmé Leibniz dans sa monadologie, « tout corps se ressent de tout ce qui s'y fait »⁹ :

En physique, on a jusqu'à présent arraché constamment les phénomènes de l'ensemble avec quoi ils sont en cohérence, et jamais on ne les a scrutés ni poursuivis dans leurs rapports de compagnonnage. Chaque phénomène est un maillon dans une chaîne immense où tous les phénomènes sont compris comme autant de maillons¹⁰.

La puissance majestueuse de la Nature en ses divers aspects ne se révèle que d'une manière douteuse à celui qui n'en perçoit que des parties au lieu de l'embrasser dans sa totalité¹¹.

¹ Andler D. et al (2002), p. 83.

² Novalis, in Gusdorf G. (1985), p. 58.

³ Schelling F.W., in Gusdorf G. (1985), pp. 48-49.

⁴ Koyré A. (1968), p. 43.

⁵ Faivre A. (1996), p. 16.

⁶ Bertalanffy L. von (1927c), pp. 260-261.

⁷ Goethe J.W., in Cassirer E. (1929, 1972), p. 47.

⁸ Goethe J.W., in Gusdorf G. (1985), p. 95.

⁹ Leibniz G.W. (1714, 1991), p. 160.

¹⁰ Novalis, in Gusdorf G. (1985), pp. 57-58.

¹¹ Humboldt A. von, in *op. cit.*, p. 21.

Certains comme Goethe peuvent certes paraître s'être limités à souligner, contre la domination exclusive de la première, la nécessité de reconnaître la complémentarité des approches « analytique » (i.e. méristique) et « synthétique » (i.e. holistique), toutes deux formant « la systole et la diastole de l'esprit humain » :

Un siècle qui se consacre exclusivement à l'analyse et qui redoute la synthèse ne se trouve pas sur la bonne voie ; car c'est seulement le concours de l'une et de l'autre, comme celui de l'expiration et de l'inspiration, qui assure la vie de la science¹.

Reconnaissant « une divergence entre ceux qui isolent l'objet particulier et le présentent dans son isolement [les « singularistes »], et ceux qui considèrent l'ensemble et voudraient y fondre et y intégrer tout le particulier [les « universalistes »] »², Goethe peut sembler avoir cherché le juste équilibre entre ces types d'esprit, et leur avoir conféré une égale dignité :

Il faut, dans l'observation de la nature, toujours considérer avec autant d'égards le singulier et le tout³.

Mais il posait en fait une hiérarchie des types d'esprit culminant chez les « universalistes », capables de percevoir l'unité fondamentale à partir de laquelle se déploie la multiplicité des êtres et des idées : « le plus élevé » restait malgré tout pour lui « de voir les différents comme identiques »⁴. En réalité, il ne pouvait guère y avoir de complémentarité équilibrée entre les deux approches dans le holisme métaphysique des *Naturphilosophen*, dans la mesure où celui-ci était centré sur le primat ontologique et épistémologique de chaque totalité sur ses parties :

Si dans toute totalité organique, tout se porte et se supporte réciproquement, alors cette organisation, en tant que totalité, a dû préexister à ses parties : ce n'est pas le tout qui a pu provenir de ses parties, les parties ont dû au contraire provenir du tout. *Ce n'est donc pas nous qui connaissons la nature a priori, mais c'est la nature elle-même qui est a priori, c'est-à-dire que toute réalité singulière en elle est par avance déterminée par le tout ou par l'idée d'une nature en général*⁵.

1-4-1-4 – *L'analogie substituée à la causalité en tant que voie d'intelligibilité du cosmos*

Le délaissement des recherches causales au profit d'une approche « morphologique » des phénomènes fut la conséquence épistémologique majeure des moments holistiques précédents, et c'est précisément elle qui forme l'arrière-plan de l'appel des années 1920 et 1930 au « retour à Goethe » que Bertalanffy fit largement sien. Goethe fut en effet celui qui développa cette conséquence avec la plus grande fécondité. Lui qui forgea d'ailleurs le terme même de « morphologie » jugeait que la recherche des causes d'un phénomène ne peut que faire prédominer l'analyse et le dissoudre tel qu'il est intuitivement perçu. Il considérait la causalité comme une catégorie subjective et non comme l'*a priori* qu'y avait vu Kant ; la recherche de liens causaux risquait selon lui de troubler l'objectivité de la connaissance :

Dans ce qui est ou paraît être, dans ce qui persiste ou passe, il n'est rien d'entièrement isolé : chaque phénomène exerce ou subit des influences. Dès lors, dans cette intrication des effets et des causes, comment reconnaître les résultats, comment apprécier les faits qui dominent et les faits secondaires, les principes et les conséquences ? Là est la grande difficulté que toute assertion théorique entraîne avec elle ; là est l'écueil de la distinction entre la cause et l'effet [...] S'il en est ainsi, il ne reste d'autre ressource au sérieux observateur que de déterminer en quelque sorte le point moyen, et de chercher ensuite comment, en partant de ce centre, il pourra atteindre la périphérie⁶.

¹ Goethe J.W., in *op. cit.*, p. 75.

² Goethe J.W., in Callot E. (1971), p. 53.

³ « Misset im Naturbetrachten / Immer eins wie alles achten » : Goethe J.W., in Bapp K. (1921), p. 46 et in Bertalanffy (1932b), p. III.

⁴ Goethe J.W., in Bapp K. (1921), p. 30 ; voir aussi in Callot E. (1971), p. 51 : « En bas sont les utilitaires, puis les savants qui voient les faits objectivement, les intuitifs qui perçoivent l'unité sous la multiplicité ; les universalistes enfin, qui parviennent à l'idée générale du type et même à l'idée universelle du tout ».

⁵ Schelling F.W. (1799, 2001), pp. 80-81.

⁶ Goethe J.W., in Callot E. (1971), pp. 56-57.

L'« universaliste » ne devrait donc pas chercher à expliquer un phénomène donné dans sa singularité en l'appréhendant comme la résultante de phénomènes sous-jacents. Au lieu de s'efforcer d'établir des liens matériels et causaux entre les phénomènes, il devrait les considérer à la manière de Platon comme des paradigmes¹ dont il s'agirait d'inférer l'Idée – l'« archétype » [*Urtyp*] – dont ils participent, et de dériver sur cette base des liens purement formels entre eux. L'objectif était en d'autres termes de saisir l'universel dans chaque phénomène singulier, le « type » idéal qu'il exprime et qui seul lui confère une intelligibilité :

Qu'est-ce que l'universel ? Le cas singulier. Qu'est-ce que le singulier ? Des millions de cas. L'universel et le singulier coïncident. Le singulier est l'universel manifesté dans diverses conditions².

Dans ces conditions, la recherche d'analogies put se substituer à la recherche causale comme méthode légitime d'étude de la nature. Selon Goethe, qui présentait cette particularité par rapport à la plupart des autres *Naturphilosophen* d'éviter tant les spéculations théosophiques que l'esprit de système en conciliant intuition et empirisme (une raison manifeste de l'attachement particulier de Bertalanffy à son égard), cette recherche devait être effectuée avec discernement et soumission au verdict de l'expérience :

Nous devons constater et proclamer les services de l'analogie comme levier capable de pénétrer et de mouvoir la nature ; il ne faut pas nous rebuter si elle induit parfois en erreur, si elle s'évanouit en fumée comme les vues arbitraires d'un esprit subtil ; ne nous laissons pas aller à un jeu de fantaisie et de gaieté avec les objets, à des rapprochements plus ou moins convenables, à des rapports étranges avec les faits éloignés [...] Sachons nous en tenir au contraire à notre but, faisant appel à une analogie régulière et par laquelle l'expérience est vérifiée, en même temps que les liens établis entre les phénomènes séparés et éloignés en découvrent l'identité, et nous font de plus en plus sentir dans la science la vie d'ensemble de la nature³.

La plupart des *Naturphilosophen* n'eurent toutefois pas ces scrupules. D'une manière générale, en tant que philosophes de l'unité, ils investissaient naturellement la pensée analogique de la mission de déceler les correspondances multiples que l'unité du cosmos ne saurait manquer d'induire. Telle fut certainement, en liaison étroite avec le caractère organiciste de leurs cosmologies, l'une des raisons de leur parenté avec des mystiques de la Renaissance tels que Nicolas de Cues et Paracelse.

L'historien de la philosophie Peter Harrison a mis en évidence la logique de la transition progressive, vers le XIII^e siècle, d'un monde dépourvu de signification et indigne en lui-même dont l'intelligibilité reposait tout entière, dans la perspective de l'herméneutique augustinienne des Écritures, sur un rapport allégorique et purement « vertical » à la transcendance divine, à un « ordre naturel » autonome ayant sa dignité propre, fondé sur les similitudes perçues entre les choses matérielles elles-mêmes et non plus seulement entre ces choses et le divin. Le « Livre de la Nature » naquit alors : les choses n'y apparaissaient plus comme des symboles du divin muets en eux-mêmes, mais comme interconnectées par des similitudes « horizontales », qui fournissaient à ce « Livre » une syntaxe et en permettaient une herméneutique distincte de celle des Écritures, tout aussi légitime puisque constituant une voie parallèle de compréhension du message divin. Harrison a bien montré comment les méthodes d'interprétation du nouveau « Livre » furent modelées par l'herméneutique qui avait jusqu'alors codifié l'interprétation des Écritures. Dans cette herméneutique, les Écritures avaient été conçues comme formant une unité : c'est seulement par rapport à leur totalité que la signification des parties pouvait être connue et le sens émergeait des similitudes entre ces différentes parties. De même, la signification de la nature en vint à être conçue comme une question de relation des parties au tout. C'est pourquoi le modèle qui prévalut fut celui de l'homologie du macrocosme et du microcosme, que Platon avait déjà transposé au monde naturel dans son *Timée*. Et tandis que cette homologie avait servi une lecture tropologique du monde physique, où la signification des entités du monde matériel dérivait de leur relation au monde intérieur et servait à l'édification de l'âme, elle

¹ Le terme de « paradigme » possédait chez Platon deux sens opposés : (1) les Idées sont définies comme des paradigmes des choses sensibles ; (2) les choses sensibles sont qualifiées de paradigmes des Idées. L'importance et la richesse de ce second sens, utilisé ici, ont été mises en évidence par V. Goldschmitt (1985, 2003). Remarquons au passage que cette ambivalence du terme fut l'une des sources des débats sans fin autour de la philosophie de l'histoire des sciences de Kuhn.

² Goethe J.W., in Bapp K. (1921), p. 31 et Callot E. (1971), p. 48.

³ Goethe J.W., in Callot E. (1971), p. 46.

devint un moyen d'ordonner et de connaître le monde en tant que tel, voire de le maîtriser¹. Ainsi Paracelse tenait-il l'alchimie (qu'il nommait « chimie ») pour une science universelle embrassant les rapports analogiques qui lient les différents règnes cosmiques² et permettant d'accéder à l'essence véritable des choses : par les analogies, en effet, il s'agissait de « rendre visible l'invisible »³.

On comprend dès lors que la réactivation de la doctrine de l'homologie du macrocosme et du microcosme fut un thème caractéristique de nombre de *Naturphilosophen* ; sa fonction était en définitive de rompre avec le mutisme dans lequel la science « mécaniciste » aurait plongé la nature et de lui rendre « vie », d'y investir toute chose d'un sens pour l'homme, d'une *signification* :

De même que tous les éléments et toutes les choses de la nature, en tant que simples abstractions du tout, retournent finalement dans la vie totale de la nature, dont l'image nous est offerte par la terre et les astres, dont chacun porte divinement en soi toutes les formes et espèces de l'être – de même, il faut nécessairement que tous les éléments et créations de l'esprit passent en fin de compte à une vie commune, plus haute que la vie de chacun d'eux en particulier⁴.

1-4-1-5 – « Ex omnibus partibus relucet totum » : *holisme et principe d'analogie*

Particulièrement prompt à déceler le potentiel suffisant pour une réactivation analogue dans les théories et modèles élaborés entre la fin du XIX^e siècle et le début du XX^e, Bertalanffy, qui choisit certes des exemples très douteux comme illustrations dans la mesure où leur pertinence scientifique était largement contestée (tels que la doctrine de la récapitulation de Haeckel et le modèle de l'atome de Bohr), vit bien là un fil conducteur entre les mystiques de la Renaissance, les *Naturphilosophen* et son propre temps⁵. Il importe ici de souligner l'inspiration essentiellement holistique de la doctrine de l'homologie et plus généralement de la pensée analogique des philosophes concernés, bien résumée dans une formule de Nicolas de Cues que Bertalanffy ne considérait pas par hasard comme l'une de ses propres maximes et qu'il n'eut de cesse de citer : « *ex omnibus partibus relucet totum* » (« la lumière du tout est reflétée par chacune de ses parties »). En effet, que toutes choses procèdent de la totalité dont elles sont parties (qu'en ce sens elles la « reflètent ») et qu'elles soient par là-même subordonnées à une même logique, constituait en dernière analyse le principe ultime dont certaines analogies entre ces choses pouvaient apparaître comme des conséquences nécessaires. De surcroît, le Cusain, qui parlait à ce propos de « proportion » et que l'on peut par là-même voir renvoyer à un principe de transitivité inhérent à la procédure analogique, mit bien en évidence l'inspiration humaniste de ces considérations, qui renvoie d'ailleurs aussi au monisme spinoziste ultérieur des romantiques allemands évoqué plus haut :

L'homme n'est un petit monde que sur un mode tel qu'il puisse être en même temps une partie du grand, car en toutes les parties se reflète le tout [...] ; de même l'homme tout entier se reflète dans la main, qui est proportionnée au tout, et c'est néanmoins dans la tête que se reflète plus parfaitement l'entière perfection de l'homme. Ainsi *l'univers se reflète en chacune, quelle qu'elle soit, de ses parties, car toutes conservent, par rapport à l'univers, leur relation et proportion*, et néanmoins en cette partie qu'on appelle l'homme, il se reflète plus qu'en aucune autre. Il en résulte que la perfection de la totalité de l'univers se reflète davantage dans l'homme et que l'homme est, lui aussi, un monde parfait, encore que petit monde et partie du grand monde. C'est pourquoi ce que contient l'univers de façon universelle, l'homme le contient aussi, de façon particulière, propre et distincte⁶.

Ce même thème se retrouve dans la monadologie de Leibniz où, intimement liée à l'organisme universel, une monade ne saurait en percevoir une partie sans percevoir le tout : elle serait un « miroir vivant de l'univers », dont la perception ne serait toutefois « distincte » que d'une manière limitée ; chaque monade « exprime[rait] » bien l'univers dans sa totalité, mais seulement de son point de vue fini, selon sa propre perspective :

¹ Harrison P. (1996), pp. 11-63.

² Paracelse avançait une classification harmonieuse du monde : à la Trinité divine correspondaient les trois divisions de l'univers (mondes inférieurs, astral et divin), les trois parties de l'homme (esprit, âme et corps) et les trois forces constitutives (soufre, mercure et sel).

³ Paracelse, in Jacob F. (1970), p. 29.

⁴ Schelling F.W., in GUSDORF G. (1985), p. 77.

⁵ Bertalanffy L. von (1926a), pp. 49-50.

⁶ Cues N. de (1463, 1985), pp. 91-92. Les italiques me sont propres.

Et, comme une même ville regardée de différents côtés paraît tout autre, et est comme multipliée perspectivement, il arrive de même que par la multitude infinie des substances simples, il y a comme autant de différents univers, qui ne sont pourtant que les perspectives d'un seul selon différents points de vue de chaque Monade¹.

Dieu était alors pour Leibniz le « géométral de toutes les perspectives », garant d'une vérité absolue se diffractant en une multiplicité de vérités partielles. Il serait en ce sens le tout qui se « reflète » dans chacune de ses parties et qui, constituant leur secrète unité sous-jacente, assure la possibilité d'établir entre elles certaines correspondances, et par là-même de révéler partiellement cette unité. L'important ici est que la promotion par Leibniz du raisonnement analogique comme clef de l'« art d'inventer »² était intimement liée à ce perspectivisme. L'induction et la formulation d'hypothèses devaient en effet selon lui reposer sur le choix de connexions significatives entre les phénomènes étudiés, qu'il s'agissait d'« exprimer » symboliquement. Et c'est justement l'analogie, érigée en instrument général d'analyse, qu'il identifiait comme étant le moyen de réaliser de telles connexions³. Il la comprenait comme la manifestation d'une continuité entre les formes logiques « exprimant » les phénomènes. De même que la géométrie du cercle se transpose à celle des autres sections coniques, l'analogie se justifiait d'une manière générale chez lui par son principe de continuité et consistait à transposer à la théorisation d'un phénomène en cours d'investigation, par le biais d'un symbolisme approprié, les relations entre concepts structurant la théorie déjà établie d'un autre phénomène ou groupe de phénomènes. Elle était bien la traduction épistémologique du perspectivisme évoqué, puisque la transposition de connexions empiriques en analogues symboliques se justifiait ultimement en tant que construction d'une perspective « exprimant » certains des rapports qui structurent son « géométral » :

Il n'est pas nécessaire que ce que nous concevons des choses hors de nous leur soit parfaitement semblable, mais qu'il les exprime comme une ellipse exprime un cercle vu de travers⁴.

Il convient toutefois de remarquer que la pensée analogique de Leibniz se distinguait nettement dans sa forme et ses fondements de celle des *Naturphilosophen* post-kantiens, en particulier de celle de Goethe. Et que c'est précisément cette distinction, qui concerne les statuts et rôles de la pensée logico-mathématique et de l'intuition, qui justifie que Bertalanffy en ait appelé plus encore à Leibniz qu'à Goethe lorsqu'il exposa son projet de « systémologie générale » : celle-ci n'investissait l'analogie d'une valeur scientifique que pour autant qu'elle entre dans l'ordre de la « science exacte », et c'était là une conception qui allait nettement à l'encontre de l'aversion du père de la morphologie pour les mathématiques⁵.

1-4-1-6 – *La morphologie goethéenne et son concept de « type »*

Le raisonnement analogique trouva malgré tout dans la morphologie de Goethe une expression très importante pour comprendre l'inspiration de Bertalanffy. Je montrerai en effet le moment venu la filiation très nette du concept de « système général » avec celui, goethéen, de « type ». La morphologie, que Goethe fonda et définit comme « la théorie de la forme structurée [*Gestalt*], de la formation [*Bildung*] et de la transformation [*Umbildung*] des corps organiques », avait pour vocation, dans l'esprit de la *Naturphilosophie*, de « reconnaître les formations vivantes en tant que telles, d'appréhender leurs parties extérieurement visibles et tangibles dans leurs relations mutuelles,

¹ Leibniz G.W. (1714, 1991), pp. 156-157.

² Leibniz G.W., in Duscheneau F. (1993), p. 88 : « Il appartient à l'art de choisir ce qu'il faut examiner en premier, et cela se réduit à l'analogie ; et en cela consiste tout l'art des expériences ».

³ Duscheneau F. (1993), pp. 88-104.

⁴ Leibniz G.W., in *Encyclopaedia Universalis* (1980), vol. 9, p. 885. Il écrit aussi : « Il n'est pas nécessaire que l'exprimant soit semblable à l'exprimé (en grandeur) ; il suffit qu'une certaine analogie de ses comportements soit conservée ».

⁵ Pour Leibniz, l'analogie constituait la clef d'une logique universelle et mettait en jeu des formes logico-mathématiques. Pour Goethe, l'analogie était plutôt le fruit d'un acte d'intuition rapprochant deux faits empiriques à l'issue d'un examen comparatif ; et elle s'exerçait avant tout dans son œuvre scientifique (sa morphologie : voir ci-dessous) sur des formes spatiales. Goethe ne cachait pas son aversion pour les mathématiques : il leur reprochait de priver les objets naturels de leur spécificité en les enfermant dans des symboles « toujours raides et gauches » (in Callot E. (1971), p. 67), incapables d'épouser le mouvement et la complexité de la nature. Appréhender ces derniers requerrait pour lui de mettre en œuvre ce procédé purement « qualitatif » qu'était à ses yeux la recherche d'analogies. Il opposait « qualité » et « quantité » comme « les deux pôles de l'être manifesté ». C'est pourquoi les mathématiques, dont il réduisait – contrairement à Leibniz, créateur de l'idée même d'une « mathématique de la qualité » – le domaine à celui de « la quantité » et de « tout ce qui peut se déterminer par nombre et par mesure » (in Callot E. (1971), p. 66), s'opposaient pour lui à cette science de la qualité par excellence qu'est la biologie.

d'assimiler ces parties à des indicateurs de ce qui est intérieur et d'acquérir ainsi une maîtrise du tout dans l'intuition »¹. Goethe devait très largement à Herder l'idée même de cette morphologie et son concept central².

L'hypothèse fondamentale en était l'unité de plan des organismes :

La puissance créatrice a développé les organismes parfaits d'après un plan général³.

La forme de chaque organisme était pensée comme une variation d'une forme idéale⁴ avec laquelle « la nature ne cesse de jouer », manifestant ainsi « une variété infinie dans une unité absolue »⁵. Ce « type » n'était pour Goethe ni un organisme réel existant, ni un ancêtre dont les organismes actuels seraient les descendants. Il se rapprochait plutôt chez lui d'une Idée platonicienne, à deux nuances essentielles près qu'à très bien perçues Bertalanffy (la seconde sera discutée au 2-2-2) : d'une part, « derrière l'apparent platonisme se cachait Héraclite », tout ce qui est « formé » [*gestaltet*] étant immédiatement « transformé » [*umgestaltet*]; d'autre part opérait chez Goethe un perspectivisme imposant d'interpréter ses « types » comme de simples « modèles conceptuels »⁶. Il les définissait comme des « images générales contenant potentiellement les formes » de vastes classes d'organismes, qui devaient « nous guider dans une description ordonnée » de chaque organisme d'une classe donnée, plus généralement dans le « labyrinthe des diverses formes vivantes »⁷. C'étaient en fin de compte des abstractions de l'expérience, intuitivement inférées sur la base d'une perception disciplinée :

L'observation nous apprend quelles sont les parties communes à tous les animaux et en quoi ces parties diffèrent entre elles ; l'esprit doit embrasser cet ensemble, et en déduire par abstraction un type général dont la création lui appartienne⁸.

Le « type » permettait ensuite d'ordonner et d'unifier la multitude des observations, puis d'appréhender des structures nouvelles. Il s'agissait de le suivre à travers ses métamorphoses :

Le type constitué, on procédera par voie de double comparaison ; on décrira d'abord les espèces isolées d'après le type ; en procédant ainsi, on n'aura plus besoin de comparer un animal à un autre ; il suffira de mettre en parallèle les deux descriptions en regard pour que le parallèle s'établisse de lui-même ; on pourra encore suivre les modifications d'un même organe dans les principaux genres⁹.

Il n'y avait pour Goethe de forme qu'en devenir, et sa morphologie s'attachait justement à en épouser le mouvement :

La forme est un dynamisme, qui devient, qui passe. Métamorphose est doctrine du changement¹⁰.

1-4-1-7 – La dialectique de la Nature et le principe cosmique d'équilibre dynamique

Ainsi le cercle se refermait-il : la *Naturphilosophie* en tant que philosophie de la « vie d'ensemble de la Nature » rejoignait la *Naturphilosophie* en tant que « philosophie de la Totalité ». Holisme et dynamicisme se compénétraient dans une logique des antagonismes et de l'« équilibre »

¹ Goethe J.W., in Steigerwald J. (2002), pp. 295-296.

² Jahn S., in Poggi S. & Bossi M. (1994), pp. 75-77 et Steigerwald J. (2002), p. 301.

³ Goethe J.W., in Callot E. (1971), p. 100.

⁴ Goethe J.W., in *op. cit.*, pp. 78-79 : « La plante reste toujours plante [...] Les espèces éloignées conservent un air de famille qui permet toujours de les comparer ensemble. Comme on peut les comprendre toutes dans une notion commune, je me persuadais de plus en plus que cette conception pouvait être plus sensible, et cette idée se présentait à mes yeux sous la forme visible d'une plante unique, type idéal de toutes les autres » ; et in Andler D. et al. (2002), p. 77 : « Nous serons donc en mesure d'affirmer sans crainte que tous les êtres organiques ayant atteint une certaine perfection, par quoi nous entendons les poissons, amphibiens, oiseaux, mammifères et l'homme à la tête de ces derniers, sont formés d'après une seule et même image primordiale [*Urbild*] ; celle-ci, simplement varie plus ou moins dans ses parties ».

⁵ Goethe J.W., in Jacob P. (1970), pp. 122-123 et in Callot E. (1971), p. 101. Goethe s'est explicitement inspiré d'une idée de Georges L.L. de Buffon, dont je ne dispose pas de l'énoncé original, mais seulement de traductions en français de la citation qu'en fait Goethe : « Il existe un type primitif, un dessin général, qu'on peut suivre très loin, sur lequel tout semble avoir été construit » (in Tort P. (1983), p. 64) et « Il existe un type primitif universel, et dont on peut suivre de très loin les diverses transformations » (in Callot E. (1971), p. 115).

⁶ Bertalanffy L. von (1934c), pp. 86-87 ; (1949d), p. 360 et pp. 362-63 ; et (1965b), p. 292. Bertalanffy remarqua ((1965b), p. 292) que Goethe avait, au moins dans un premier temps, répué à accepter l'interprétation platonicienne que Schiller donnait de ses « types ».

⁷ Goethe J.W., in Steigerwald J. (2002), p. 301 et p. 297.

⁸ Goethe J.W., in Jacob P. (1970), p. 98 et Callot E. (1971), p. 142.

⁹ Goethe J.W., in Callot E. (1971), p. 97.

¹⁰ Goethe J.W., in Spengler O. (1923, 1976), p. 105.

qui constitua un autre aspect de ce mouvement de pensée, essentiel pour saisir tout ce que lui doit Bertalanffy – lequel a d’ailleurs consacré une partie centrale de sa thèse à cette logique, l’utilisant afin de dessiner une généalogie intellectuelle allant d’Héraclite à Fechner en passant par Nicolas de Cues, Paracelse, Leibniz, Schelling, Goethe, Hegel et Hölderlin¹.

Contre ceux « qui ne comprennent pas comment ce qui lutte avec soi-même peut s’accorder », Héraclite avait déjà posé la conciliation des contraires comme principe universel d’unité et d’harmonie, le conflit comme « père de toutes choses » :

C’est de ce qui est en lutte que naît la plus belle harmonie ; tout se fait par discorde.
Dans la circonférence du cercle, le début et la fin sont communs².

Son quasi-contemporain Alcmeon de Croton avait défini la santé comme l’harmonie des opposés et la maladie comme une perturbation de cette harmonie ; une conception qui fonda la médecine holistique d’Hippocrate et que l’on retrouve chez Paracelse³. Le thème réapparut, transformé, dans la théologie négative de Nicolas de Cues : toutes choses n’y trouvaient leur unité qu’en Dieu, essentiellement « coïncidence des opposés » nés du caractère fini de l’entendement humain, une « coïncidence » demeurant à jamais inaccessible à ce dernier.

Plus encore que dans la dialectique hégélienne, c’est bien une logique d’inspiration héraclitéenne qui s’imposa de nouveau dans la *Naturphilosophie* d’un Schelling. Ce dernier concevait en effet l’unité organique de la nature comme un équilibre fondé sur un déséquilibre permanent : elle se perpétuerait par une « lutte de forces alternativement vaincues et victorieuses », constituant « une identité absolue dans la duplicité »⁴. Cette logique se déployait aussi bien chez Goethe, qui voyait opérer dans la nature une « éternelle action et réaction », et faisait de la polarité « la formule éternelle de la vie » :

L’opposition des extrêmes, en surgissant au sein même de l’unité, a justement pour effet de rendre possible un rapprochement.
La nature a tout isolé afin de tout rassembler ; sa couronne est l’amour⁵.

Les *Naturphilosophen* voyaient ainsi tout repos comme une simple apparence, toute forme comme l’expression d’un *équilibre dynamique* entre « forces » polaires opposées – une vision qu’Herbert Spencer développa lui aussi, la diffusant dans le monde anglo-saxon :

Tout agrégat se développant doit se transformer jusqu’à ce qu’un équilibre dynamique se soit établi⁶.

Cette conception, nous pourrions voir Bertalanffy se l’approprier pleinement dans sa « morphologie dynamique ». Il fut d’ailleurs lui-même parfois tenté de l’ériger à son tour en principe métaphysique général... avec en outre, dans les années 1930, une tendance perceptible, dont le sens et la portée seront discutés à la fin de cette première partie, à laisser entendre son affinité avec une idéologie politique totalitaire ; ainsi put-il écrire en référence à Héraclite et N. de Cues :

Le monde, et chaque être particulier en lui, est en soi une unité contradictoire ; une coïncidence des opposés [...] dans laquelle les membres sont en combat permanent qui, simultanément, maintient l’harmonie du tout. Ce symbole, nous le retrouverons tant dans l’organisme que dans le combat pour la vie des biocénoses [*Lebensgemeinschaften*], qui les conduit à leur équilibre biologique⁷.

Le métaphysicien trouvera finalement, à partir des problèmes biologiques, la voie vers les problèmes ultimes de la théodicée et de l’existence du Mal dans le monde, qui naissent de l’individualisation de la Volonté cosmique [*Weltwille*] en des parties se combattant, un combat qui pour l’individu signifie un anéantissement, mais pour le tout une réalisation, une spiritualisation et un déploiement croissants. Et il pourra enfin, en considérant le combat sanglant dans la nature *sub*

¹ Bertalanffy L. von (1926a), pp. 29-46, ainsi que (1928c), pp. 20-21 sur le lien entre N. de Cues, Paracelse, Böhme et Schelling à cet égard.

² Héraclite d’Éphèse, in Voilquin J. (1964), p. 77 et p. 74 ; et in Bapp K. (1921), p. 24 et p. 30.

³ Ungerer E. (1942), p. 8, pp. 12-13 et pp. 23-25.

⁴ Schelling F.W. (1799, 2001), p. 119 et in Gusdorf G. (1985), p. 127. Voir aussi Tilliette X. et Faivre A., in *Histoire de la Philosophie* (1973) : II, p. 971 et III, pp. 34-35.

⁵ Goethe J.W., in Bapp K. (1921), p. 24 et pp. 26-28. Sur ce thème chez Goethe, voir aussi Steigerwald J. (2002), p. 307.

⁶ Spencer H., in Herzberg A. (1929), p. 242.

⁷ Bertalanffy L. von (1940a), p. 73.

species aeternitatis, gagner la force d'une éthique de l'affirmation, qui voit les contraires féconds se résoudre en l'harmonie d'une unité globale¹.

1-4-1-8 – *Le principe holistique de tendance vers la stabilité chez Fechner et Pezoldt*

Pour autant que la *Naturphilosophie* soit concernée, c'est peut-être dans les derniers écrits de Fechner que la logique de l'équilibre dynamique, prolongement naturel de celle des antagonismes, prit sa forme la plus élaborée. Une forme qui, en tout état de cause, influença manifestement Bertalanffy dans ses concepts fondamentaux de « système ouvert » et d'« équilibre de flux », qui seront discutés de manière détaillée aux 2-3, 2-5 et 2-6.

Pour Fechner, un « principe de tendance vers la stabilité », qu'il nommait parfois aussi « principe de finalité », gouvernerait tous les systèmes, qu'ils soient organiques ou inorganiques, fermés (c'est-à-dire, pour lui, non sujets à une influence extérieure) ou ouverts (c'est-à-dire, par opposition, soumis à l'action de « forces » extérieures) :

Par l'action de forces intérieures, le système s'approche graduellement toujours plus d'un état soi-disant stable, sans rechuter, ce qui signifie un état dans lequel ses parties reviennent périodiquement dans les mêmes positions et relations de mouvement les unes par rapport aux autres².

Ce principe, auquel Bertalanffy n'a pas manqué de se référer afin de justifier ses conceptions³, était pour Fechner de nature holistique : il n'avait de valeur que pour le système considéré comme tout et n'interdisait pas que l'instabilité puisse augmenter temporairement dans certaines parties du système. Dans le cas des systèmes ouverts, celui de tous les systèmes réels, il n'avait toutefois pour Fechner qu'une validité approximative, d'autant plus exacte que les forces extérieures en action sont constantes ; il se résumait alors, anticipant quelque peu le principe dit « de Le Châtelier » énoncé en chimie physique⁴ en 1884, à l'idée que tout système ouvert tend *spontanément* à compenser autant que possible l'effet de ces forces de manière à maintenir une stabilité. Remarquons aussi que Fechner souligna déjà que le métabolisme organique imposait une généralisation de son principe, indispensable pour tenir compte de la nature dynamique de l'équilibre manifesté dans les organismes – l'« équilibre de flux » que Bertalanffy plaça justement plus tard au cœur de ses travaux biophysiques :

Dans le cas du métabolisme auquel les organismes sont sujets, ce ne sont en fait pas toujours les *mêmes* particules, mais des particules *équivalentes* qui retournent périodiquement dans la même position ; toutefois, rien n'empêche de généraliser le principe de stabilité afin d'inclure ce cas⁵.

Notons enfin que le « principe de stabilité » trouva aussi à la fin du XIX^e siècle un fervent avocat avec Joseph Pezoldt, qui chercha à en préciser ainsi la formulation :

Tout système évoluant librement aboutit finalement à un état durable plus ou moins parfait, qui en lui-même soit ne satisfait plus aucune des conditions nécessaire à une poursuite du changement, soit tout au moins ne les contient que pour un certain temps et dans une mesure insignifiante⁶.

Que ce soit chez Fechner ou Pezoldt, l'arrière-plan métaphysique était l'idée cruciale et relativement novatrice d'un ordre survenant spontanément (ou « librement ») à partir du chaos (et non plus nécessairement à partir de l'ordre, comme ce fut en général le cas auparavant, et ce de manière particulièrement caractéristique au Moyen-Âge). Et il s'agit là encore d'une idée que nous verrons dans les parties 2 et 3 très largement inspirer Bertalanffy.

¹ Bertalanffy L. von (1932b), p. 283.

² Fechner G.T., in Heidelberger M. (2004), p. 250 et in Poggi S. & Bossi M. (1994), pp. 228-229.

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 120.

⁴ Le Châtelier H., in Lotka A.J. (1925), pp. 281-289 : « Tout système en équilibre chimique est soumis sous l'influence d'un changement de l'un quelconque des facteurs de l'équilibre à une transformation dans une direction telle que si cette transformation avait lieu seule, elle produirait un changement dans la direction opposée à celui du facteur en question ».

⁵ Fechner G.T., in Heidelberger M. (2004), p. 251.

⁶ Petzoldt J., in Herzberg A. (1929), p. 241.

1-4-1-9 – *L'épigenèse cosmique et le principe universel d'auto-organisation*

Il importe encore de voir que les conceptions de Fechner étaient en fait en relation étroite avec un autre principe holistique qui imprégnait lui aussi la « tradition » de *Naturphilosophie* et que l'on retrouve aussi bien chez Spencer :

L'évolution est une intégration de matière et une dissipation concomitante de mouvement, au cours de laquelle la matière passe d'une homogénéité indéfinie, incohérente, à une hétérogénéité définie, cohérente, et au cours de laquelle le mouvement retenu subit une transformation parallèle¹.

Ce schème général d'évolution, dont la manifestation particulière en biologie (notamment chez Driesch) était la conception épigénétique de la morphogenèse, se manifesta chez Bertalanffy dans ses principes cardinaux de « différenciation relative », de « ségrégation » et d'« individualisation » (ou de « hiérarchisation », ou encore d'« organisation ») progressives, qui furent, nous le verrons au 2-3, constitutifs de son modèle « organismique » des systèmes².

Une intuition fondamentale de Fechner³, qui se retrouvera non seulement chez Bertalanffy mais aussi chez d'autres systémiciens tels que Herbert A. Simon⁴, était que les systèmes ouverts – en particulier les organismes – ne peuvent maintenir un relatif équilibre dynamique (compris en tant que moment transitoire d'un processus évolutif) et la souplesse nécessaire à leur adaptation à l'environnement que par une différenciation structurale et fonctionnelle en sous-systèmes relativement stables en eux-mêmes, interagissant étroitement et de manière complémentaire – le principe de sélection naturelle ne suffisant donc pas pour expliquer leur évolution. C'est dans l'intégration par Fechner de cette idée à une vision épigénétique de l'évolution cosmique en général et organique en particulier (déjà partiellement esquissée par Paracelse) qu'étaient préfigurés tout autant le concept de « système équipotentiel harmonique » de Driesch que ceux d'« anamorphose » et de « mécanisation progressive » de Bertalanffy : celle d'un univers qui, dans son ensemble comme dans chacune de ses parties organiques, se structurerait progressivement à partir d'une unité amorphe où toute région manifesterait une activité spontanée, selon un processus de différenciation qui, tout en faisant émerger des « îlots » de stabilité relative étroitement liés et par là-même vecteurs d'un nouveau type d'intégration, évoluerait en définitive vers un « état inerte », absolument stable et purement « mécanique », d'où toute spontanéité et capacité d'adaptation auraient disparu. Cette vision, qui consistait d'une part à subordonner la capacité de stabilisation des systèmes à l'existence de processus irréversibles d'« auto-organisation », et d'autre part à corrélérer leur degré de stabilité et d'intégration à leur degré de différenciation – ou de complexité⁵, avait en fait dans une large mesure déjà été celle de Goethe, qui fut peut-être même le premier à avoir effectué une telle corrélation :

Plus l'être devient parfait, plus les parties sont dissemblables [...] Et plus les parties sont semblables, moins elles sont subordonnées les unes aux autres ; la subordination des organes indique une créature d'un ordre élevé⁶.

1-4-1-10 – *La « vision monadologique du monde »*

Goethe nous ramène par là-même à une autre vision qui imprégna toute la *Naturphilosophie* et que j'ai déjà brièvement évoquée au 1-3-2-3 en soulignant son impact sur Bertalanffy : celle d'une tendance unique au développement progressif à l'œuvre dans la nature, génératrice d'une « série dynamique de degrés »⁷ d'organisation, d'une « échelle des êtres » hiérarchisée conformément à leur degré de complexité et qui culminerait chez l'homme en tant que tel, voire dans ses sociétés. L'aspect à souligner ici est que cette hiérarchie était pensée sur le modèle de l'« emboîtement » de systèmes. Tel était déjà le cas chez Bonnet, qui faisait de tout « système particulier » un membre d'un « système

¹ Spencer H. (1862), in Kingsland S.E., 1985, pp. 14-15. Voir aussi Needham J. (1937), pp. 246-247.

² Bertalanffy L. von (1932b), pp. 290-308 et p. 331 pour la première élaboration systématique de ces concepts centraux dans son œuvre.

³ Voir Heidelberger M. (2004), p. 252 et in Poggi S. & Bossi M. (1994), pp. 228-229.

⁴ Simon H.A. (1962, 1965) et (1969, 1974), pp. 112-129.

⁵ Voir Heidelberger M. (2004), pp. 253-254.

⁶ Goethe J.W., in Callot E. (1971), p. 168. C'est Callot qui affirme que Goethe est le père de cette corrélation.

⁷ C'est l'expression qu'utilisa Schelling : voir Schelling F.W.J. (1799, 2001), pp. 117 sq. Sur Schelling à ce propos, voir aussi Knight D. (1990), p. 19.

principal » et de tous les « systèmes principaux » des membres du « système général »¹ ; tel était aussi le cas de Spinoza² et surtout celui de Leibniz :

Chaque portion de la matière peut être conçue comme un jardin plein de plantes, et comme un étang plein de poisson. Mais chaque rameau de la plante, chaque membre de l'animal, chaque goutte de ses humeurs est encore un tel jardin, ou un tel étang³.

Bertalanffy a insisté dans la partie centrale de sa thèse sur le fait que la « vision monadologique du monde » développée par Leibniz incorporait un principe essentiel dont les conséquences ultimes furent par la suite tirées par Fechner et von Hartmann : le « principe de l'organisation (ou de l'intégration) infinie »⁴. Leibniz se limita pour ainsi dire à contempler la hiérarchie « vers le bas » à partir des seuls organismes, qu'il concevait comme des « machines dans leurs moindres parties, jusqu'à l'infini »⁵. Cette conception allait naturellement de pair avec l'idée déjà mentionnée de la monade comme « miroir de l'univers », le principe « cusain » du tout se reflétant dans chacune de ses parties et la doctrine de l'homologie du macrocosme et du microcosme : tous impliquaient, pour autant que le « tout » soit lui-même « organisé », que chacune de ses « parties » exprime cette organisation selon un mode spécifique. Poétiquement chez Hölderlin et plus systématiquement chez Fechner et von Hartmann, le « principe de l'organisation infinie » se retrouva bientôt mis au service d'une contemplation de la hiérarchie cosmique « vers le haut ». Selon Bertalanffy, c'est Lotze qui, dans sa critique du concept de causalité et de la doctrine leibnizienne de l'harmonie pré-établie, aurait apporté des « motifs ontologiques essentiellement nouveaux à la vision monadologique du monde » en faisant apparaître la nécessité, pour expliquer l'action d'une entité sur une autre, de la penser par leur intégration à une « unité supérieure »⁶. Toujours selon Bertalanffy, Fechner aurait, dans sa doctrine animiste de l'« âme » des plantes et des étoiles et dans celle de la Terre dans son ensemble comme vaste organisme vivant, jeté sous formes métaphoriques les bases du concept d'« intégration d'ordre supérieur » ; il aurait transformé la hiérarchie leibnizienne des monades en une hiérarchie d'organisations dont les niveaux s'étendent par-delà celui de l'organisme individuel, jusqu'au cosmos dans son ensemble, et dont Dieu serait l'âme – une vision qui fut en fait, dans une certaine mesure, anticipée par Spinoza dans son *Ethique*⁷ :

Le domaine de l'animation individuelle s'étend plus loin et singulièrement plus haut qu'on ne l'admet d'ordinaire ; ainsi s'ouvre une voie jusqu'à la reconnaissance d'une âme du Tout. J'ai affirmé dans un précédent ouvrage que contrairement à l'opinion commune, les plantes sont des êtres animés. J'affirme maintenant que les astres le sont aussi, à cette différence près que les astres sont des êtres animés d'une espèce supérieure à nous, alors que les plantes sont des êtres inférieurs⁸.

Von Hartmann, en montrant notamment que la continuité spatiale, une « trompeuse apparence des sens », n'est pas une caractéristique essentielle pour penser le concept d'individualité, aurait alors achevé de conférer une légitimité à la généralisation de ce même concept, « rien n'empêchant de l'appliquer à des groupes d'individus au sens étroit tels que la ruche ou un peuple, qui lient sans continuité les autres caractéristiques de l'individualité à une certaine cohésion locale, et de les décrire comme des individus d'ordre supérieur au sens large » : pourrait en fait être qualifié d'individu tout ce qui ne saurait être divisé sans être détruit⁹.

¹ Voir Cheung T. (2004), p. 192.

² Spinoza B., *Ethique*, in (1954), surtout pp. 372-373.

³ Leibniz G.W. (1714, 1991), p. 163.

⁴ Bertalanffy L. von (1926a), pp. 29-50.

⁵ Leibniz G.W. (1714, 1991), p. 162.

⁶ Bertalanffy L. von (1926a), pp. 34-37. Leibniz expliquait qu'un événement B découle d'un événement A par l'harmonie pré-établie, doctrine qui résultait d'une des propriétés fondamentales de ses monades (à savoir qu'elles ne peuvent agir l'une sur l'autre). Lotze, estimant que cette doctrine dégradait les êtres en automates et rendait toute liberté impossible, ne put l'admettre. Selon lui, l'explication de l'action de A sur B n'est possible que s'ils ne sont pas complètement séparés, mais qu'ils forment une unité supérieure au sein de laquelle une action peut s'opérer : chaque A qui agit sur B agit en fait sur le fondement M du monde, et M agit à son tour sur B.

⁷ Spinoza B. (1954), p. 367 : « L'objet de l'idée constituant l'esprit humain est le Corps, i.e. un certain mode de l'Étendue existant en acte [... Ceci] n'appartient pas plus aux hommes qu'aux autres individus, qui sont tous doués d'une âme bien qu'à des degrés différents ».

⁸ Fechner G.T. (1851), in Gusdorf G. (1985), p. 315.

⁹ Von Hartmann E., in Bertalanffy L. von (1926a), p. 40. Les caractéristiques essentielles se limitaient pour von Hartmann à ce qu'il appelait « l'unité de la cause intérieure », « l'unité de la fin » et « l'unité de l'interaction des parties ». Voir Schopenhauer W. von (1929), pp. 135-138.

Bertalanffy trouva dès 1926 chez les philosophes évoqués une inspiration métaphysique dont la cohérence le satisfaisait et qui anima l'ensemble de son œuvre :

Nous devons nous décider en faveur de la vision « monadologique » [... Notamment car] seule la dignité métaphysique de l'individualité rend possible un ordre hiérarchique du monde [...] La doctrine monadologique d'une intégration infinie s'accorde de toutes façons mieux avec le principe de continuité que celle selon laquelle l'intégration, après avoir parcouru des niveaux presque innombrables de l'atome à l'homme, s'interrompt brutalement¹.

Si l'on conserve à l'esprit le problème de la genèse du projet « systémologique » général, remarquable est de surcroît ce qu'écrivit le Viennois quelques pages auparavant ; à savoir que l'intuition centrale et demeurée sous forme « mythique » de Fechner, qui avait selon lui ouvert la voie d'une « synthèse future qui devra[it] unifier science et religion », devrait être réinterprétée à l'aide du concept d'intégration d'ordre supérieur », et que l'élaboration de celui-ci permettrait de « dépasser la fantaisie d'une âme des étoiles pour aboutir à une hypothèse scientifique »².

1-4-1-11 – *L'émergentisme et l'indéterminisme selon Fechner*

Pour terminer cette revue des diverses facettes holistiques de la « tradition » de *Naturphilosophie* ayant d'emblée et durablement imprégné la pensée de Bertalanffy, il me reste à évoquer encore un aspect essentiel de la doctrine fechnerienne des « intégrations d'ordre supérieur » : son émergentisme, que Michael Heidelberger a judicieusement qualifié de « matérialisme non-réducteur »³ et qui permet de comprendre le lien intime entre son holisme et son animisme.

En réalité, cet émergentisme comportait deux dimensions, mais l'une seulement fit l'objet d'une attention soutenue de la part de Bertalanffy⁴, cette même dimension se retrouvant de manière remarquable dans le concept d'« image » que Boulding développa en 1956 dans l'un de ses essais majeurs (sans toutefois que Fechner n'y soit mentionné)⁵ : il s'agit de la conception « synécologique » de l'« âme ». L'idée en était que celle-ci n'est pas liée à la possession d'un système nerveux, comme l'y réduisent les réductionnistes matérialistes. Elle n'aurait pas à être attribuée au seul être humain, ni même aux seuls organismes vivants. Selon Fechner, l'« âme » serait en fait liée à l'existence même de l'organisation matérielle de l'être qui en est pourvu : elle ne serait autre qu'une manifestation, une sorte de projection de cette organisation, et ne posséderait par là-même pas de siège localisé en un lieu spécifique. L'« âme » lui apparaissait ainsi comme une expression du fonctionnement propre à toute organisation, une propriété holistique émergeant des relations spécifiques entre ses parties, que possèderaient en conséquence tous les êtres organisés. C'est pourquoi la doctrine de « l'organisation infinie » amena naturellement Fechner à son animisme postulant que plantes et étoiles ont aussi une âme, à une hiérarchisation de ces âmes en fonction du degré d'organisation, et en fin de compte à un panpsychisme (et un panthéisme) selon lequel le monde dans son ensemble aurait un côté « invisible » (qui n'apparaîtrait donc qu'à lui-même) que l'on pourrait, d'un point de vue purement fonctionnaliste, assimiler à un « psychisme ».

Une première réminiscence de la doctrine « synécologique » de Fechner se retrouve dès 1928 chez Bertalanffy lorsque celui-ci, dans sa « théorie critique de la morphogenèse », postula l'existence dans le vivant d'un « principe de totalité spécifiquement organique immanent à l'organisation de la matière »⁶ ; on peut certes y voir aussi un écho du « téléomécanicisme » d'inspiration kantienne, mais c'est justement, j'aurai des occasions de l'illustrer, sur cette convergence que reposait dans une large mesure sa biologie « organismique ». Une autre manifestation de l'influence, profonde et durable, du principe « synécologique » fechnerien sur Bertalanffy est sa constante récusation du dualisme cartésien entre corps et esprit qui, sans impliquer une adhésion à la doctrine du « parallélisme psychophysique » dont il souligna maintes fois l'inadéquation, l'amena tout au long de sa carrière,

¹ Bertalanffy L. von (1926a), pp. 45-46. Le « principe de continuité » évoqué ici ne réfère bien sûr pas à la continuité spatiale discutée plus haut, mais à la transition entre niveaux d'organisation dans la hiérarchie cosmique. Les italiques me sont propres.

² *op. cit.*, p. 20 et p. 27.

³ Heidelberger M. (2004), p. 41 et pp. 273-282 ; et (1994), pp. 216-219 et pp. 227-231.

⁴ Bertalanffy L. von (1926a), pp. 6-7 et p. 11.

⁵ Boulding K.E. (1956a). Son concept d'« image » sera discuté dans mes seconde et troisième parties.

⁶ Bertalanffy L. von (1928a), p. 221.

dans ses considérations sur la médecine et la psychologie, à insister sur la nécessité de concevoir l'individu dans son unité psychosomatique, et notamment à affirmer que « toute thérapie est en dernière analyse une psychothérapie »¹.

Quant à l'autre volet de l'émergentisme de Fechner, le fait que Bertalanffy ne s'y soit pas attardé n'empêche pas qu'il ait très probablement nourri ses réflexions sur la signification et les limites du déterminisme, qui seront considérées dans la section suivante. En effet, Fechner développa une vision ontologiquement indéterministe du monde. Une indétermination qui ne tiendrait pas à notre connaissance, mais au fait que le principe même du déterminisme ne saurait s'appliquer en toute rigueur dans un univers soumis à une évolution irréversible où de nouvelles « conditions initiales » adviennent continûment, engendrant donc constamment des propriétés émergentes au sens où elles ne sont pas dérivables de ce qui existait déjà – le déterminisme n'étant dès lors au mieux qu'une heuristique². Fechner lia bien sûr étroitement cet indéterminisme à son émergentisme ; et ici encore, il est remarquable que c'est une perspective holistique qui lui permit d'établir ce lien :

La relation au tout a une influence qui ne se laisse pas prévoir à partir de la composition de quelques détails que ce soit. La conception déterministe ne peut donc pas être maintenue, elle qui prétend tout ramener dans la Nature à des compositions de forces élémentaires entre une particule et une autre, et qu'on disposerait avec les lois de ces forces et de leur composition le principe permettant de prévoir ce qui se produit dans la Nature³.

1-4-1-12 – *Bilan des réminiscences du Hen kai Pan chez Bertalanffy*

Par-delà leur promotion dans le contexte du premier tiers du XX^e siècle, dont il va être question dans les autres sections de ce chapitre, bon nombre de thèmes et de schèmes de pensée holistiques au contact desquels le jeune Bertalanffy forgea ses conceptions ont leurs ascendances dans la longue « tradition » de *Naturphilosophie* qui a été considérée dans cette section. Et le Viennois en fut parfaitement conscient, ne manquant d'ailleurs jamais, tout au long de sa carrière, de connecter à cette « tradition » les développements holistiques de son époque, à commencer par les siens, en n'hésitant pas de la sorte à mettre leur nouveauté en perspective.

De cet impact, on peut commencer par retenir la conviction bertalanffienne de la nécessité de restaurer la métaphysique dans sa dignité et ses droits (sans pour autant reprendre à son compte cette sorte d'« absorption » de la science dans la métaphysique vers laquelle tendaient les *Naturphilosophen*). Mais cet impact est à mes yeux surtout significatif quant à sa quête d'une unité transdisciplinaire des sciences (une quête qui s'inaugura plus spécifiquement par celle de l'unification de la biologie) par delà, en particulier, les dichotomies entre « sciences de la nature » et « sciences de l'esprit » (ou de la « culture ») ; et ce d'autant plus qu'il faisait pleinement sien l'idéal humaniste associé de l'« homme total », « universel ». Sa conception d'une telle unité, c'est-à-dire fondée sur l'ubiquité du concept de système et des « isomorphismes » entre représentations systémiques, put de surcroît s'inspirer du holisme métaphysique s'exprimant dans la vision organiciste du monde des *Naturphilosophen*. Et surtout de leur promotion, au détriment des recherches causales, des analogies et d'une perspective « morphologique » visant dans l'étude de toute entité à exhiber le « type général » qui s'y manifeste et à percevoir ainsi le reflet du « tout » dans chacune de ses « parties », la logique holistique dont procède leur unité. La quête bertalanffienne d'un nouveau *cosmos* put encore trouver une inspiration dans la « vision monadologique » d'un monde hiérarchisé en niveaux distincts d'organisation dans lesquels chaque entité présente, en tant que « totalité » formée d'entités de niveau « inférieur », un caractère d'individualité, tout en étant elle-même « partie » de « totalités » de niveau « supérieur » : c'était un schème architectonique susceptible d'être adapté à la vision du monde comme « hiérarchie de formations systémiques » qu'il chercha quasiment d'emblée à développer.

À ces aspects de l'influence de « la » *Naturphilosophie* qui concernent donc les traits généraux de ce qui allait devenir la cosmologie systémique de Bertalanffy s'en ajoutent d'autres qui concernent plus spécifiquement sa compréhension du concept de système. Il en va ainsi, en un lieu où confluèrent philosophie de la « vie » et philosophie de la « totalité », de son dynamicisme, qui trouva matière à se

¹ Notamment dans Bertalanffy L. von (1930a), pp. 33-35 ; (1932a), p. 72 ; (1946a), p. 21 (dont la citation est issue) ; et (1964c).

² Sur l'indéterminisme de Fechner, voir Heidelberger M. (2004), pp. 273-282.

³ Fechner G.T., in Heidelberger M. (2004), p. 334.

nourrir d'une conciliation des contraires érigée en principe général d'harmonie et de l'inclination à concevoir toute forme comme l'expression d'un équilibre dynamique, fondé en définitive sur des déséquilibres perpétuels ; mais aussi d'une conception épigénétique de l'évolution comme création spontanée d'une multiplicité ordonnée à partir d'une homogénéité amorphe ou du chaos, qui corrélait étroitement la stabilité des systèmes à leur degré de différenciation structurale et fonctionnelle.

Bertalanffy puisa enfin dans la « tradition » en question, et tout particulièrement dans la doctrine « synécologique » de Fechner, une bonne part de l'inspiration de son effort permanent, que nous verrons se concrétiser dans ses psychologie et psychiatrie « organismiques », pour trouver une voie moniste philosophiquement satisfaisante et scientifiquement féconde de sortie du dualisme cartésien entre corps et esprit.

Cette brève enquête sur les enracinements du holisme dans « la » *Naturphilosophie* était nécessaire. Non seulement parce qu'ils eurent un impact direct sur Bertalanffy ; mais aussi, comme va maintenant le montrer l'émergence, au cours du premier tiers du XX^e siècle, de physiques, de métaphysiques, de psychologies, de biologies, de médecines et de sociologies d'inspirations holistiques, parce qu'ils eurent bien souvent aussi un impact sur les divers philosophes et scientifiques contemporains du Viennois qui, impliqués dans cette émergence sans pour autant se limiter à reprendre les thèmes et schèmes de pensée qui viennent d'être discutés dans cette section, contribuèrent à leur tour à ses réflexions. Il s'agit maintenant, justement, d'étudier pourquoi et comment chacun de ces domaines du savoir vit alors, avec plus ou moins d'ampleur, de pertinence et d'influence, s'épanouir des approches holistiques.

1-4-2 – *L'avènement de pensées « holistiques » en sciences physiques*

Un aspect majeur et inédit du contexte intellectuel de réactualisation des modes holistiques de pensée au cours de cette période est que, contrairement à leurs prédécesseurs romantiques, leurs avocats pouvaient s'appuyer sur la physique contemporaine afin d'avancer la légitimité de leurs idées. La physique, par un processus entamé dès la seconde moitié du siècle précédent avec le développement de la thermodynamique et de la physique des champs, avait en effet d'elle-même sapé pour ainsi dire tous les fondements ontologiques et épistémologiques de la physique dite « mécaniste ». La « reine des sciences » restait un modèle, mais en un sens contraire à celui qu'elle avait servi jusqu'alors : au matérialisme atomiste, au déterminisme, à la négation de toute téléologie, au principe de localisation spatio-temporelle de tout événement et à la séparation radicale entre sujet et objet de l'expérimentation, nombre des plus éminents théoriciens de la physique, surtout avec l'avènement de la physique quantique, tendaient à substituer tous leurs contraires. Ils fournissaient ainsi des arguments précieux aux tenants de modes holistiques de pensée, voire contribuaient eux-mêmes à leur réhabilitation. Bertalanffy fut justement, dès 1927, l'un des premiers à souligner la portée et l'intérêt de ce changement radical¹.

1-4-2-1 – *Vers une « homogénéisation » de la réalité physique*

Un premier moment de cette « révolution holistique » est ce que Bertalanffy appelait « l'homogénéisation de la réalité ». Il lui conféra très tôt et tout au long de sa vie une signification éminente, la considérant comme « le plus grand triomphe de la science ». La physique, surtout dans le premier quart du XX^e siècle, avait effectivement offert ce que le Viennois décrivit comme le spectacle d'un « extraordinaire processus d'unification » de maints domaines jusqu'alors nettement séparés, au cours duquel ses lois s'étaient progressivement révélées dérivables d'un nombre restreint de principes et de constantes universelles. Ainsi avaient fusionné l'optique et l'électricité, la mécanique et la théorie de la chaleur². Derrière l'insistance de Bertalanffy sur le processus en question se profilait l'influence explicite de Eddington et de Weyl³, et plus encore celles, longtemps demeurées implicites

¹ Bertalanffy L. von (1927d).

² Bertalanffy L. von (1932b), pp. 104-105 et (1942), pp. IV-V.

³ Outre que ce thème de « l'homogénéisation de la réalité » était omniprésent dans leurs essais, il faut noter en ce qui concerne Weyl qu'il défendit très tôt la thèse holistique dite « de Duhem-Quine » : « On ne peut assigner aux énoncés scientifiques une signification intuitivement vérifiable : la vérité forme un système qui ne peut être testé que dans son intégralité » : Weyl H. (1927, 1949, 1963), p. 151.

bien qu'elles ne fassent aucun doute, de Bavink et de Cassirer¹. Je montrerai aux chapitres 2-1 et 2-2 que c'est en relation avec ces deux philosophes qu'il faut comprendre la signification profonde que le Viennois assignait à ce processus.

1-4-2-2 – La « désubstantialisation » de la physique

L'importance conférée à ce dernier et l'insistance à cet égard sur le statut ontologique des constantes universelles s'intégraient à une réflexion fondamentale qui formait justement l'un des noyaux de la philosophie de la connaissance de Bertalanffy tout autant que de celles de Bavink et de Cassirer. Elles se nourrissaient chez tous trois de considérations menées par des physiciens tels que Eddington, James Jeans et Weyl (lequel s'appuya en retour sur Cassirer)². Cette réflexion, sur laquelle je reviendrai là aussi aux 2-1 et 2-2 lorsqu'il s'agira d'examiner la théorie de la connaissance du Viennois, concerne le processus de « dématérialisation », ou encore de « désubstantialisation » de la physique. Certes bien après Mach mais dans une optique très différente, Weyl, inspiré par la construction de la théorie einsteinienne de la relativité générale, fut l'un des premiers physiciens non seulement à pointer ce processus, mais aussi à en analyser les significations et implications. Ses essais majeurs publiés dans les années 1920 reposaient en effet très largement sur l'idée qu'à une physique jusqu'alors « dominée par une conception substantielle de la matière » se serait progressivement substituée au XIX^e siècle une physique opposant à la matière « une autre catégorie : le champ », de sorte que l'édifice « classique » de la physique serait tombé « complètement en ruines »³.

Il s'agissait là du prolongement de réflexions initiées par James C. Maxwell dans son traité d'électromagnétisme publié en 1873. Le père de la physique des champs y avait manifesté sa préférence pour les méthodes holistiques proposées par Michael Faraday afin d'appréhender les phénomènes en question. Au lieu de partir des mouvements de particules individuelles, Faraday était en effet parti du champ de forces agissant sur celles-ci, donc en ce sens du « tout » et non des « parties ». Maxwell, soucieux de préserver une cohérence entre la formalisation mathématique des propriétés du champ électromagnétique à laquelle il travaillait et la mécanique newtonienne, apporta certes des restrictions à ce holisme : sa mathématisation décrivait par des équations aux dérivées partielles l'action du champ comme se produisant seulement en des points contigus, et requérait donc le postulat d'un nombre fini d'entités discrètes – un argument repris plus tard par Ludwig Boltzmann pour justifier l'existence des atomes, et qui tendait à instaurer une dualité dans la représentation de la réalité physique⁴. Restait toutefois l'idée que les champs ont une existence propre, qu'ils sont une réalité globale exerçant une action locale sur des particules : il s'agissait d'une première rupture avec l'hypothèse mécaniciste selon laquelle le monde consisterait en des parcelles de matière dont émanent des forces (lesquelles constituent à leur tour un champ).

C'est cette rupture qui fut justement consommée chez Weyl et Eddington : ils développèrent un structuralisme congruent à celui de Cassirer, qui concevait les lois de champ de la gravitation et de l'électromagnétisme comme des restrictions imposées par l'esprit à la géométrie d'un monde idéalement conçu « du point de vue de personne en particulier », i.e. dans la perspective des symétries locales. Ils considéraient que la physique ne peut donner, *via* les équations tensorielles permettant de formuler ces lois, qu'une connaissance structurale du monde, non celle d'un monde de « choses en soi » ; son objectivité reposant justement sur sa capacité de mettre au jour des structures transcendant les perspectives particulières⁵. Au cours de la décennie suivante, Einstein développa certaines de ces idées, bien que n'épousant guère le « transcendantalisme » de ses collègues. On voit bien chez lui

¹ Bavink B. (1913, 1949), pp. 194-217 (sur ce qu'il appelait la « convergence de la recherche » et son lien avec la « désubstantialisation » de la physique, avec notamment une réflexion sur les travaux d'Eddington concernant les relations entre constantes universelles) et Cassirer E. (1929, 1972), pp. 484-521 (les constantes universelles comme « couche ultime de l'objectivité » et sources d'une « homogénéisation » de la réalité physique, dans le contexte d'une réflexion entamée en 1910 sur la transition du concept de « substance » au concept de « fonction »). Il se révèle dans Bertalanffy L. von (1932b), p. 106, que Bertalanffy et Bavink se connaissaient personnellement et correspondaient dès cette époque ; de plus, Bertalanffy se référait déjà alors à l'essai de Bavink mentionné. Néanmoins, Bertalanffy n'évoqua jamais Bavink à cette époque lorsqu'il aborda le problème évoqué. Quant à Cassirer, il ne s'y référa explicitement qu'à partir des années 1960, ce qui n'exclut pas une influence probable et en tout état de cause des convergences profondes, qui seront discutées dans la seconde partie.

² Weyl H. (1927, 1949, 1963), p. 149.

³ Weyl H. (1921, 1958), p. 1 et (1927, 1949, 1963), p. 165.

⁴ Ash M. (1995), p. 171 et p. 174.

⁵ Ryckman T.A. (2003), notamment pp. 84-85 et p. 95.

comment le concept de champ s'opposait à celui de substance et nourrissait des aspirations à un type d'unification alternatif à celui d'un mécanisme « défunt », en convergeant vers un structuralisme :

L'attribution d'énergie au champ marque un pas de plus dans le développement où le concept de champ a acquis une importance de plus en plus grande et où *les concepts de substances*, qui jouent un rôle capital dans la conception mécanique, *sont de plus en plus éliminés* [...] La reconnaissance des nouveaux concepts gagna de plus en plus du terrain et *le champ finit par éclipser la substance* [...] Ne pourrions-nous pas rejeter le concept de matière et construire une physique basée uniquement sur le champ ? [...] Nous pourrions regarder la matière comme des régions de l'espace où le champ est extrêmement intense. On pourrait, de cette façon, créer un arrière-plan philosophique nouveau. *Son but final serait l'explication de tous les événements de la nature par des lois de structure toujours et partout valables* [...] Il n'y aurait pas de place, dans notre nouvelle physique, tout à la fois pour le champ et pour la matière, le champ étant la seule réalité¹.

Cassirer a parfaitement explicité l'inspiration holistique sous-jacente à cette promotion du concept de champ qui se dessinait déjà chez Maxwell et que nous retrouverons avec les « théoriciens de la *Gestalt* ». Il voyait dans la transition d'une « physique de la matière » à une « physique du champ » une expression majeure et caractéristique de l'avènement d'une ontologie « relationaliste » en rupture avec une ontologie « substantialiste » :

La réalité désignée par le nom de « champ » n'est plus pensable comme un complexe de *choses* physiques, elle est l'expression d'un ensemble de *relations* physiques. Prélever sur ces relations certains éléments, considérer pour eux-mêmes des lieux particuliers du champ, ne signifie jamais qu'on puisse aussi les séparer réellement dans l'intuition en qualité de figures isolées. Chacun de ces éléments est au contraire conditionné par le tout auquel il appartient, et n'est même « défini » que par ce tout².

Remarquons que Smuts lui-même, dans l'exposé systématique de son holisme métaphysique publié trois ans plus tôt, avait déjà souligné la nécessité du concept de champ, prophétisant son avènement dans d'autres sciences que la physique :

Un tout naturel a son « champ », et le concept de champ se trouve des plus importants à cet égard. De même qu'une « chose » est en réalité un « événement » synthétisé dans le système de la Relativité, un organisme est une section unifiée, synthétisée, de l'histoire, qui inclut non seulement son présent mais beaucoup de son passé et même son futur [...] La conception du champ devient donc nécessaire et se révélera féconde en biologie et en psychologie non moins qu'en physique³.

La fameuse équivalence posée par la théorie de la relativité restreinte entre masse et énergie, la découverte de la radioactivité et celle de l'applicabilité du principe de « dualité onde-corpuscule » au rayonnement et à la matière furent autant de jalons supplémentaires dans le processus de « désubstantialisation ». Bavink, à l'appui de sa défense d'une vision processuelle, « dynamistique » du réel, se trouva fondé à écrire dès 1913 que « tout matérialisme au sens étroit », i.e. le « postulat de substances éternelles », devait être « exclu ». Selon lui, il ne restait « rien des petites billes rigides de l'ancienne mécanique » ; au lieu de se donner une substance et de s'efforcer ensuite d'étudier ce qui peut en advenir, il s'était révélé que l'on n'a besoin que d'un « quelque chose d'ordonné » et de ses « lois formelles »⁴. Cassirer s'appuyait quant à lui en particulier sur ces évolutions de la physique pour avancer son thème central, sur lequel je reviendrai plus amplement au 2-1 :

À la logique du concept générique régi et contrôlé [...] par le concept de substance s'oppose désormais la logique du concept mathématique de fonction⁵.

On trouverait difficilement écho plus fidèle à Bavink et Cassirer que chez Bertalanffy, pour qui la physique moderne avait « dissout les structures rigides en dynamique ». Si le Viennois ne fut pas là inspiré par Whitehead, qui insista de même en 1926 sur le « fait » que la physique moderne se serait

¹ Einstein A. & Infeld L. (1936, 1983), pp. 133-134, p. 142 et pp. 229-230. Les italiques me sont propres.

² Cassirer E. (1929, 1972), p. 512.

³ Smuts J.C. (1926, 1973), p. 87. Voir aussi p. 1.

⁴ Bavink B. (1913, 1949), p. 212.

⁵ Cassirer E. (1910, 1977), p. 33.

« débarrassée de la matière avec son apparente durée indifférenciée »¹, il le rejoignait lui aussi sur ce point, écrivant au début des années 1930 :

Par l'intermédiaire de la mécanique ondulatoire, [la physique moderne] a radicalement éliminé le concept de substance [...] Le « matérialisme » au sens étroit, c'est-à-dire le postulat selon lequel existe une « matière éternelle et indestructible » composée d'atomes en tant que « blocs rigides édifiant la réalité », est assurément dépassé².

La physique moderne a abandonné la matière en tant que « briques solides de la réalité » ; [...] à sa place s'est imposé un point de vue dynamique [et cette physique] ne peut et ne veut fournir plus que les relations existant dans le monde, en renonçant à l'intuition du sens commun.

[Elle] a « dissout » le concept de matière, considérant purement et simplement les lois de la nature comme des expressions de relations mathématiques entre des choses en soi indifférentes³.

Sa vision ne varia guère au cours des années, si ce n'est pour se préciser dans ses expressions ; il écrivit par exemple quarante ans plus tard encore :

La matière apparaît comme une sorte de point nodal dans une « substance » hautement abstraite et invisualisable que nous appelons l'énergie, et dont rien ne peut être prédit sinon qu'elle est définie par certaines relations mathématiques et que son comportement est descriptible par des relations et lois mathématiques aussi abstraites et invisualisables. En dernière analyse, on peut dire que les seules entités ou substances persistantes sont selon la physique moderne certaines invariances de concepts mathématiques extrêmement abstraits tels que la conservation de l'énergie, du spin, de la parité, etc. – des entités qui sont totalement invisualisables et ne peuvent être décrites que par des expressions mathématiques plutôt difficiles. C'est tout ce qui reste de la matière⁴.

1-4-2-3 – *La nature statistique des lois et « l'indéterminisme » de la nouvelle physique*

Le troisième moment « holicisant » de la physique moderne retenant son attention fut la transformation du concept de loi induite par l'introduction de concepts et d'outils statistiques et probabilistes, solidaire d'une remise en question de la catégorie de causalité et du postulat déterministe qui avaient jusqu'alors constitué des piliers de la vision « mécaniciste » du monde. Weyl fut un « prophète » à cet égard, affirmant dès 1921 :

Il doit être dit une fois clairement que la physique actuelle ne peut plus s'appuyer sur la croyance à une causalité de nature matérielle reposant sur des lois rigoureusement exactes⁵.

Cette remise en cause advint en deux temps, s'appuyant d'abord sur la thermodynamique, puis sur la mécanique quantique. Depuis les travaux de Boltzmann en thermodynamique statistique, qui avaient établi que l'état global d'un nombre immense de molécules peut être strictement déterminé sans qu'une connaissance du comportement spécifique de chacune d'entre elle ne soit un préalable nécessaire, la vision « statisticienne » du monde s'était imposée parmi les physiciens viennois, au premier rang desquels Franz Exner⁶. C'est à cette source que se nourrit Bertalanffy dès ses premiers travaux, ainsi qu'aux écrits convergents sur le sujet de Nernst, Weyl, Hans Reichenbach et Richard von Mises. Pour ces physiciens et physico-mathématiciens, il s'était révélé que la valeur de toute loi physique, et non seulement celle du second principe de la thermodynamique, n'est que statistique :

Différents motifs nous laissent supposer que le second principe n'a pas un caractère d'exception, et qu'au contraire toutes nos lois de la nature ont le même trait, [... à savoir que] les processus individuels ultimes leur échappent [et qu'elles ont] un caractère essentiellement statistique⁷.

La plupart des concepts physiques [...] ne sont pas exacts, mais statistiques, i.e. ils représentent des valeurs moyennes affectées par un certain degré d'indétermination. De manière similaire, la plupart

¹ Whitehead A.N. (1926, 1994), p. 55.

² Bertalanffy L. von (1932a), pp. 69-70.

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 103 et p. 77. Voir aussi (1933c), p. 253 et (1949e), p. 168.

⁴ Bertalanffy L. von (1971c), p. 36.

⁵ Weyl H. (1921, 1958), p. 274.

⁶ Coen D.B. (2006), pp. 500-503.

⁷ Nernst W. (1922), pp. 493-494. Bertalanffy se réfère à cet article de Nernst, dans (1927d), p. 55 et (1930a), p. 30 notamment.

des « lois » physiques usuelles, surtout celles concernant la matière, ne doivent pas être interprétées comme des lois de la nature strictement valides mais comme des régularités statistiques¹.

Toutes les affirmations en physique apparaissent désormais comme des approximations, qui ne se laissent en principe pas [indéfiniment] perfectionner et ont essentiellement le caractère d'énoncés statistiques. C'est seulement du fait qu'ils réfèrent en général à une très grande multiplicité de processus élémentaires qu'est suscitée l'apparence d'énoncés déterministes².

Il n'est pas un seul énoncé fondamental relatif à l'univers qui présente un caractère de certitude : ils n'ont tous qu'un caractère plus ou moins prononcé de probabilité [...] L'incertitude pénètre dans une science que l'on croyait absolue [...] Le caractère statistique donne lieu à des régularités : cela devient un trait fondamental du devenir physique [...] Le principe statistique est introduit en tant que forme de la régularité, au même titre que le principe causal³.

Bertalanffy puisa là une idée dont nous verrons le rôle clef dans son œuvre. Elle se manifestera dans son interprétation des lois systémiques comme des « statistiques d'ordre supérieur » et dans sa vision des sciences comme une « hiérarchie de statistiques ». C'est en s'appuyant sur les physiciens mentionnés qu'il insista dès la fin des années 1920 sur la signification générale et profonde de cette évolution (la compatibilité de « l'ineffabilité » de l'individu et de la soumission d'une collection d'individus à des lois « exactes » strictes) :

La physique elle non plus n'est plus en mesure d'énoncer des lois complètement exactes de la nature, et doit bien plutôt se satisfaire de méthodes et de règles statistiques [...] La vision causale du monde du physicien se dissipe ; à sa place en surgit une nouvelle, qui reconnaît l'individualité même pour le processus moléculaire, et ne peut plus trouver une expression dans des lois naturelles, mais dans de simples valeurs moyennes statistiques [...] Seul le comportement d'un grand nombre de choses individuelles, d'organismes, de molécules, peut être prédit en biologie et en physique, mais pas le comportement de l'individu particulier. Et exactement le même principe vaut en psychologie. Le comportement d'une masse humaine est – comme l'a depuis longtemps reconnu la sociologie – complètement justiciable de lois ; mais le comportement de l'individu n'est pas prédictible [...] C'est en définitive la vieille maxime scolastique : « *Individuum est ineffabile* », qui s'exprime dans les trois domaines de la physique, de la biologie et de la psychologie⁴.

Les grands ensembles sont soumis à une légalité qui paraît pour cette raison exacte ; mais dès que nous envisageons dans les diverses sciences les objets individuels, nous reconnaissons l'individualité de leur comportement, qui ne peut jamais être appréhendée par l'intermédiaire de lois générales⁵.

Comme l'a montré Forman, l'insistance de nombre de physiciens sur la nécessité de substituer une conception statistique des lois physiques à une conception déterministe était congruente avec le contexte de domination des « philosophies de la vie », particulièrement avec les idées de Spengler, qui avait désigné la causalité « rigide » comme une catégorie à abattre⁶. Il est vrai que Spengler avait interprété l'irruption de concepts statistiques en physique comme un « refuge » exprimant le déclin de la science « mécanistique » et le surgissement de l'histoire, du « devenir » et donc de la « vie », au cœur même de la science du « devenu » :

La statistique ressortit, comme la chronologie, au domaine de l'organique, à la vie changeante en mouvement, au destin et au hasard, non au monde des lois et de la causalité intemporelle [...] Plus la dynamique se rapproche du but par épuisement de ses possibilités intérieures, plus résolument surgiront les traits historiques de l'image, plus forte sera la nécessité organique du destin à côté de celle de la causalité, et à côté des facteurs de l'étendue pure ceux de la direction⁷.

¹ Weyl H. (1927, 1949, 1963), p. 199.

² Mises R. von (1930), p. 890.

³ Reichenbach H. (1932), pp. 25-26.

⁴ Bertalanffy L. von (1927d), pp. 654-656 et (1930a), pp. 30-32.

⁵ Bertalanffy L. von (1932b), p. 111.

⁶ Forman P. (1971).

⁷ Spengler O. (1923, 1976), I, pp. 404-405.

Bertalanffy ne se priva d'ailleurs pas de mettre en parallèle les réflexions de Nernst et de Spengler, les deux se rejoignant à ses yeux dans l'affirmation que le renoncement de la physique à la toute puissance de la causalité laisserait place à un nouveau mysticisme¹.

Néanmoins, un critique de Forman a justement souligné que « l'acausalisme » de maints physiciens de l'époque ne fut pas une simple expression de leur « accommodation » à un contexte intellectuel « hostile » au principe de causalité ; et qu'il fut, comme ce qui suit va l'illustrer, avant tout motivé par des considérations épistémologiques internes à la physique². Par ailleurs, si un critique précoce de Bertalanffy lui a reproché de « prendre trop au sérieux les propos des physiciens »³, on peut accorder au Viennois que se comptaient parmi eux certains des plus éminents. Le fait est que la mécanique quantique sapait les fondements du déterminisme de manière beaucoup plus radicale que la thermodynamique statistique. Celle-ci reposait encore sur l'hypothèse de lois déterministes des mouvements des molécules, des lois de nature statistique ne survenant que lorsqu'on cherche à dériver les effets macroscopiquement visibles de ces mouvements. Louis de Broglie a bien témoigné du changement essentiel opéré par la mécanique quantique à cet égard :

Dans les théories classiques où les probabilités intervenaient, les phénomènes élémentaires étaient censés être régis par des lois rigoureuses et les probabilités s'introduisaient pour la description des phénomènes globaux par une statistique portant sur un nombre immense de phénomènes élémentaires. Dans la physique quantique, au contraire, les probabilités s'introduisent directement dans la description du cours des phénomènes élémentaires⁴.

Que la fonction d'onde Ψ d'un système quantique soit solution d'une équation aux dérivées partielles ne changeait en rien le fait que ce déterminisme restait purement mathématique et que toutes les conclusions physiques tirées de l'équation de Schrödinger demeuraient essentiellement et irréductiblement probabilistes⁵. Par ailleurs, et Bertalanffy n'a pas manqué de le répéter à la suite de Heisenberg et sans doute aussi de Jordan⁶, les relations dites « d'indétermination » [*Unbestimmtheit*] ruinaient les fondements mêmes du postulat déterministe, le rendant (selon les termes d'Heisenberg) « sans contenu » : les prémisses de son application ne pouvaient pas être satisfaites. La conjugaison de variables telles que la position et la quantité de mouvement qu'exprimaient ces fameuses relations impliquait en effet l'impossibilité *de principe* d'une connaissance exhaustive des conditions initiales nécessaires à la détermination univoque d'un état futur :

Les relations d'indétermination montrent d'abord qu'une connaissance précise des éléments de détermination qui, dans la théorie classique, sont nécessaires pour établir une relation causale, sont impossibles dans la théorie quantique. La conséquence suivante de l'indétermination est aussi que le comportement futur d'un tel système imprécisément connu ne peut être prédit qu'imprécisément, i.e. statistiquement. Il est évident que par les relations d'indétermination, le fondement nécessaire à la loi causale précise de la physique classique est perdu⁷.

La physique quantique contraignait ainsi à disjoindre ce que la physique dite « classique » avait toujours connecté avec succès, à savoir la description des phénomènes dans l'espace et dans le temps d'une part, et le principe de causalité d'autre part. Bohr, tout en pointant cette contrainte, insista sur l'irréductibilité de l'individualité qu'elle impliquait ; il ne pouvait ainsi que nourrir les convictions de Bertalanffy au sujet de son « ineffabilité » :

Il ne peut plus être question de causalité au sens ordinaire du mot. [...] Il y a une] impossibilité d'une description causale et spatio-temporelle des phénomènes lumineux. Si nous voulons étudier les lois de la propagation des actions lumineuses dans l'espace et dans le temps, nous sommes réduits, en raison du postulat quantique, à des considérations statistiques. Inversement, en appliquant le

¹ Bertalanffy L. von (1927d), p. 656 et (1927c), p. 252.

² Hendry J. (1980), notamment p. 160 et p. 168.

³ Groß J. (1930), p. 324.

⁴ Broglie L. de (1937, 1986), p. 222.

⁵ Heisenberg W. (1931), p. 183 ; Jordan P. (1932), p. 818 et Broglie L. de (1937, 1986), p. 223. Pour une introduction limpide aux principes mathématiques impliqués dans la dérivation de prédictions physiques de nature probabiliste à partir de la fonction d'onde de Schrödinger et dans le cadre du formalisme des espaces de Hilbert, voir Bitbol M. (1996), pp. 146-178.

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), p. 104 ; voir aussi (1949e), pp. 153-154 et p. 166.

⁷ Heisenberg W. (1931), p. 177. Voir aussi pp. 174-175 et p. 180. Voir aussi Jordan P. (1932), p. 817.

principe de causalité aux phénomènes lumineux individuels caractérisés par le quantum d'action, nous renonçons à la connaissance des rapports spatio-temporels¹.

Dans la description des phénomènes atomiques, l'idéal classique [d'unité et de connexion causale dans la description des phénomènes] ne peut être atteint [...] Si la description causale et spatio-temporelle convient à la coordination des faits expérimentaux ordinaires, cela tient exclusivement à la petitesse du quantum vis-à-vis des actions qui entrent en jeu dans les phénomènes habituels².

Des physiciens tout aussi éminents, aux premiers rangs desquels Einstein, Planck et Paul Langevin, résistèrent certes à cet a-causalisme. Ainsi Planck considérait-il en 1926 que si le physicien ne peut logiquement, compte tenu des incertitudes de mesure, formuler que des « lois statistiques », il ne saurait s'en satisfaire en principe et doit au contraire autant que possible viser la formulation de « lois dynamiques », i.e. déterministes, le postulat d'une causalité stricte ne pouvant selon lui être évité en science ne serait-ce que comme maxime heuristique³. Mais le fait est que ces résistances ne s'accompagnèrent à l'époque d'aucune théorie causale alternative des phénomènes quantiques, de sorte qu'un point de vue a-causal s'y imposait légitimement et que Bertalanffy pouvait tout aussi légitimement arguer de « l'indéterminisme radical »⁴ s'exprimant en physique pour avancer ses propres arguments. De Broglie remarqua d'ailleurs quelques années plus tard :

Un certain nombre de physiciens manifestent encore la plus grande répugnance à considérer comme définitif le renoncement au déterminisme rigoureux auquel la physique quantique actuelle est contrainte. On a été jusqu'à dire qu'une science non déterministe est inconcevable. Cette opinion nous paraît exagérée puisqu'en somme la physique quantique existe et qu'elle est indéterministe [...] Bien que beaucoup de réformes fondamentales nous paraissent encore nécessaires pour y voir clair en physique quantique, il ne nous paraît personnellement pas très probable qu'on parvienne à rétablir entièrement le déterminisme de l'ancien temps⁵.

L'a-causalisme, loin d'être une spéculation, était ainsi inséparable de la nouvelle physique :

[II] n'est pas une hypothèse ajoutée au système de la mécanique quantique et qui pourrait à volonté en être éliminée. Au contraire, elle fait corps avec ce système, de sorte que pour revenir à un point de vue causal il faut ou bien rejeter la théorie (mathématique) en bloc ou bien tout au moins modifier radicalement l'ensemble de son interprétation physique [...] L'idée classique du déterminisme causal n'est ni vraie, ni fausse, mais simplement dénuée de sens physique⁶.

1-4-2-4 – *La réhabilitation de la téléologie en tant que principe formel*

Un quatrième moment « holicisant » de la physique retenu par Bertalanffy s'inscrivait dans le prolongement de cet a-causalisme : la justification de la réintroduction de la téléologie en physique, qui semblait du même coup légitimer son usage sans tabou dans les sciences du vivant et de l'homme, où la « directivité » indéniable des événements se révélait en contradiction permanente avec l'exclusion dogmatique des causes finales constitutive du paradigme mécaniciste. Comme si la science s'éveillait de son « sommeil dogmatique » et renonçait à ce que von Hartmann avait, en la décrivant comme une « maladie infantile de la science moderne », dénoncé en 1907 comme sa « téléophobie »⁷. Bertalanffy se référa à ce propos à Arnold Sommerfeld et Pascual Jordan du point de vue de la mécanique quantique, et à Weyl en ce qui concerne la théorie de la relativité générale. Tous avaient fortement insisté sur le fait que les principes d'optimalité tels que celui de moindre action dominant la physique théorique et étaient susceptibles de conférer à la téléologie une respectabilité scientifique⁸. Ainsi, non seulement les trajectoires dans un champ gravitationnel devaient-elles être définies comme des géodésiques de l'espace-temps, mais Weyl montra la possibilité de principe d'une action du « cône

¹ Bohr N. (1927, 1993), pp. 51-53. Selon le postulat quantique, « tout processus atomique présente un caractère de discontinuité, ou plutôt d'individualité, complètement étranger aux théories classiques, et caractérisé par le quantum d'action de Planck » (p 50).

² Bohr N. (1929, 1993), p. 92.

³ Planck M. (1926), p. 255. Voir aussi Forman P. (1971), p. 91.

⁴ Bertalanffy L. von (1927d), p. 656.

⁵ De Broglie L. (1937, 1986), p. 225.

⁶ Kojève A. (1932, 1990), p. 257 et p. 288.

⁷ Von Hartmann E. (1907), in Hertwig O. (1918), p. 650.

⁸ Bertalanffy L. von (1927d), pp. 657-658.

du futur actif » sur le passé¹. Quant à Sommerfeld, il leva sans ambages les tabous sur le sujet dans ses considérations sur le modèle de l'atome de Bohr :

[Tout se passe] comme si l'état initial et l'état final déterminaient aussi bien l'événement [...] On a souvent souligné le fait que dans la condition de rayonnement de Bohr, l'atome devrait d'abord savoir dans quel état il voudrait en définitive se retrouver avant de pouvoir rayonner [...] Une telle transformation téléologique de la causalité me semble moins contredire la théorie quantique que la théorie classique. Ce que nous devons en tous cas exiger, pour autant qu'il doive y avoir une science de la nature, c'est la détermination univoque de l'événement observable, la sécurité mathématique de la loi naturelle. Comment advient cette univocité, si elle est donnée par le seul état initial ou à la fois par les états initiaux et finaux, nous ne pouvons le savoir *a priori* et devons l'apprendre de la nature².

C'est en se nourrissant de ces évolutions que Bertalanffy évoqua très tôt la possibilité d'un concept « positiviste » de finalité, c'est-à-dire « purifié » de tout anthropomorphisme, scientifiquement aussi légitime que la cause efficiente en tant que principe formel :

Causalité et téléologie sont toutes deux exactement au même degré anthropomorphes ou non anthropomorphes, selon la manière dont on les formule [...] On peut dire que la téléologie est la dépendance nomothétique d'un état présent à un état futur et elle n'est sous cette formulation pas plus anthropomorphe et pas moins scientifique que la causalité, qui affirme la dépendance nomothétique à un état passé [...] Le concept de téléologie peut être appliqué en science avec tout autant de légitimité que celui de causalité [...] Que j'aie raison avec cette conclusion, même la physique le montre, car en elle aussi entrent depuis peu des moments téléologiques³.

Très influencé par von Hartmann sur cette question, Bertalanffy cherchait déjà alors à réactualiser un principe que Leonhard Euler et Louis Lagrange avaient exploité avec fécondité dans les questions mécaniques⁴, à savoir que la téléologie ne concerne pas l'*essence* des phénomènes mais seulement la *forme* de leur *description*. Bertalanffy ne manqua d'ailleurs pas de citer Euler dans l'un de ses articles fondateurs de la « systémologie générale », en référence à l'usage traditionnel de principes d'optimalité en physique :

Puisque l'organisation de l'ensemble du monde est la plus excellente et qu'elle est issue du créateur le plus sage, rien ne peut y être trouvé d'où ne rayonne une propriété de minimum ou de maximum⁵.

L'ombre de Leibniz se profilait ici encore. Tout en adhérant à l'idée que les opérations de la nature s'accomplissent « mécaniquement », le philosophe de Hanovre avait en effet déjà considéré que l'explication des choses par les causes efficientes ne saurait être unique et ultime. En liaison étroite avec sa critique du cartésianisme et de l'atomisme⁶, il avait au contraire réhabilité les causes finales en cherchant à les concilier avec le mécanisme :

Il faut admettre de façon générale que tout peut s'expliquer doublement : par le règne de la puissance, i.e. par les causes efficientes ; et par le règne de la sagesse, i.e. par les causes finales⁷.

Bertalanffy fut au premier rang de ceux qui pensèrent qu'une réinterprétation holistique de cette conciliation était possible, avec l'idée que tout processus d'équilibre peut être décrit causalement ou téléologiquement, selon que l'on se place du point de vue de la « totalité » ou de celui de l'une de ses « parties ». C'est en ce sens qu'il écrivit en 1929 :

¹ Weyl H. (1921, 1958), pp. 259 sq.

² Sommerfeld A. (1924), pp. 1048-1049.

³ Bertalanffy L. von (1929f), pp. 331-332. Voir aussi (1927d), pp. 658-660.

⁴ Israel G. (1996), pp. 152-153 par exemple.

⁵ Euler L., in Bertalanffy L. von (1949b), p. 118.

⁶ Leibniz tenait le cartésianisme pour une sorte de « mécanisme géométrique » identifiant l'étendue à l'essence de la matière ; et il assimilait l'atomisme à un « mécanisme arithmétique » postulant que la matière est composée de substances indivisibles. Le problème étant à ses yeux que l'on ne saurait tirer de l'étendue le changement et l'action (d'où la nécessité de rétablir la finalité) et que l'atomisme contredisait ses principes de continuité (« la nature ne fait jamais de saut », par exemple un mouvement ne saurait naître immédiatement du repos), d'indiscernabilité (deux choses ne peuvent être parfaitement semblables et on passe de l'une à l'autre par degrés successifs) et de raison suffisante (de toute proposition non identique on doit pouvoir rendre raison. En particulier, on ne saurait rendre raison de la divisibilité infinie de la matière). Voir Boutroux E., in Leibniz G.W. (1714, 1991), pp. 189-190 et pp. 194-195.

⁷ Leibniz G.W., traduit par Parmentier M., in Wagner et alii (2002), p. 174.

Tout processus d'équilibre peut être formulé téléologiquement [...] Toutes les lois systémiques ont la particularité que ce qui apparaît pour l'ensemble du système comme un processus causal d'équilibre peut être formulé téléologiquement pour les parties¹.

Ce qui correspond à un processus causal d'équilibre apparaît pour la partie comme un événement téléologique, en ce que l'action de cette dernière semble dirigée vers le « but » consistant à prendre sa place « convenable » dans le tout².

1-4-2-5 – *La physique moderne investie par le holisme*

Outre qu'elle apporta une contribution décisive à la remise en cause du postulat déterministe, la mécanique quantique fut le lieu de la physique le plus accompli dans l'épanouissement d'une pensée holistique. Un motif proprement holistique – c'est-à-dire non seulement, tel l'a-causalisme, « holicisant » parce que presque invariablement solidaire de discours de type holistique – la traversait en effet, en connexion avec les relations d'indétermination de Heisenberg. Bertalanffy l'évoqua ainsi :

Les processus microphysiques ne se laissent pas représenter comme une succession d'événements locaux individuels, mais doivent être considérés comme des tous³.

Très attentif aux débats contemporains entre physiciens (notamment du fait de sa proximité avec le « Cercle de Vienne » et avec la « Société de philosophie empirique » de Berlin), il s'inspirait à ce sujet d'une remarque faite par Planck en 1929 à propos de l'interprétation des relations d'indétermination, qu'il cita partiellement en 1932 :

Le cadre de la physique actuelle doit être élargi afin que les faits nouvellement découverts y prennent place. Et si je ne me trompe pas, cet élargissement prend la direction de l'abandon d'une thèse que l'on a jusqu'alors tacitement posée comme évidente à la base de toutes les observations physiques. Il s'agit de la thèse selon laquelle tous les processus physiques se laissent représenter comme une succession de processus locaux isolés. *Le monde physique n'est pas simplement une somme de mondes isolés se juxtaposant dans l'espace et le temps les uns à côté des autres et maints phénomènes échappent à la compréhension lorsque l'on ne considère pas un objet physique comme une totalité.* C'est seulement de cette manière que semble devenir compréhensible l'affirmation de la nouvelle physique selon laquelle l'instrument de mesure ne se laisse en principe pas séparer de l'objet [*Objekt*] mesuré car tous deux appartiennent à la même configuration [*Gebilde*] physique⁴.

Planck prolongea d'ailleurs cette réflexion dans un autre article publié la même année :

On parvient à une compréhension de la légalité physique non lorsqu'on décompose l'objet physique considéré en parties spatiales isolées, mais *seulement lorsqu'on le considère comme un tout*⁵.

Jean Ullmo témoignera une quarantaine d'années plus tard du fait qu'il n'y a pas lieu de voir dans ces propos de Planck l'expression d'une simple mode passagère réductible à un contexte intellectuel favorable aux professions de foi holistiques, mais une nécessité épistémologique :

[La mécanique quantique] a retrouvé, avec la notion fondamentale de *système*, la nécessité de considérer l'unité synthétique constitué par un ensemble d'interconnexions, et son devenir, tout d'un bloc, contrairement à la mécanique classique qui prétendait rendre compte du devenir par les mouvements séparés de corpuscules individualisés⁶.

Ce holisme, qui put en 1935 se nourrir du fameux « paradoxe » d'Einstein-Podolski-Rosen⁷, était suscité par le fait que les relations d'indétermination (tout au moins conformément à leur interprétation alors dominante, dite « de Copenhague »⁸) excluaient en principe la possibilité de

¹ Bertalanffy L. von (1929b), p. 388 et p. 390.

² Bertalanffy L. von (1929a), p. 102. Voir aussi (1930/1931), p. 388.

³ Bertalanffy L. von (1945), p. 1 et (1951d), p. 226. Voir aussi (1949e), p. 166.

⁴ Planck M. (1929a), p. 17, également cité in Bertalanffy L. von (1932b), p. 108. Les italiques me sont propres.

⁵ Planck M. (1929b), p. 211. Les italiques me sont propres.

⁶ Ullmo J. (1969), pp. 238-239.

⁷ Sur ce « paradoxe » et les débats qu'il a occasionnés, voir Bitbol M. (1996), pp. 249-256.

⁸ Celle de Bohr-Heisenberg, qui tendait vers un réalisme physique et où le terme d'indétermination était synonyme de celui d'incertitude. En fait, il y avait à l'époque au moins deux autres interprétations en cours, qui n'étaient d'ailleurs pas nécessairement incompatibles avec elle (surtout la seconde) : une interprétation « phénoméniste » (ces relations expriment sous forme symbolique des données expérimentales) ; et une interprétation métaphysique (elles expriment l'inexistence d'un réel indépendant de l'expérience) : Kojève A. (1932, 1990), pp. 282-286.

séparer une « particule élémentaire » des quanta d'énergie nécessaires pour l'étudier, les deux formant donc une « totalité » indécomposable, c'est-à-dire encore, selon les termes de Bertalanffy à la suite de Schrödinger, une *Gestalt*¹. Bohr, Heisenberg et Jordan soutinrent l'idée qu'un objet quantique et son observateur (individu ou instrument de mesure) sont inséparables et doivent être conçus comme formant un « système ». Le phénomène physique ne serait plus pensable comme la manifestation d'une réalité indépendante de l'observation : celle-ci en deviendrait au contraire elle-même un moment constitutif, hors duquel il ne saurait même exister². Ces physiciens poussèrent même leur holisme jusqu'à une négation d'un principe fondateur de la science moderne, à savoir la distinction radicale entre sujet et objet de l'expérimentation, le « postulat (classique) d'objectivité » :

La physique des processus atomiques n'est pas à proprement parler une description d'états de fait objectifs, en soi indépendants, mais une description des lois des processus d'observation³.

Une physique « objective », i.e. une séparation stricte du monde en sujet et objet, n'est plus possible [...] La physique atomique moderne ne traite pas de l'essence et de la construction de l'atome, mais des processus que nous percevons en observant l'atome⁴.

Bertalanffy fit grand cas de ce holisme qui contribua, nous le verrons au 2-1, à l'élaboration de son perspectivisme : avec la physique quantique, la frontière entre objet et sujet, qui avait selon lui « culminé dans l'explication mécaniciste de la nature et s'enracinait en dernière analyse dans la philosophie atomiste antique » commencerait elle aussi à « disparaître », le « soi-disant monde objectif » se révélant n'être qu'une « construction conceptuelle »⁵.

Plus généralement, Bertalanffy se retrouvait parfaitement en phase avec Weyl lorsqu'il remarquait que la physique en était elle-même venue à intégrer la « totalité », la « structure » et l'« organisation » dans ses problématiques. Et ce non seulement en mécanique quantique et en physique atomique, mais aussi en cristallographie et surtout en chimie : en stéréochimie bien sûr, mais aussi en cinétique, où Bertalanffy remarqua la signification holistique de la « loi d'action de masses » formulée en 1867 par Cato M. Guldberg et Peter Waage, une loi qui énonce l'action des réactifs sur la vitesse d'une réaction sous la forme d'une proportionnalité de cette vitesse aux concentrations absolues des réactifs, et qui implique la constance de certains rapports entre ces concentrations absolues à l'équilibre chimique⁶. Bertalanffy comme Weyl voyaient dans cette évolution l'indice d'un « rapprochement » possible entre physique et biologie, traditionnellement tenues pour les sciences respectivement méristique et holistique par excellence – le physico-mathématicien ne manqua pas de se référer à Bertalanffy à ce sujet, et ils échangèrent même une correspondance après-guerre :

Il est significatif que certains traits simples et précis de totalité, d'organisation, d'acausalité, sont attribués par la mécanique quantique aux constituants élémentaires de toute matière. Un *rapprochement* entre physique et biologie a indubitablement pris place à cet égard⁷.

Bertalanffy considéra très tôt qu'il y avait là un tournant majeur, qu'il mobilisa tout au long de son œuvre afin de justifier sa perspective systémique. Surtout à l'encontre de ceux qui, tels Needham dans ses premiers écrits épistémologiques, estimaient que les concepts de « totalité » et d'« organisation » sont scientifiquement stériles :

[Ces considérations] réfutent un vieux préjugé mécaniciste. Les penseurs mécanicistes nous ont toujours raconté que toute explication scientifique et physique se doit de réduire chaque événement en parties élémentaires séparées. Nous voyons en fait que ce point de vue se révèle insuffisant sur le terrain même de la physique et que celle-ci ne peut dans ses fondements mêmes se dispenser de points de vue « intégratifs ». L'affirmation mécaniciste selon laquelle le concept de totalité est

¹ Schrödinger semble avoir été le premier à transposer en mécanique quantique le terme *Gestalt*, typique d'une orientation holistique. Voir Bertalanffy L. von (1932b), p. 109 et (1933c), p. 255. La « théorie de la *Gestalt* » sera examinée aux 1-4-4 et 1-4-5-12.

² Bohr N. (1927, 1993), pp. 51-65 ; Heisenberg W. (1931), pp. 179-182 ; Jordan P. (1932), pp. 817-818.

³ Jordan P. (1932), p. 81.

⁴ Heisenberg W. (1931), p. 182.

⁵ Bertalanffy L. von (1943b), p. 24.

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 185-186 ; (1945), p. 1 et (1949d), p. 358 par exemple.

⁷ Weyl H. (1949, 1963), p. 277. Une référence à Bertalanffy se trouve p. 214. En ce qui concerne la correspondance entre Bertalanffy et Weyl, trois lettres datées de 1952 et écrites par le premier sont disponibles aux archives viennoises du B.C.S.S.S.

seulement philosophique et est scientifiquement inutilisable trouve ainsi sa réfutation la plus limpide dans la science modèle des mécanistes¹.

1-4-3 – *La résurgence de métaphysiques holistiques et émergentistes dans le premier tiers du XX^e siècle*

Les évolutions de la physique dont il vient d'être question jouèrent un rôle essentiel de légitimation dans tous les autres domaines investis par des modes holistiques de pensée, et ce non seulement dans les autres sciences, mais aussi en métaphysique. J'ai déjà dit au 1-1 à quel point le contexte intellectuel du premier tiers du XX^e siècle, surtout en pays germanophones et anglo-saxons, se prêtait à une réaffirmation des droits de cette dernière. Et le fait est que cette réaffirmation prit chez quelques philosophes la forme d'une réactualisation, d'un prolongement, voire à certains égards d'un renouvellement, des thèmes de la *Naturphilosophie* discutés au 1-4-1. À commencer par le premier d'entre eux : celui d'un monde unifié, intérieurement et hiérarchiquement organisé, dont toutes les parties seraient interconnectées et dont l'architecture serait exprimable, l'esprit humain ayant le pouvoir d'en saisir les lois intimes. Les philosophes en question doivent être évoqués ici avant même de considérer les sciences non physiques, dans la mesure où ils influencèrent bien souvent les psychologues, biologistes et sociologues qui embrassèrent eux aussi un holisme, en fournissant à leurs travaux un cadre métaphysique qui pouvait non sans raison leur sembler adéquat. Il semble en fait possible de considérer que les métaphysiques qui vont être discutées ici furent, aux côtés des évolutions de la physique, l'une des deux principales sources contemporaines d'inspiration de ces scientifiques. Il en va au premier chef ainsi de Bertalanffy, qui s'y référa dès ses premiers travaux et dont nous verrons le projet « systémologique » porter sensiblement l'empreinte. Mais examiner ces métaphysiques, au moins dans leurs grandes lignes et en soulignant seulement celles dont on retrouve clairement la trace dans le système bertalanffien, sera aussi ici un moyen de mettre en évidence certaines divergences significatives entre ce dernier et ces philosophes.

Dans le monde germanophone, deux métaphysiciens se distinguèrent particulièrement dans la direction considérée. Il s'agit de l'Autrichien Othmar Spann et de l'Allemand Nicolai Hartmann. Tous deux développèrent des métaphysiques systématiques de la « totalité ». Le premier cherchait explicitement, en se référant aux « génies » que furent selon lui Goethe et Schelling, à réhabiliter l'ambition de substituer à la « méthode mathématique-quantitative », jugée irrémédiablement méristique, une *Naturphilosophie* capable de saisir la « dépendance interne de la nature », sa « face intérieure », et de « la comprendre dans son essence »². Jamais Bertalanffy ne s'y référa, mais c'est justement pour cette raison selon moi très significative que Spann devra être ici évoqué. Par contre, Bertalanffy ne cacha pas l'influence précoce, profonde et durable de Hartmann sur la genèse de son projet « systémologique ».

La « théorie des catégories fondamentales » de Hartmann, métaphysique holistique et émergentiste systématique de la « stratification du réel », fut effectivement l'une des plus importantes sources d'inspiration du Viennois ; la proximité des deux philosophes fut telle qu'un commentateur contemporain y consacra un article, lequel contribua d'ailleurs à approfondir l'attention portée par Bertalanffy à la métaphysique développée par son collègue³. Mais ici encore, la proximité ne doit pas masquer les divergences, qui se situent dans l'ordre de la théorie de la connaissance. Hartmann, qui cherchait à réhabiliter l'ontologie comme domaine signifiant d'investigation (et répondait par là-même, j'y ai fait allusion au 1-1-3-1, à un contexte de « crise de la réalité »), la concevait certes en rupture avec l'ontologie dogmatique : s'il s'agissait pour lui comme chez Kant d'énoncer les principes déterminant les conditions de possibilité de ce qui est (les « catégories »), c'était en s'interdisant toute déduction *a priori* et en conditionnant la validité objective des énoncés ontologiques à leur confrontation au champ de l'expérience. Néanmoins, il adopta un réalisme critique qui persistait, en dépit de son rejet des positions rationalistes, à postuler un accord partiel entre les catégories de l'Être et celles de la connaissance ; et il reprochait aux traditions idéalistes issues de Kant (dont il était

¹ Bertalanffy L. von (1932b), p. 109. Voir aussi Needham J. (1928a) et (1928b).

² Spann O. (1924, 1939), p. 346 et (1937), pp. 150-153, p. 218 et p. 226.

³ Ballauff T. (1940).

pourtant issu¹) de ne pas assez distinguer l'objet de la connaissance et les créations mentales qui lui permettent de se constituer, de « dissoudre » le problème de la connaissance dans la logique alors que le sujet de la connaissance devrait se soumettre à une réalité préexistante². La connaissance serait ainsi une saisie de l'être ; et Hartmann récusait pour cette raison la réduction de la métaphysique à une critique des principes de la connaissance, que les néo-kantiens avaient opérée :

Connaître ce n'est pas créer, produire, faire naître un objet, comme veut nous le faire croire l'idéalisme ancien et moderne, mais appréhender quelque chose qui existe avant toute connaissance et indépendamment d'elle [...]

La thèse kantienne : pas de métaphysique sans critique, garde toute sa valeur [...] Seulement, en face de la thèse, il faut mettre son antithèse naturelle : pas de critique sans métaphysique³.

Son ontologie visait ainsi à reprendre le problème de la « chose en soi » [*Ding an sich*] là où Kant l'avait laissé, et à l'interpréter d'une manière « positive » au lieu de l'abandonner :

Une théorie de la connaissance qui ne veut pas passer à côté du vrai problème doit s'orienter vers la métaphysique. Et c'est ici qu'apparaît la vieille idée de *philosophia prima* ou d'*ontologia*, qui doit fournir les fondements métaphysiques d'une théorie de la connaissance [...] Le problème de la connaissance devient inévitablement un problème ontologique [...]

La « chose en soi », voilà le thème proprement critique que renferme la « philosophie critique » [...] Sans doute l'idéalisme kantien n'autorise qu'une interprétation purement négative de la chose en soi. La faire valoir de façon positive, telle doit être la première affaire d'une théorie qui veut être critique [...] Autrement dit, l'ontologie négative de Kant doit être transformée en une ontologie positive⁴.

Cette attitude anti-idéaliste, qui se manifestait par le constant primat de l'être sur l'idéal dans son système, constitua la plus notable différence entre Hartmann et Bertalanffy, dont le projet « systémologique », comme je m'efforcerai de le montrer aux 2-1 et 2-2, fut en dernière analyse d'inspiration essentiellement néo-criticiste.

La même divergence exista avec les métaphysiques holistiques et émergentistes anglo-saxonnes contemporaines. Bertalanffy en prit connaissance par l'intermédiaire de Needham et de Woodger, une connaissance qui resta manifestement de seconde main au moins jusqu'en 1932. L'émergentisme proprement dit, qui tira une bonne part de son inspiration des écrits de Mill, George H. Lewes et Bergson, fut une véritable vogue philosophique en Angleterre dans les années 1920, principalement sous l'impulsion de Samuel Alexander, Conwy Lloyd Morgan et Charles D. Broad. Il eut deux autres « compagnons de route » objectifs mais indépendants : Whitehead et Smuts, dont les métaphysiques développèrent des thèmes holistiques convergeant à maints égards avec ces émergentismes. Le premier participa d'ailleurs au sixième congrès international de philosophie qui, signe des temps, fut consacré en 1926 au problème de l'émergence⁵. Contrairement à celle de Spann, qui pensait pouvoir résoudre le problème théologique de la relation entre Dieu et le monde dans le cadre de sa « doctrine de la totalité » [*Ganzheitslehre*] et faisait du premier le sommet de la hiérarchie cosmique⁶, ces métaphysiques avaient en commun avec celle de Hartmann d'être « naturalistes »⁷ : c'étaient des doctrines de l'auto-organisation de la nature n'invoquant aucune puissance transcendante et se fondant abondamment sur les sciences physico-mathématiques, la biologie et la psychologie afin d'avancer leurs arguments. S'il n'y avait pas de ce seul point de vue de divergence avec Bertalanffy, il y en avait bien une en définitive puisqu'elles étaient tout aussi réalistes que la métaphysique hartmanienne. Elles faisaient en effet de l'émergence une réalité indépendante de nos constructions

¹ Hartmann fut formé dans l'école néo-kantienne dite de Marburg, ayant pour maîtres Hermann Cohen et Paul Natorp. Il fut aussi exposé à l'influence de Vaihinger. Voir Vancourt V., in Hartmann N. (1924, 1945), p. 18.

² Hartmann N. (1924, 1945), pp. 219-228.

³ *op. cit.*, p. 37 et p. 41. Cette position amena Hartmann à écrire, à l'encontre de toute la tradition kantienne : « La connaissance ne se présente pas comme une création originale, comme une sorte de prototype ou comme une production de ce prototype, mais bien plutôt comme une représentation, comme une copie de l'être » (*op. cit.*, p. 382).

⁴ Hartmann N. (1924, 1945), p. 42 et p. 46 ; puis p. 249. Il écrivit aussi (p. 274) : « Ce n'est que sur le terrain proprement ontologique que se pose vraiment le problème de la connaissance ».

⁵ Andler D. et al. (2002), p. 984 et p. 1007.

⁶ Spann O. (1924, 1939), p. 88 et (1937), p. 138.

⁷ Lloyd Morgan C. (1923), p. 12.

conceptuelles, et du credo réaliste en général un préalable à leurs considérations¹. Smuts insistait de plus pour sa part sur l'idée que les « totalités » ne sont pas « de simples constructions artificielles de la pensée », et définissait le holisme comme le « facteur opérant réel » [*real operative factor*] universel à l'origine de leur création, allant jusqu'à lui dénier tout caractère métaphysique².

Les convergences entre Bertalanffy et ces métaphysiciens sont toutefois nombreuses et doivent être mises en évidence afin de relativiser l'originalité de plusieurs schèmes conceptuels structurant sa pensée. Cette relativisation est d'autant plus nécessaire qu'il s'agit ici de contemporains du Viennois, contrairement aux représentants de la « tradition » de *Naturphilosophie* dont les conceptions ont été examinées au 1-4-1. Whitehead, cherchant en 1929 à définir la mission de sa doctrine organiciste, a bien résumé ce que je vois comme les principaux moments de cette convergence :

Le but de la philosophie de l'organisme consiste à exprimer une cosmologie cohérente fondée sur les notions de « système » et de « procès », d'« avancée créatrice dans la nouveauté »³.

Un néo-héraclitisme, une logique holistique, les principes d'évolution émergente et de stratification du réel en niveaux d'organisation distincts et néanmoins interdépendants : tels furent les grands thèmes communs de ces métaphysiques, qu'il s'agira ici de considérer avec une attention particulière à leurs moments qui, par une innovation plus moins significative par rapport à celles des anciens *Naturphilosophen*, purent apporter une contribution originale à la genèse de la pensée du Viennois.

1-4-3-1 – *Le « procès » comme catégorie fondamentale du réel*

Eu égard au premier thème évoqué, Whitehead fut aussi radical que possible ; il opposa en ces termes sa propre philosophie à « la pensée moyen-orientale ou européenne » :

Pour la première, l'ultime, c'est le procès ; pour l'autre, c'est le fait⁴.

Plutôt que de « faits », il parlait d'« événements » afin de désigner la texture ultime du réel ; et ce, lui aussi dans une perspective réaliste explicitement anti-kantienne :

La nature est une structure de processus en évolution. La réalité est le processus [...] Les réalités de la nature sont [...] les événements dans la nature⁵.

Pour Kant, le procès par lequel il y a de l'expérience est un procès de la subjectivité vers l'objectivité. La philosophie de l'organisme inverse cette analyse et explique le procès comme procédant de l'objectivité vers la subjectivité, à savoir de l'objectivité par quoi le monde extérieur est un donné vers la subjectivité, c'est-à-dire ce par quoi il existe une expérience individuelle une⁶.

Whitehead interprétait les schèmes conceptuels comme des « précipités » des opérations de la nature dans les consciences, soulignant un risque continuel inhérent à ces schèmes, en science comme en philosophie : celui de figer dans la conscience le dynamisme de la nature, de réifier les flux en êtres. Rejoignant Bergson à ce sujet, il estimait que la tâche perpétuelle de la métaphysique est de retrouver l'esprit du « procès » constitutif du réel⁷. Il ne s'agissait bien sûr pas de nier l'existence de régularités dans la nature, de configurations et de structures déterminées, mais d'insister sur le caractère transitoire de leur stabilité. L'organicisme de Whitehead, s'opposant ainsi au matérialisme classique en tirant par ailleurs argument des évolutions de la physique, rejoignait donc lui aussi Leibniz :

Nous nous sommes déjà débarrassés de la matière avec son apparente dureté indifférenciée [...] Le champ est maintenant ouvert à l'introduction d'une nouvelle doctrine organique pour remplacer le matérialisme que la science a imposé depuis le XVII^e siècle à la philosophie [...]

Dans la théorie organique, les seules permanences sont les structures d'activité, et ce sont ces structures qui évoluent [...] L'organisme [y] prend la place de la matière.

¹ Voir par exemple Lloyd Morgan C. (1923), p. 177 et pp. 183-184.

² Smuts J.C. (1926, 1973), p. 86 et p. 317.

³ Whitehead A.N. (1929, 1995), p. 225.

⁴ *op. cit.*, p. 52.

⁵ Whitehead A.N. (1926, 1994), p. 93.

⁶ Whitehead A.N. (1929, 1995), p. 264.

⁷ Andler D. et al. (2002), pp. 114-115.

Le schème durable émergent est la stabilisation de la réalisation émergente de manière à devenir un fait conservant son identité à travers le processus [...] La durée est la propriété consistant à trouver son schème reproduit dans les parties temporelles de l'événement total¹.

Smuts, invoquant en particulier le phénomène de radioactivité, souligna lui aussi et la même année (1926) que la physique moderne avait abandonné l'ancienne vision de la matière comme « inerte et passive », et rendu « fluides » les « vieilles formes et entités »².

De son côté, Hartmann, qui se référait abondamment à Héraclite, s'opposa avec vigueur au préjugé philosophique d'inspiration platonicienne selon lequel seul l'intemporel serait réel, le temporel n'étant qu'une apparence et le signe d'une déficience ; selon lui, l'intemporel serait au contraire un être idéal, donc incomplet, seul le temporel étant réel. Et contrairement à l'espace, limité dans sa métaphysique à certaines strates du « réel », il faisait du temps une catégorie fondamentale du « réel » en général. Comme Whitehead, Hartmann jugeait que la seule permanence réelle est la succession des événements, celle de processus :

La forme d'être générale du monde réel est le devenir, il n'y a pas de structure d'ensemble [*Gefüge*] absolument statique³.

Il ne niait pas plus l'existence de « structures d'ensemble » manifestant une constance relative au sein du changement ; mais il les interprétait comme des processus lents que l'on ne perçoit pas comme tels⁴. Il s'agit là d'une interprétation que nous verrons (au 2-5) Bertalanffy transposer en vue de dépasser les prétendues dualités entre « structure » et « fonction », « morphologie » et « physiologie »⁵. Hartmann employait indifféremment les termes « système » [*System*] ou « système de force » [*Kraftsystem*] pour désigner ces « structures d'ensemble »⁶. Ils furent utilisés dans l'un de ses premiers essais, publié en 1912, qu'il consacra aux « questions philosophiques fondamentales de la biologie ». Un essai où il insista – et fut loué à ce propos en 1932 par Bertalanffy⁷ – sur l'idée que la caractéristique du vivant est la conservation du tout par le changement et l'interaction des parties ; qu'en particulier, toute morphologie devrait se fonder sur l'étude du métabolisme – considéré comme le « phénomène primitif » [*Urphänomen*] du vivant – et qu'elle devrait donc être une dynamique de l'« assimilation » et de la « dissimilation »⁸ :

La conservation tient uniquement à l'unité du système [*Gebilde*] supérieur, cependant qu'en lui tout est en flux. Elle se fonde « par le haut », et non « par en-bas »⁹.

Ce sont là des points de vue dont il faut souligner la pleine conformité à la « tradition héraclitéenne » examinée au 1-3-1 (notamment telle qu'exprimée dans les vues de Goethe, surtout si l'on tient compte de sa corrélation entre les degrés d'intégration et de différenciation des organismes), mais aussi au « principe de tendance vers la stabilité » des systèmes ouverts tel que le conçut Fechner, que j'ai discuté au 1-4-1-8. Nous observerons au 2-5 comment Bertalanffy, tout en les rendant opérationnels, s'appropriera pleinement ces points de vue dans sa théorie de la croissance organique et, plus généralement, dans ce qu'il appela sa « morphologie dynamique »¹⁰.

Les métaphysiciens contemporains du Viennois n'exposaient certes pas des schèmes héraclitéens véritablement novateurs par rapport à ceux des anciens *Naturphilosophen*. Il semble toutefois au moins possible de leur attribuer cette influence sur sa pensée d'avoir réactualisé ces schèmes avec vigueur, et de l'avoir en outre fait avec une systématisme qui, en particulier chez Whitehead et sans doute plus encore chez Hartmann, atteignait un degré de sophistication inédit.

¹ Whitehead A.N. (1926, 1994), pp. 55-56, p. 133, p. 224 et p. 180.

² Smuts J.C. (1926), p. 36.

³ Hartmann N. (1940, 1964), p. 303.

⁴ Wahl J. (1961), pp. 70-90 et pp. 93-100.

⁵ Bertalanffy L. von, par exemple (1937b), p. 179 : « Les 'structures' sont des processus prolongés, lents ; les 'fonctions', des processus transitoires, rapides ».

⁶ Hartmann N. (1912), pp. 17-23 notamment.

⁷ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 86-87 et p. 117.

⁸ Hartmann N. (1912), p. 4.

⁹ Hartmann N. (1938), in Ballauff T. (1940), p. 77.

¹⁰ Bertalanffy L. von (1934a) et (1941a).

1-4-3-2 – *Métaphysique de la relation contre métaphysique de la substance – La relativité des concepts de « forme » et de « matière »*

Chez tous les auteurs considérés ici, la philosophie du « procès » aboutit à un même résultat, conforme à un trait majeur des évolutions de la physique moderne discuté au 1-4-2-2 : une dépréciation, sous la forme d'une relativisation radicale, de la catégorie de substance. Selon Whitehead, qui ne se lassait d'ailleurs pas d'insister sur le « détrônement » du concept de matière par rapport à ceux d'énergie puis de champ¹, l'attachement à la catégorie de substance constituerait une manifestation typique de ce qu'il appelait « l'erreur du concret mal placé », i.e. la tendance à réifier des abstractions ; en l'occurrence ici : oublier qu'il n'est rien d'indivisible si ce n'est dans les schèmes que nous projetons sur le réel et qu'il n'est rien qui puisse exister en soi, toute entité étant fonction de ses relations avec les autres :

La science ignore ce que quelque chose est en soi. Ses entités ne sont considérées qu'en fonction [...] de leurs aspects dans d'autres choses².

Il s'agissait en fait de soutenir une ontologie réaliste de la relation. Contre Locke et les idéalistes de Berkeley à Kant, qui n'avaient pas inclus les relations dans l'existence réelle des choses mais les avaient réduites à des produits d'un acte mental, Lloyd Morgan considérait ainsi que les « systèmes » ne sauraient être « arbitrairement choisis » : ils seraient « donnés en tant que stades de l'évolution émergente », l'émergence étant celle de « nouveaux modes de relationalité [*relatedness*] » indépendants du sujet qui les appréhende³. Le plus systématique dans cette voie fut encore une fois Hartmann, pour qui le concept classique de « substance » devrait être abandonné au profit de celui de « consistance », c'est-à-dire d'une permanence relative dans le processus, de la reproduction fluente d'un ordre complexe. Contrairement à l'essentiel de la tradition philosophique, en particulier aux néo-kantismes, Hartmann insistait lui aussi sur la réalité des relations, qu'on ne saurait penser ni comme extérieures et subsidiaires à une « substance » donnée, ni comme idéelles : ce seraient les éléments à partir desquels on tente d'expliquer des relations qui sont relatifs ; et les relations qui, conçues comme des rapports dynamiques, deviendraient l'essentiel, car « constitutives » de l'être. La difficulté était selon Hartmann que les relations ne sont jamais perçues comme telles, mais transposées par l'intuition en qualités de structures et de forme, ce qui aurait contribué à leur dépréciation au profit de la catégorie de « substance » dans la pensée occidentale⁴ :

Une pensée dominée par le concept de chose n'envisage encore le substrat que comme ce qui seul est premier ; les relations peuvent survenir, mais n'y changent pour ainsi dire rien à l'existence de la chose [...] C'est seulement lorsque la doctrine des formes substantielles est tombée – donc avec l'avènement des sciences modernes de la nature – que ceci a changé. Il s'est alors révélé que les relations aussi peuvent être fondamentales, qu'elles peuvent aussi être constitutives des choses qu'elles relient [...] La relation a cessé d'être quelque chose d'extérieur aux choses. Il s'est révélé que la construction interne des soi-disantes choses est relationnelle⁵.

Ces conceptions amenèrent Hartmann aussi bien que Spann à expliciter une conséquence importante du point de vue de l'histoire de la « systémologie générale », parce que nous en trouverons plusieurs expressions chez Bertalanffy. Il s'agit de la relativisation des concepts de « forme » et de « substance » (ou de « matière »), de « totalité » et de « partie », qui se retrouvèrent interprétés chez ces philosophes dans le cadre d'une métaphysique de la stratification du réel, d'une manière perspectiviste qui, abstraction faite de divergences essentielles du point de vue de la théorie de la connaissance, était similaire à celle embrassée par le Viennois. Hartmann écrivit ainsi dès 1912 :

Une seule et même force peut avoir une signification et une action très différentes dans différents ordres systémiques [...] Une seule et même force signifie chaque fois dans le système inférieur quelque chose d'autre que « pour » le système supérieur [...] Le sens absolu de la matière s'est évanoui. Il n'en reste qu'un, relatif ; et l'on peut dire qu'en ce seul sens relatif encore adéquat, la

¹ Whitehead A.N. (1926, 1994), pp. 126-127.

² *op. cit.*, p. 180.

³ Lloyd Morgan C. (1923), pp. 67-73.

⁴ Voir à ce sujet Wahl J. (1954), pp. 8-12 et Wahl J. (1961), pp. 81-91 et pp. 99-120.

⁵ Hartmann N. (1940, 1964), p. 255.

matière est une expression satisfaisante pour la relation d'un système de forces inférieur à un système supérieur [...] La « substance » est toujours la relation du système inférieur au système supérieur ; la « forme » est le supérieur, parce qu'elle intègre l'inférieur dans de nouvelles relations complexes de forces¹.

Ce qui devint par la suite l'une des « lois catégoriales de dépendance » énoncées par Hartmann dans sa théorie des catégories, la « loi de la matière » (ou de la « sur-formation »), qu'il opposait à l'idée kantienne d'une priorité nécessairement donnée par l'entendement réfléchissant à la matière sur la forme, celle-ci n'étant qu'une « limitation » de celle-là :

[Dans ma conception de la matière et de la forme], au lieu que matière ou forme ait priorité sur l'autre, les deux sont si inextricablement liées qu'elles ne subsistent à vrai dire que relativement l'une à l'autre. Cette relation est catégoriale : toute forme peut elle-même être matière d'une forme supérieure, mais toute matière peut elle-même être forme d'une matière inférieure².

Spann énonça le même principe dans sa propre doctrine des catégories :

Il ne demeure qu'un concept relatif, stratifié de substantialité. Chaque substance est aussi accident, chaque accident aussi substance – car chaque tout est aussi un membre, et chaque membre un tout par rapport à ses membres. La seule substance absolue est le tout primitif, ou Dieu³.

Il s'agit là d'un principe de relativité dont on peine à trouver la trace et, en tout état de cause, la moindre systématisation chez les anciens *Naturphilosophen* : même si nous en verrons au 2-1 une autre source probablement plus significative encore, on peut y voir l'un des apports originaux de ces métaphysiciens à la pensée de Bertalanffy qui, par exemple, put se déclarer parfaitement en phase avec l'idée que « ce qui est formel pour le physicien est la matière du mathématicien, ce qui est forme pour ce dernier étant la matière du logicien »⁴.

1-4-3-3 – Une logique holistique universelle

Chez Hartmann et Spann comme chez leurs homologues anglo-saxons, les principes précédemment exposés constituaient les prémices d'une logique holistique universelle. En dépit des différences, tous convergeaient vers un holisme métaphysique intégral largement réminiscent de celui développé par les *Naturphilosophen* des époques du romantisme et de l'idéalisme post-kantien, avec néanmoins là encore une prolixité et une systématisme inédites qui dépassaient de loin même ce que ce philosophe systématique par excellence qu'était Hegel avait pu écrire sur le sujet dans sa *Logique*.

La doctrine des « relations internes » y apparaissait d'abord déclinée sur divers modes, sans pour autant que Hegel ne soit explicitement invoqué. Ainsi Spann fondait-il sa doctrine des catégories et sa philosophie de la nature sur « six principes de détermination de l'essence de la totalité », dont l'énoncé ésotérique et quasi-mystique était typique de ses écrits :

- (1) Le tout n'a en tant que tel aucune existence [*Dasein*]
- (2) Il naît dans ses membres
- (3) Aussi est-il antérieur aux membres
- (4) Et il ne disparaît pas dans les membres [*geht in den Gliedern nicht unter*]
- (5) Aussi est-il au fondement des membres
- (6) Ainsi le tout est tout en tout ; tout est en lui et il est en tout⁵.

Avec (1) et (2), Spann admettait que le « tout » ne saurait être sans ses « membres » ; mais il soulignait qu'il ne fallait pas pour autant, comme les « écoles atomistes », tomber dans le « piège » consistant à penser que seuls les « membres » peuvent être appréhendés et que la « totalité » ne serait qu'une apparence ayant au mieux la valeur d'une fiction utile. Car selon lui, « les parties ne subsistent pas en tant que telles » ; (3) signifiant aussi :

Le tout a une priorité logique sur la partie ; la « totalité » est l'originel s'exprimant dans les parties¹.

¹ Hartmann N. (1912), pp. 22-23.

² Hartmann N. (1940, 1964), p. 262 et pp. 489-490.

³ Spann O. (1924, 1939), p. 394.

⁴ Bertalanffy L. von (1948b), pp. 360-361.

⁵ Spann O. (1924, 1939), p. 60.

(4) et (5) apparaissaient alors comme des conséquences des trois premières, et étaient des variations sur le thème de « la domination du tout sur les parties », de la « primauté de la dépendance holistique » et du caractère « secondaire » des choses et de leurs parties². Enfin (6), exprimant que le « tout », « fondement des membres », en constitue « le milieu, le sens, la vie et l'être », rejoignait le *ex omnibus partibus relucet totum* du Cusain et, sous couvert de la monadologie leibnizienne, s'étendait au principe cosmique selon lequel « toute partie du monde est un reflet du monde dans son ensemble »³. Hormis (6), les mêmes principes se retrouvent chez Smuts, quoique formulés en des termes différents :

Un tout est une synthèse ou structure de parties dans laquelle la synthèse devient toujours plus étroite au point d'affecter matériellement le caractère des fonctions ou activités, qui deviennent en conséquence plus unifiées (ou holistiques). Il est toutefois important de réaliser que le tout n'est pas une sorte de tiers au-delà des parties qui le composent ; il *est* les parties en union intime, et les nouvelles réactions qui résultent de cette union. Mais dans cette union les parties elles-mêmes sont plus ou moins affectées et altérées par le type représenté par cette union, de telle sorte que le tout se manifeste dans un changement des parties ainsi que dans un changement des fonctions résultantes⁴.

Lloyd Morgan, définissant la « relationalité » [*relatedness*] par la totalité des parties d'un système et de leurs relations, distinguait de son côté « relationalité intrinsèque » (restreinte à l'« intérieur » du système) et « relationalité extrinsèque » (concernant les relations entre ce système et un autre), ainsi que « relationalité efficace » [*effective*] (affectant le comportement du système) et « relationalité non efficace ». Il prétendit que ces distinctions clarifiaient celles effectuées par « certains logiciens » (Hegel et certains néo-hégéliens) entre « relations internes » et « relations externes ». Lloyd Morgan contesta et reformula le principe holistique selon lequel toute entité *A* mise en relation extrinsèque avec une entité *B* acquiert un nouveau caractère *b* et n'est donc plus la même : en cas de « relationalité efficace », *b* altère la nature intrinsèque de *A* ; mais en cas de « relationalité non efficace », *b* n'induit aucune différence⁵. Lloyd Morgan admettait ainsi l'existence de « relations externes » et niait donc en principe ce que j'ai appelé le « holisme intégral ». Néanmoins, comme il jugeait par ailleurs que la « relationalité non efficace » n'est en réalité qu'une « abstraction » de la « relationalité efficace », on ne voit guère en pratique de différence. Il affirma d'ailleurs que les atomes ne sont pas dans une molécule ce qu'ils sont hors des relations impliquées par les liaisons intra-moléculaires, et que ce principe holistique « vaut à tous les niveaux » du réel⁶.

On retrouve des conceptions similaires chez Whitehead. Un point de départ en était sa critique du matérialisme scientifique, de ce que l'on pourrait appeler un « mécanisme non-organique », un « schème dont l'efficacité restreinte fut la cause même de son immense succès méthodologique » et qui aurait « exercé une influence néfaste sur les divers courants de la pensée européenne », alors qu'il « atteint vite ses limites » et se révélerait « impropre » à l'état de la science contemporaine⁷. Ce schème assimilerait la nature à une « succession de configurations instantanées de matière » qui « déterminent leur propre changement »⁸. Il reposerait sur le concept purement métaphysique d'une « localisation simple » des entités matérielles dans un espace et un temps absolus et dissociés, i.e. de leur localisation « en une région définie de l'espace, et pendant une durée finie définie, en dehors de toute référence essentielle aux relations de cet élément matériel à d'autres régions de l'espace et à d'autres durées »⁹. Or, « parmi les éléments primaires de la nature, tels qu'appréhendés dans notre expérience immédiate », il n'en existerait en réalité selon Whitehead « aucun qui possède ce caractère de localisation simple »¹⁰. La métaphysique et la science classiques auraient donc atomisé la réalité en

¹ *op. cit.*, p. 67.

² *op. cit.*, p. 86 et (1937), p. 154.

³ Spann O. (1924, 1939), pp. 89-90 et (1937), p. 159.

⁴ Smuts J.C. (1926), p. 118.

⁵ Lloyd Morgan C. (1923), pp. 69-80.

⁶ Whitehead A.N. (1926, 1994), p. 71 et p. 192.

⁷ *op. cit.*, p. 35.

⁸ *op. cit.*, p. 69.

⁹ *op. cit.*, p. 77.

¹⁰ *op. cit.*, pp. 69-77.

processus élémentaires, ignorant ainsi qu'elle est un vaste réseau au sein duquel « nul sujet individuel ne peut avoir de réalité indépendante »¹ :

Il n'y a pas d'occasions uniques, au sens d'occasions isolées. La réalité est de part en part réunion².

L'individualité ne serait d'ailleurs elle-même qu'un processus d'individualisation – une idée que nous retrouverons à l'identique chez Bertalanffy au 2-3, dans sa vision de l'individualité comme terme asymptotique d'un processus de « hiérarchisation progressive »³ :

Chaque événement est un fait individuel émergeant d'une individualisation de l'activité sous-jacente. Mais individualisation n'est pas indépendance substantielle⁴.

Avec la notion de « préhension », Whitehead chercha à exprimer la relation d'une entité réelle *A* à une autre *B* qui ne soit ni nécessairement consciente, ni purement statique et « mécanique », et par laquelle *A* incorpore certains aspects de *B* dans sa propre formation. Tel une monade leibnizienne, chaque « événement » serait un centre d'activité, un nœud dans le réseau naturel ; et cette « unité ultime du phénomène naturel » serait « en rapport avec tout ce qui est, en particulier avec tous les autres événements ». Whitehead considérait donc le réseau des relations entretenues par chaque « événement » avec ses homologues comme « constitutif de ce qu'il est en soi »⁵. Chaque événement n'étant ce qu'il est qu'en vertu de sa relation à l'ensemble de ce « complexe d'événements » que serait la Nature. Il serait « impossible de le dégager de son contexte » et, bien qu'il ait « autant de réalité que l'ensemble du complexe », la « totalité » aurait réciproquement « autant de réalité » que chaque événement. Whitehead projetait ainsi une logique organique sur toute la nature, identifiant tous les événements et choses de ce monde à des « organismes », dont le réseau tisserait cet organisme que serait la Nature elle-même :

Le concept de l'ordre de la nature est lié à celui de la nature en tant que lieu d'organismes en cours de développement⁶.

D'où une conséquence maintes fois citée dans la littérature systémique, dont la « systémologie » d'inspiration « organismique » de Bertalanffy peut apparaître comme un écho, à au moins une distinction théorique et fondamentale près entre « organisme » et « organisation » que nous verrons le Viennois opérer dès le début des années 1930 :

La science prend un aspect nouveau, ni purement physique, ni purement biologique. Elle devient l'étude des organismes. La biologie est l'étude des grands organismes, alors que la physique est l'étude des petits organismes⁷.

En effet, les relations constitutives ou les parties d'une entité considérée à un niveau donné du réel n'auraient pas d'existence propre, mais seulement en vertu de leur position et de leur fonction dans la totalité dont elles procèdent. Le tout serait donc lui aussi « constitutif de la partie »⁸ et ce principe que d'aucuns croyaient être le propre des organismes vivants serait en fait universel, valant en particulier pour ce que l'on aurait jusqu'alors qualifié à tort d'« inorganique ». Whitehead retrouvait dès lors lui aussi le principe cusain et leibnizien :

La relation de la partie au tout a cette qualité de réciprocité particulière associée à la notion d'organisme, dans laquelle la partie représente le tout ; mais cette relation règne à travers toute la nature et ne commence pas avec le cas spécial des organismes supérieurs⁹.

¹ *op. cit.*, p. 179.

² *op. cit.*, p. 204.

³ Par exemple Bertalanffy L. von (1937b), p. 57 : « Il n'y a pas d'individualité biologique au sens strict, mais seulement une individualisation progressant indéfiniment, qui tient à une centralisation progressive ».

⁴ Whitehead A.N. (1926, 1994), p. 90.

⁵ *op. cit.*, pp. 128-129.

⁶ *op. cit.*, p. 93.

⁷ *op. cit.*, p. 101 et pp. 127-128.

⁸ *op. cit.*, p. 151.

⁹ *op. cit.*, p. 176.

Le cœur de sa doctrine dite du « mécanisme organique » étant ainsi l'affirmation du primat universel de la totalité sur la partie et une relativisation radicale corrélatrice de tout « événement » à son contexte, elle exprimait un holisme métaphysique intégral :

La doctrine que je soutiens affirme que le concept du matérialisme, dans son ensemble, ne s'applique qu'à des entités très abstraites, produits du discernement logique. Les entités durables concrètes sont les organismes, de sorte que *le plan de l'ensemble influence les caractères mêmes des divers organismes subordonnés le constituant*. Dans le cas de l'animal, les états mentaux s'intègrent au plan de l'organisme total et modifient donc les plans des organismes subordonnés successifs jusqu'aux organismes ultimes les plus petits – par exemple, les électrons. Ainsi, un électron est-il différent, selon qu'il se situe à l'intérieur ou à l'extérieur d'un organisme vivant, du fait même du plan de l'organisme [...] Mais *le principe de modification est parfaitement général à travers la nature*, et ne représente aucune propriété particulière des corps vivants [...] Dans la théorie du mécanisme organique] les molécules peuvent suivre un cours aveugle, en accord avec les lois générales, mais les molécules diffèrent, au niveau de leurs caractéristiques intrinsèques, en accord avec les plans organiques généraux des situations dans lesquelles ils se trouvent¹.

Une entité individuelle, dont la propre histoire est partie intégrante de l'histoire d'un schème plus large, plus profond, plus complet, est susceptible de *voir des aspects de ce schème plus large dominer son être propre, et de voir des modifications de ce schème plus large se refléter en soi comme modifications de son être propre*. Telle est la théorie du mécanisme organique.

Et Whitehead ne reculait pas devant les conséquences de cette théorie, qui lui permettait en particulier de récuser l'« hypothèse arbitraire » d'un « dualisme essentiel » entre « matière vivante » et « matière inerte » des vitalismes métaphysiques, tout autant qu'une biologie qui persisterait à « singer » les manières d'une physique mécaniciste de toute façon révolue :

L'hypothèse selon laquelle nulle modification [des lois auxquelles sont soumises les entités physiques] ne doit être recherchée dans des environnements présentant une différence marquante par rapport aux environnements pour lesquels les lois se sont vérifiées n'est pas fiable [...]

Il semble possible qu'il existe des lois physiques exprimant la modification des organismes fondamentaux ultimes quand ceux-ci font partie d'organismes supérieurs ayant une concision de schème adéquate².

Hartmann, j'y reviendrai un peu plus loin, s'opposa à un tel organicisme. Il n'en défendit pas moins lui aussi un holisme vigoureux. Dans l'esprit d'un fameux aphorisme goethéen déjà cité, il considérait que « tout isolement est secondaire, voire une simple abstraction » ; que « les relations sont partout premières », et qu'elles seules permettent de penser à la fois la multiplicité et l'unité des étants³. Hartmann pensait chaque événement sous la catégorie de « réciprocité d'action » : il considérait chaque point du temps comme une totalité dans laquelle tout est déterminé réciproquement, la causalité linéaire laissant place à une causalité circulaire⁴ – un type de causalité que Kant, nous l'avons vu, avait réservé au monde vivant. Le monde serait selon Hartmann fait d'« éléments » et de « structures d'ensemble mobiles » [*bewegliche Gefüge*], dans lesquelles « les éléments sont modifiés cependant qu'elles-mêmes se conservent » ; et un trait central de sa vision stratifiée du réel était que la détermination (ou le « sur-ordonnement » [*Überordnung*]) des éléments par la « structure d'ensemble » tendrait à se substituer à la détermination de la « structure d'ensemble » par les éléments à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des « niveaux de réalité », au point que l'existence des seconds finirait par être entièrement subordonnée à celle de la première. Hartmann évoquait comme exemples tant l'organisme vivant que les « communautés du peuple et de l'État » [*Volks – und Staatsgemeinschaft*]⁵. Il rangea ce principe holistique parmi ses « lois catégoriales », c'est-à-dire des lois concernant « l'essence des catégories » en tant que principes de détermination de l'Être elles-mêmes – c'étaient ces « lois » qu'il qualifiait de « catégories fondamentales ». Sa « loi de la totalité de strate » [*Gesetz der Schichtenganzheit*], rangée parmi les quatre « lois de cohérence » (l'un de ses quatre groupes de « catégories fondamentales ») stipulait ainsi

¹ *op. cit.*, p. 101. Les italiques me sont propres.

² *op. cit.*, p. 132 et p. 177. Les italiques me sont propres dans les citations précédentes.

³ Hartmann N. (1940, 1964), p. 256.

⁴ Voir Wahl J. (1961), pp. 208-211.

⁵ Hartmann N. (1940, 1964), pp. 300-302; voir aussi Wahl J. (1954), pp. 42-44.

que « l'unité d'une strate catégoriale n'est pas la somme de ses éléments, mais une totalité indivisible ayant la priorité sur les éléments et consistant en la détermination réciproque de ses membres, dans la structure d'ensemble de leurs relations »¹.

1-4-3-4 – *Causalité holistique contre causalité méristique*

Reprenant là encore sans le dire ni nécessairement en être conscients l'un des grands thèmes de la *Naturphilosophie* romantique, les métaphysiciens considérés soulignèrent chacun à leur manière que leurs vues se fondaient sur ce que Smuts appela une « transformation complète, holistique, du concept de causalité », solidaire d'une promotion de ceux d'« activité » et de « créativité » :

Lorsqu'une cause externe agit sur un tout, l'effet résultant n'est pas seulement attribuable à la cause, mais a été transformé au cours du processus. Le tout semble absorber et métaboliser le stimulus externe et l'assimiler dans sa propre activité ; et la réponse résultante n'est pas l'effet passif du stimulus ou de la cause, mais apparaît comme l'activité du tout [...] Le plus important résultat de l'idée du tout est l'apparition du concept de Créativité².

Remarquons d'emblée que cette « transformation » se logeait au cœur du concept d'« activité primaire » de Bertalanffy, particulièrement en relation avec sa critique du schème behavioriste (« stimulus-réponse ») – que ce soit en biologie, en psychiatrie ou en psychologie :

Si l'organisme représente primordialement un système actif, nous devons dire : l'excitation (i.e. la modification des conditions extérieures) n'induit pas l'événement (dans un système en soi au repos), il ne fait que modifier l'événement (dans un système en soi actif)³.

Si le Viennois put être « positivement » influencé à cet égard par ses contemporains tout autant que par les anciens *Naturphilosophen*, c'est toutefois que les premiers ne se limitèrent pas, avec cette « transformation », à reprendre un schème conceptuel largement répandu chez les seconds : une fois encore, ils lui donnèrent en fait une sophistication et une systématisation inédites. Avec néanmoins parfois, dans le cas de Spann tout au moins, des excès pour lesquels Bertalanffy, nous allons le voir, n'éprouva jamais aucune sympathie, bien au contraire.

Le terme « résultant », largement utilisé par Smuts tout aussi bien que par Lloyd Morgan, a des origines précises et reconnues par ces auteurs, indicatrices de précurseurs significatifs : Lewes et Mill. Dans son *Système de Logique* publié en 1843, le second avait en effet déjà introduit une distinction contestant la validité générale du principe classique de proportionnalité des effets aux causes : hormis le cas où l'effet est prédictible à partir de la « loi de composition des causes » (qu'il est la « somme », on pourrait dire la « combinaison linéaire », des effets des différentes causes), existerait le cas des « lois hétéropathiques », où les effets seraient hétérogènes à leurs causes, c'est-à-dire non dérivables par « composition des causes ». Il revint à Lewes, qui discuta une distinction analogue en 1874, d'introduire l'expression « faits résultants » pour désigner les faits prédictibles à partir de conditions antécédentes (donc par « composition des causes ») et celle de « faits émergents » pour désigner ceux dont Mill avait qualifié le caractère d'« hétéropathique »⁴.

Une idée commune était que la causalité « mécanique », le principe de détermination par des séries causales isolables, ne serait qu'une forme inférieure de causalité car n'ayant qu'une validité relative et essentiellement restreinte aux strates « inférieures » du réel ; et que surgiraient à mesure de l'ascension des « niveaux de réalité » des formes nouvelles de causalité. Ainsi Smuts écrivit-il que le « caractère holistique s'accroît » au cours de cette ascension par un « processus de synthèse holistique » et que le « mécanisme » – entendu comme un type de structure dans laquelle les parties maintiennent leur identité et dont l'activité totale est la « somme » (ou résultante) de celle de leurs parties – n'est en définitive qu'une « forme rudimentaire de holisme » :

Il y a partout une mesure de mécanisme et partout une mesure de holisme ; mais le holisme l'emporte sur le mécanisme au cours de l'évolution [...] Le holisme est l'activité la plus fondamentale et l'on peut par conséquent dire que le mécanisme est une forme primitive et grossière

¹ Hartmann N. (1940, 1964), p. 394. Je reviendrai plus loin sur les « catégories fondamentales » distinguées par Hartmann.

² Smuts J.C. (1926), p. 119.

³ Bertalanffy L. von (1937b), p. 134.

⁴ Voir Lloyd Morgan C. (1923), pp. 2-3, ainsi que Andler D. et al. (2002), pp. 941-943.

de holisme ; plus il y a de holisme dans une structure, moins elle tient du caractère mécaniste, jusqu'à ce que finalement, dans l'esprit et la personnalité, le concept mécaniste cesse d'être d'une quelconque utilité [...] La tendance intérieure de l'univers, inscrite dans sa constitution même, est dirigée du type simplement mécaniste vers le type holistique comme son idéal immanent¹.

Hartmann considérait de son côté qu'il n'y a en fait dans le réel ni causes isolées, ni séries causales isolées, mais un entrelacement de telles séries et des « causes d'ensemble » qui ne se réduisent pas à la somme de causes partielles ni même à l'entrelacement de séries causales, mais sont elles-mêmes des « structures d'ensemble » et possèdent donc un caractère de totalité. Et il pensait que la « stratification » des formes de causalité ainsi induite est susceptible de dépasser l'éternelle querelle entre déterminisme et indéterminisme :

Les types de détermination sont au moins aussi nombreux qu'il y a de strates dans le réel [...] L'alternative « soit le déterminisme, soit l'indéterminisme » est fautive, il y a un tiers et ce tiers est la stratification des types de détermination².

Ce qui n'impliquait en rien à ses yeux de réhabiliter la téléologie, pas même en biologie. Dès 1912, il écrivit que « l'alternative : 'soit le déterminisme, soit la téléologie' n'est pas une disjonction stricte qui exclurait tout tiers », et chercha à établir qu'une conception systémique constituerait un tel tiers permettant « d'élargir l'étude causale de la nature ». Comme Bertalanffy en partie à sa suite (aspect sur lequel je reviendrai largement tant au 1-4-5-9 qu'au 2-3), Hartmann identifiait la finalité apparente du comportement holistique, en particulier de celui des organismes vivants, à l'expression de leur caractère systémique, plus particulièrement à celle de l'« auto-conservation » du système concerné :

Toutes les parties et processus partiels sont entièrement en relation finalisée avec l'organisme en tant que totalité, c'est-à-dire avec son auto-édification et son auto-conservation³.

Sur ce thème de l'opposition entre causalités « holistique » et « méristique » (ou « linéaire »), il importe d'évoquer brièvement ici les vues de Spann, car elles sont typiques d'une orientation du holisme dont Bertalanffy, précisément, tint à se détourner ; et semblent indiquer la raison majeure pour laquelle il ne se référa *jamais* à son collègue, qui représentait pourtant la principale figure autrichienne contemporaine de ce type de philosophie. Aucun des autres penseurs considérés ici ne dénia la valeur des résultats scientifiques dérivés du principe « méristique » de causalité, chacun se bornant à insister sur leurs limites et sur la nécessité d'admettre des formes de causalité autres que « mécanique » ; et aucun ne songea à identifier causalité holistique et téléologie, sauf à réinterpréter celle-ci en la vidant de toute intentionnalité. Mais tel ne fut pas le cas de Spann, qui affirmait quant à lui vouloir « opérer un renversement du 'comme si' téléologique de type kantien ou néo-kantien » : au lieu de faire de la totalité une fiction heuristique, il s'agissait pour lui d'attribuer le caractère fictionnel aux séries causales à l'effet desquelles on prétendait la réduire⁴. Il opposait les concepts de totalité et de causalité au point d'abolir toute pertinence du second :

Toute conception disant que les parties sont déterminées par le tout et donc que le tout est antérieur à la partie exclut la causalité naturaliste [...] Je conçois le concept de causalité au sens le plus large et ne comprend par lui que le contraire de l'ordre holistique (et téléologique et dialectique) des choses⁵.

S'il y avait déjà dans cette opposition radicale un point de divergence majeur avec Bertalanffy, l'inconciliabilité définitive entre les vues des deux Autrichiens tient au fait que Spann en vint à rejeter la pertinence des approches « mathématiques-quantitatives » de la nature, au motif qu'elles imposeraient une perspective méristique. Ce rejet tenait à sa compréhension restrictive du concept de causalité, dont la mise en œuvre impliquait pour lui la « quantification et la mesure », la « mécanisation » et « l'atomisation » ; en particulier :

¹ *op. cit.*, pp. 145-147.

² Hartmann N. (1940, 1964), pp. 504-506.

³ Hartmann N. (1912), p. 7. Voir aussi pp. 24-26 et p. 28.

⁴ Spann O. (1924, 1939), p. 345.

⁵ *op. cit.*, p. 79 et p. 341.

La quantification tend nécessairement vers l'atomisation¹.

Dans sa philosophie de la nature, Spann opposa aussi radicalement que possible la compréhension et les « lois » holistiques à la compréhension et aux lois « mathématiques-mécanistes » de la nature, prétendant que les premières auraient une « valeur cognitive propre par-delà les secondes ». Il reprochait à la mathématisation de reposer sur le principe du *ceteris paribus* (l'hypothèse du « toutes choses égales par ailleurs »), qui négligerait le trait holistique de la nature. Et aux sciences mathématiques de la nature, d'« ignorer son essence ». Spann prétendait reprendre le flambeau des *Naturphilosophen* tels que Schelling, mais aboutit surtout à un rejet dogmatique des sciences mathématiques de la nature dont on peine à voir la fécondité et qui, en tous cas, allait à l'encontre parfait du projet de science holistique « exacte » que nous verrons Bertalanffy s'efforcer de mener à bien. Spann incarnait alors typiquement celui qui, connectant de manière intime le holisme aux « philosophies de la vie », fournissait des arguments de choix à ceux qui considéraient le holisme comme l'ennemi des sciences de la nature ; si le vocabulaire est ici fechnérien, l'idée était en fait en opposition totale avec Fechner qui, j'y reviendrai au 2-4-1-1, s'efforça au contraire de promouvoir la mathématisation de tous les domaines du réel, y compris celle du monde organique² :

La représentation mathématique n'appréhende pas ce qu'il y a d'essentiel dans la nature, elle ne fait que restituer sa face extérieure, justement celle qui s'exprime en grandeurs [...]

La subordination mathématique-mécaniste est d'autant moins applicable que la totalité se révèle dans la nature [...] Le traitement mécaniste-mathématique est adapté à l'augmentation de notre connaissance extérieure de la nature ; mais le traitement holistique mène à ses traits proprement essentiels. [...] Son grand résultat est d'] appréhender la dépendance intérieure de la nature, donc de ne pas la représenter par des formes phénoménales quantifiables, mais de la comprendre dans ses dépendances essentielles et vitales propres [...]

La physique mathématique contemporaine ne reconnaît dans la nature qu'un mécanisme mort d'événements nécessaires [...] Sa nature est dépourvue d'âme, de Dieu, la nécessité mathématique s'y substitue à l'âme du monde. Ainsi considérée, la science mathématique de la nature doit apparaître comme le mal radical absolu, qui prive la culture du souffle chaud de la vie [...] Et elle a effectivement joué ce terrible rôle dans l'histoire³.

1-4-3-5 – « *Évolution créatrice* » et principes émergentistes

Si, dans ce qui en a été dit jusqu'à présent, les holismes des auteurs considérés ne présentent guère d'innovation majeure par rapport à ceux de leurs prédécesseurs hormis par leur caractère systématique, leur originalité se marque par contre nettement dans leur solidarité avec des métaphysiques émergentistes : on ne trouve guère que l'embryon de telles métaphysiques dans le trait épigénéiste des conceptions des anciens *Naturphilosophen*. C'est surtout de ce point de vue qu'ils purent apporter une contribution spécifique à la genèse des conceptions de Bertalanffy. La solidarité en question ne saurait être mieux exprimée que par la manière dont Broad définit l'émergence :

La théorie émergentiste affirme qu'il y a des tous, composés (disons) de constituants A, B, C, liés par une relation R ; que les tous composés de constituants de même espèce que A, B, C, liés par une relation de même espèce que R, ont certaines propriétés caractéristiques ; qu'il peut y avoir des occurrences de A, B et C dans d'autres complexes où la relation est autre que R ; et que les propriétés caractéristiques du tout R(A, B, C) ne peuvent pas, même théoriquement, être déduites de la connaissance complète des propriétés A, B et C prises isolément ou prises dans des tous qui n'ont pas la forme R(A, B, C)⁴.

Un facteur essentiel d'inspiration de ces métaphysiques émergentistes fut l'irruption du thème de l'évolution en biologie, plus particulièrement le fait que contrairement à la vision « gradualiste » (ou « continuiste ») de Darwin, l'évolution phylogénétique apparaissait fournir de plus en plus clairement un paradigme de ce que peut être une variation qualitative marquant une discontinuité sur fond de relative continuité matérielle, même si la synthèse entre génétique et théorie de l'évolution n'avait pas encore été réalisée. Et ces métaphysiques furent d'abord des métaphysiques de l'évolution.

¹ *op. cit.*, p. 343.

² Fechner G.T. (1849).

³ Spann O. (1937), p. 217, pp. 225-227 et pp. 260-261 respectivement.

⁴ Broad C.D. (1925), in Andler D. et al. (2002), p. 1004.

Aux côtés de Mill et Lewes, Bergson figure en bonne place parmi leurs inspirateurs, avec son concept d'« évolution créatrice ». Mais les émergentistes, soucieux d'argumenter une position naturaliste, prirent soin de se distancier de Bergson tout autant que de Driesch. Ils ne concevaient pas ce qu'ils appelaient « l'évolution émergente » comme dirigée par une force ou entité transcendant la nature :

Parler d'une qualité émergente de la vie a une saveur de vitalisme, [... mais] si le vitalisme suggère quelque chose comme une entéléchie ou un élan, alors [...] il est explicitement rejeté du concept d'évolution émergente [...] Nous cherchons à avancer des lignes purement naturalistes¹.

Leurs doctrines se voulaient être une « protestation continue » contre une compréhension « mécaniciste » du concept d'évolution, synonyme en fait de « développement » (ou de « déploiement » [*unfolding*]), selon laquelle aucun effet n'excédant la « somme » des causes dont il « résulte », rien n'advierait en ce monde qui n'existait déjà au moins en puissance (ou « implicitement »). Les émergentistes comprenaient au contraire le concept d'évolution comme inséparable de ceux d'« activité » et de « créativité » (dont l'importance tant dans la tradition « *naturphilosophisch* » que chez Bertalanffy a déjà été soulignée). Lloyd Morgan définit justement l'émergence comme « l'avènement de la nouveauté » dans un monde où « l'activité doit être conçue comme omniprésente et manifeste en chaque entité »². Smuts qualifia quant à lui le holisme de « processus de synthèse créatrice » ; il insista sur les caractères « dynamique, évolutionnaire et créateurs » des totalités issues de ce processus, ainsi que sur l'advenue continue de « la nouveauté » en tant que « continuation créatrice de l'ancien »³. Whitehead, qui fit de la créativité une propriété inhérente aux seules entités véritables de l'univers qu'étaient pour lui les « organismes »⁴, souligna de son côté combien la matière de la philosophie matérialiste était « incapable d'évolution » (au sens précédent) : cette philosophie ne pourrait logiquement pas accorder plus de valeur à une configuration matérielle qu'à une autre car pour toute évolution, elle ne connaîtrait en fait que des modifications « dépourvues de finalité et de toute notion de progrès ». Whitehead développa au contraire la vision d'un univers où règnerait un double mouvement de conjonction créatrice (la « concrescence ») et de disjonction séparatrice, le premier moment prévalant de telle sorte que l'évolution serait orientée vers l'émergence d'organismes de plus en plus complexes⁵ :

L'essence de la doctrine moderne est l'évolution des organismes complexes à partir d'états antécédents moins complexes. La doctrine exige donc une conception de l'organisme comme fondement de la nature. Elle nécessite aussi une activité sous-jacente – une activité substantielle s'exprimant dans des incarnations individuelles, et évoluant dans des réalisations d'organismes. L'organisme est une unité de valeur émergente, une véritable fusion des caractères d'objets éternels, émergeant pour soi [... Ainsi] nous constatons que l'émergence d'organismes dépend d'une activité sélective qui sert d'objectif. En fait, les organismes durables sont maintenant le produit de l'évolution ; et au-delà de ces organismes, rien ne dure⁶.

L'opposition des émergentistes au « mécanicisme » se fondait justement aussi sur un rejet du postulat de l'homogénéité de l'univers. Un rejet qui, chez Smuts, s'appuyait sur une interprétation de la théorie de la relativité générale, dont « le résultat [serait] que l'univers entier acquiert un caractère structural », la « structure organisée » devenant une « caractéristique essentielle de l'univers physique »⁷. Les émergentistes tenaient le monde pour hiérarchisé en niveaux de réalité hétérogènes, qui correspondraient à autant d'étapes de l'« évolution émergente ». C'est de Leibniz que Lloyd Morgan (et Whitehead plus implicitement) se réclama à cet égard, comme Bertalanffy : dans sa hiérarchie des monades, Leibniz aurait « anticipé » cet « ordre ascendant de niveaux »⁸. Pour Lloyd Morgan, l'atome, la molécule, le cristal, la vie, le psychisme et la pensée réflexive constitueraient les grandes étapes de cette évolution apparaissant chaque fois avec leur « relationalité » propre. Smuts considérait la matière, la vie et l'esprit comme les trois principaux moments d'une « gradation

¹ Lloyd Morgan C. (1923), p. 12. En ce qui concerne les vues d'Alexander, voir aussi Andler D. et al. (2002), pp. 991-992.

² Lloyd Morgan C. (1923), p. 2, p. 8, p. 13 et p. 32.

³ Smuts J.C. (1926, 1973), p. 87 et p. 147.

⁴ Whitehead A.N. (1926, 1994), p. 137.

⁵ Andler D. et al. (2002), pp. 881-882.

⁶ Whitehead A.N. (1926, 1994), p. 133.

⁷ Smuts J.C. (1926, 1973), p. 23.

⁸ Lloyd Morgan C. (1923), p. 294. Pour les références de Whitehead à la monadologie, voir (1926, 1994), p. 90 et p. 184.

progressive des synthèses holistiques » qui mène du physique au spirituel en passant par le chimique, l'organique et le psychique¹. Selon cette perspective anti-réductionniste, qui « étend[ait] la portée de l'évolution au delà du domaine purement organique »², la transition d'un niveau du réel au niveau supérieur s'accompagnerait d'une discontinuité, d'un « saut qualitatif ». Les phénomènes propres à un certain niveau, bien que dépendant de ceux des niveaux inférieurs, ne sauraient s'en déduire : ils en « émergeraient », i.e. seraient définis par un « nouveau type de relationalité » auquel correspondrait un nouveau type de légalité :

La qualité supérieure émerge du niveau inférieur d'existence où elle s'enracine, elle en émerge et n'appartient pas à ce niveau inférieur, mais fait du niveau qui la possède un nouvel ordre d'existence avec ses lois propres de comportement³.

Lorsqu'un nouveau type de relationalité survient, la manière dont les événements physiques impliqués se produisent est différente en vertu de sa présence [...] Je dirais que cette nouvelle manière par laquelle les événements inférieurs se produisent *dépend de* la nouvelle sorte de relationalité exprimée par Alexander lorsqu'il parle de qualité émergente [...] Ce qui survient à chaque niveau émergent du progrès évolutif est un nouveau type de relationalité – de nouveaux termes entrant dans de nouvelles relations – qui n'existait pas jusque là. En vertu de ces nouveaux types de relationalité, les entités naturelles ont non seulement des qualités nouvelles propres à leur être, mais aussi des propriétés nouvelles relativement aux autres entités⁴.

Cette émergence de « qualités nouvelles » était conçue comme un *fait* « *inexplicable* » qui surviendrait de manière *imprédictible* à partir d'« un certain degré de complexité » atteint dans le processus évolutif à un niveau donné du réel, et qui devrait être « loyalement *accepté avec une piété naturelle* »⁵. Il s'agit là d'une conception qu'Alexander et Lloyd Morgan reprirent de Lewes :

[Ce qui émerge], c'est un nouveau type de relation [...] A chaque étape ascendante, il y a une nouvelle entité en vertu d'un nouveau type de relation ou ensemble de relations, en elle ou plutôt intrinsèque à elle [...] Il y a de nouveaux types de relationalité extrinsèque. En tant qu'expression de ses nouvelles relations intrinsèques, l'entité supérieure a de nouvelles qualités ; en tant qu'elle exprime ses nouvelles relations extrinsèques, elle a de nouvelles propriétés [...] On peut toujours demander en quel sens les relations sont nouvelles. La réponse est que leur nature spécifique ne pouvait être prédite avant qu'elle se manifeste, avant leur occurrence⁶.

Simultanément aux émergentistes anglo-saxons, Hartmann développait pour l'essentiel les mêmes idées. L'une de ses plus importantes « lois catégoriales de stratification », la « loi de la nouveauté » (*Gesetz des Novums*), n'était autre que le principe d'émergence :

Chaque catégorie supérieure est structurellement composée d'une multiplicité d'éléments inférieurs récurrents. Elle ne se fonde toutefois pas dans leur somme, mais manifeste toujours – et ce déjà dans la nouvelle structure de la complexion – une nouveauté [*novum*] spécifique qui n'est ni contenue dans les éléments, ni dans leur strate et ne s'y laisse pas non plus réduire⁷.

Il distinguait quant à lui quatre « strates » principales dans le réel, entre lesquelles existeraient trois « claires lignes frontières de coupure [*Grenzscheiden*] » : l'inorganique, le vivant, le psychique et le spirituel [*Geistige*]⁸. Pour lui aussi, la transition entre ces strates (ou « ordres systémiques ») resterait « éternellement incompréhensible », parce que « le supérieur ne consiste pas en simple combinaison de l'inférieur » et que les « formes d'être supérieures » ne peuvent donc être expliquées par les lois gouvernant les « inférieures » ; la « pensée combinatoire », qui vise néanmoins ce type de dérivation, resterait par conséquent « une simplification artificielle » et une tentative d'« unification faisant violence à la multiplicité donnée » du monde, qui ignorerait ses « relations catégoriales

¹ Smuts J.C. (1926, 1973), p. 86.

² *op. cit.*, p. 182.

³ Alexander S. (1920), in Andler D. et al. (2002), p. 990.

⁴ Lloyd Morgan C. (1923), p. 16 et p. 19.

⁵ *op. cit.*, p. 2, p. 4 et p. 8. Voir aussi Alexander S. (1920), in Andler D. et al. (2002), pp.988- 990.

⁶ Lloyd Morgan C. (1923), pp. 64-65 Voir aussi p. 5.

⁷ Hartmann N. (1926), in Ballauff T. (1940), p. 67 et Hartmann N. (1940, 1964), p. 456. Dès (1912), p. 22, il écrivait : « Des forces nouvelles et plus complexes surgissent dans la mesure où, dans le grand ensemble, la fluidité du lien augmente avec la complexité de l'objet ».

⁸ Hartmann N. (1940, 1964), p. 174 par exemple.

fondamentales »¹. Lorsqu'il fit de l'ordre hiérarchique un principe fondamental de structuration du réel en général (décrivant ce dernier comme un « ordre hiérarchique de formations systémiques emboîtées les unes dans les autres »²), Bertalanffy développa des idées analogues, à cette nuance essentielle près qu'il ne défendait nullement un émergentisme métaphysique. Concernant le monde vivant en particulier, il écrivit ainsi en 1937 :

Un principe général caractérisant les systèmes organiques est ce que l'on peut appeler l'ordre hiérarchique. Il est caractéristique du vivant que des systèmes subordonnés s'y emboîtent en des systèmes d'ordre supérieur [...] Dans cette hiérarchie vaut le principe de non sommativité ; il y est toujours possible et nécessaire d'étudier les niveaux subordonnés ; un niveau supérieur ne peut toutefois pas être expliqué par simple sommation du comportement des parties des niveaux inférieurs à l'état isolé, il est plutôt la conséquence de l'interaction dynamique de ces dernières, qui sont réunies d'une manière déterminée en un système supérieur, de telle sorte que le comportement des niveaux inférieurs est essentiellement co-déterminé par l'état global des niveaux supérieurs³.

Le vocabulaire utilisé par les émergentistes indique par lui-même combien la notion de progrès était inhérente à leur concept de statification. Il ne s'agissait en effet pas seulement, comme nous l'avons vu chez Whitehead, d'insister sur ce que Lloyd Morgan appela une « croissance de la complexité dans les systèmes intégraux à mesure que surviennent successivement de nouvelles formes de relationalité »⁴, autrement dit en termes bertalanffiens, d'affirmer le caractère « anamorphologique » du processus évolutif :

Par les résultats, il y a une continuité dans le progrès ; par l'émergence, il y a un progrès dans la continuité⁵.

Lloyd Morgan, qui orientait ainsi l'évolution émergente dans le sens d'un progrès, parlait d'une « échelle ascendante de ce que l'on peut appeler la richesse de la réalité » où « le plus riche ne peut être adéquatement interprété en termes du plus pauvre » et soutenait que « la réalité la plus riche se trouve à l'apex de la pyramide de l'évolution émergente »⁶. Chez Smuts et Hartmann, la logique de l'évolution émergente était également celle d'un progrès, et ce en deux sens. D'abord en celui déjà évoqué d'une « gradation progressive des synthèses holistiques » au cours de laquelle « le caractère de totalité s'approfondit »⁷. Ensuite parce que cette évolution se caractériserait simultanément par l'émergence de la « liberté », car plus on suit de manière ascendante cette gradation, plus les « totalités » assimileraient à leur propre activité les actions qui s'exercent sur elles (ce « métabolisme » constituant selon Smuts une « fonction fondamentale de toutes les totalités organiques », sociétés incluses⁸) ; ce qu'il appela, nous l'avons vu, la « transformation holistique de la causalité » :

L'altérité devient identité [...] La nécessité, c'est-à-dire la détermination externe, est transformée en auto-détermination, c'est-à-dire en liberté. Et lorsque la série des totalités progresse, l'élément de liberté s'accroît dans l'univers⁹.

Pour lui, le holisme constituait l'« activité synthétique, ordonnatrice, organisatrice et régulatrice ultime de l'univers ». Son « *summum bonum* » étant la personnalité en tant qu'« auto-réalisation libre et harmonieuse »¹⁰. Quant à Hartmann, sa « loi de la liberté », qualifiée aussi de « loi de la hauteur », était l'une de ses « lois catégoriales de dépendance » :

¹ *op. cit.*, p. 457.

² Bertalanffy L. von (1940a), p. 11 : « Au sens d'une conception organismique, la réalité se présente à nous comme un ordre hiérarchique de formations systémiques emboîtées les unes dans les autres [*hierarchische Ordnung von übereinandergeschachtelten Systembildungen*] ».

³ Bertalanffy L. von (1937b), p. 19.

⁴ Lloyd Morgan C. (1923), p. 203.

⁵ *op. cit.*, p. 5.

⁶ *op. cit.*, pp. 203-204. Voir aussi p. 207.

⁷ Smuts J.C. (1926, 1973), pp. 86-87.

⁸ *op. cit.*, p. 291.

⁹ *op. cit.*, pp. 119-120.

¹⁰ *op. cit.*, p. 317 et p. 292 respectivement.

Chaque catégorie supérieure est, par rapport à l'inférieure qui entre en elle comme élément, une formation complètement nouvelle d'un contenu sur-ordonné [...] La catégorie supérieure, en dépit de sa dépendance à l'égard de l'inférieure, est libre par rapport à elle¹.

Avec cette « liberté catégoriale du supérieur », il s'agissait d'affirmer « une indépendance dans la dépendance », une « autonomie du dépendant en tant que tel sans préjudice de la dépendance ». De strate en strate, les « catégories inférieures » ne représenteraient jamais qu'une limitation de l'espace de liberté de la « structure catégoriale supérieure », celle-ci constituant un « *novum* », une structure autonome par rapport aux premières². Ce thème de l'émergence de la liberté à mesure de l'ascension des niveaux de réalité et donc de complexité se retrouve pleinement chez Bertalanffy. Ce fut le cas très tôt implicitement dans ses concepts solidaires d'« activité primaire » et de causalité holistique, et explicitement lorsqu'il élaborait à la fin des années 1930 sa « théorie des systèmes ouverts » (surtout en relation avec son principe d'« équifinalité »), ainsi que sa vision de la science comme une « hiérarchie de statistiques ». Ce thème se retrouvera au fondement de son « anthropologie philosophique » :

Le trait essentiel le plus profond de « l'évolution supérieure » est peut-être l'autonomisation progressive de l'organisme par rapport au monde extérieur [...] Et en ce sens, on peut considérer la technique humaine comme la perpétuation de la tendance phylogénétique à une indépendance croissante par rapport aux conditions du monde extérieur³.

Dans la hiérarchie de statistiques s'observe le phénomène remarquable que l'on peut caractériser comme une augmentation du degré de liberté [...] Celui-ci se manifeste dans l'équifinalité. Tandis que l'évolution des systèmes fermés vers l'état final est prescrite par les conditions initiales, un même état final peut être atteint par des voies quelconques [*beliebig*] dans les systèmes ouverts [...] Un degré croissant de liberté surgit dans la hiérarchie de statistiques, non au sens de l'indéterminisme des phénomènes physiques élémentaires, mais au sens où l'événement en tant que totalité apparaît nomothétiquement déterminé, tandis que les événements élémentaires sous-jacents peuvent être en grande partie arbitraires [*beliebig*]⁴.

1-4-3-6 – Stratification du réel et problématique de l'unité dans la diversité

Les métaphysiques considérées ici étaient tendues entre deux pôles : leur holisme, par son insistance sur les processus d'intégration, exprimait celui de l'unité ; et leur émergentisme, celui de la multiplicité et de la diversité irréductible du monde. Chez les émergentistes anglo-saxons, l'orientation très accentuée vers le second pôle se comprend par leur souci, particulièrement marqué chez Alexander et le psychologue qu'était à la base Lloyd Morgan, de justifier l'autonomie de la psychologie. Plus généralement, la conception commune était un développement de l'idée déjà esquissée en son temps par Comte dans son « système des sciences » et qui fut cruciale dans le projet « systémologique » bertalanffien : parce que la nature est faite d'ordres distincts régis par des lois propres qui émergent les uns des autres, chaque discipline scientifique doit avoir une ontologie propre correspondant à l'ordre spécifique qu'elle étudie et est, d'un point de vue logique, irréductible aux disciplines étudiant un niveau « inférieur », en ce qu'elle a pour objet *les relations entre les entités de niveau « inférieur » et non ces entités elles-mêmes*⁵. L'impact de Hartmann sur Bertalanffy fut à cet égard considérable. Dès 1912, le métaphysicien allemand, dont j'ai déjà dit l'insistance sur les traits systémiques du vivant, justifia précisément dans cette optique l'autonomie logique et méthodologique de la biologie en lui assignant la tâche de se munir d'un nouvel *organon*⁶ dont la catégorie centrale serait celle de « système » ; il préfigurait ainsi dans une large mesure le programme « organismique » du Viennois en biologie – ce que ce dernier n'ignorait aucunement, puisqu'il se référa à son collègue afin d'avancer ce programme :

¹ Hartmann N. (1926), in Ballauff T. (1940), p. 68.

² Hartmann N. (1940, 1964), pp. 494-495.

³ Bertalanffy L. von (1940a), pp. 108-109.

⁴ Bertalanffy L. von (1949e), pp. 162-164.

⁵ Dans son « cours de philosophie positive », Comte dénonçait déjà « la vaine prétention des géomètres à rendre positives les études sociales d'après une subordination chimérique à l'illusoire théorie mathématique des chances », ainsi que les tentatives de réduction de la sociologie à un « simple corollaire ou appendice de la biologie » (1830, 1975), T. 2, p. 168.

⁶ J'emploie à dessein ce terme qu'employèrent Aristote... et Francis Bacon, dans la mesure où c'est précisément celui que Bertalanffy employa lui-même dans les années 1950 pour décrire le statut épistémologique de la « systémologie générale ».

La recherche en biologie doit par nécessité faire des anticipations si elle veut avancer. Elle a par conséquent aussi besoin d'*un instrument logique d'anticipation*, lequel anticipe en tant qu'axiome ce qu'il y a à explorer, *la loi complexe et spécifique du tout*, et se permet d'opérer avec comme si la loi lui était déjà fournie. Il s'agit alors ici entièrement de *lois systémiques de coopération* ; pour cette raison, celles-ci ne peuvent pas être représentées par la simple jonction de soi-disant lois naturelles causales. Leur structure épistémologique doit elle-même avoir une structure systémique¹.

On ne trouve guère chez les émergentistes anglo-saxons de discussion concernant les relations et l'unité entre strates du réel. Leur position naturaliste les amena toutefois à défendre une forme de monisme qui les rapprochait de Spinoza, lequel fut d'ailleurs largement invoqué par Lloyd Morgan. Selon eux, ni la vie, ni le psychisme, ni la pensée n'échappent de quelque manière à l'ordre naturel. Dire que la conscience émerge à partir d'un certain degré de complexité du vivant ou encore que l'esprit émerge de la matière ne revenant pas à leur conférer une transcendance. Lloyd Morgan les identifiait à des manifestations d'une organisation neuronale spécifique, qui émergeraient donc spontanément dès lors que la structuration spécifique du vivant qui les permet apparaît au cours de l'évolution². Whitehead considérait dans une perspective voisine que « la conscience n'apparaît qu'à un stade tardif et dérivé d'intégrations successives »³. Smuts tenait quant à lui le corps et l'esprit pour des moments de cette totalité émergente qu'est la personnalité, et non pour des entités indépendantes liées par un rapport d'interaction⁴. La substitution d'une corrélation à un rapport causal entre psychique et physique les ramenait plus encore vers la doctrine « synécologique » de Fechner que vers Spinoza, même si c'est au monisme de ce dernier que Lloyd Morgan se référa lorsqu'il en vint à défendre des thèses très « fechnériennes » :

Il n'y a pas de système physique de statut intégral qui ne soit aussi psychique, ni de système psychique qui ne soit physique. Tous les systèmes d'événements sont psychophysiques à un certain degré. Les deux attributs, inséparables en essence, se répandent dans tout l'univers des entités naturelles [...] Il n'y a pas de relation causale d'un attribut à l'autre. Pour moderniser Spinoza : le plan ordonné de progrès dans l'attribut psychique est strictement corrélé à celui de l'attribut physique. Nous avons « une seule et même chose, bien qu'exprimée de différentes manières »⁵.

Une autre forme de monisme, un organicisme celui-là, fut défendue par Lloyd Morgan tout autant que par Whitehead. Tous deux refusaient en effet aux êtres vivants le monopole de l'organisation et appliquaient le terme d'« organisme » à toutes les entités naturelles existant aux divers niveaux de complexité, au motif qu'elles partageraient avec les organismes vivants la propriété fondamentale selon laquelle leurs parties concourent à l'entretien et « l'unité substantielle » de la totalité dont elles procèdent⁶. J'ai déjà fait allusion au fait que Hartmann critiqua fermement ce type de position. Ce qui ne l'empêcha pas, anticipant ainsi la « systémologie organismique » de Bertalanffy, de faire du métabolisme un attribut des systèmes supra-individuels et de voir les communautés humaines comme des « structures d'ensemble d'ordre supérieur » [*Gefügten höherer Ordnung*], où mort et flux migratoires assumeraient des fonctions homologues à celles des processus biologiques d'assimilation et de dissimilation⁷. Il s'en prit à la monadologie leibnizienne (une référence pour Lloyd Morgan et Whitehead⁸) et à ses avatars dans l'idéalisme post-kantien (Schelling, Hegel, etc.). Comme le matérialisme, le psychologisme et le biologicisme, l'organicisme monadologique exprimait en fait pour Hartmann la satisfaction d'un besoin d'unité au prix d'une ignorance du caractère stratifié du « réel », qui fait violence à sa multiplicité :

La monadologie est une transgression typique de frontières « vers le bas », une métaphysique expliquant « par le haut », *via* la généralisation d'un groupe de catégories d'ordre supérieur⁹.

¹ Hartmann N. (1912), p. 30. Les italiques me sont propres. Voir aussi Bertalanffy L. von (1932b), pp. 87-88.

² Lloyd Morgan C. (1923), p. 116.

³ Whitehead A.N. (1929, 1995), p. 273.

⁴ Smuts J.C. (1926, 1973), pp. 261-262.

⁵ Lloyd Morgan C. (1923), pp. 26-28. La fin de la citation est une reprise de Spinoza dans son *Ethique* (1954, p. 360) : « Un cercle qui existe dans la Nature et l'idée du cercle sont une seule et même chose, qui s'explique par des attributs différents ».

⁶ Outre Whitehead A.N. (1926, 1994), voir Lloyd Morgan C. (1926, 1927), in Needham J. (1928a), pp. 33-34 et (1928b), p. 78.

⁷ Hartmann N. (1940, 1964), pp. 307-309.

⁸ Sur le caractère « monadologique » de la doctrine du « mécanisme organique » de Whitehead, voir Emmet D. (1966), pp. 180-181.

⁹ Hartmann N. (1940, 1964), p. 178. Voir plus généralement pp. 175-179 sur cette critique.

L'arrière-plan de ce point de vue doit être examiné, car c'est ici que se manifeste peut-être la plus profonde affinité entre sa métaphysique et le projet « systémologique » de Bertalanffy.

Le fait est que la « théorie générale des catégories » de Hartmann prit à bras le corps le problème de la conciliation de l'unité du monde et de sa diversité, raison sans doute pour laquelle le Viennois la qualifia non sans pertinence d'« expression philosophique la plus significative de la théorie de la stratification »¹. Pour Hartmann, reconnaître la diversité et en tirer les conséquences serait un préalable à l'appréhension de l'unité. La « construction hiérarchique » du monde impliquerait en effet non un pluralisme irréductible, mais l'existence nécessaire de relations entre strates, de lois réglant son architecture :

L'unité doit d'abord être gagnée dans la multiplicité catégoriale de l'Être [...] La véritable unité du monde et de son système catégorial peut au mieux se révéler avec les lois internes de structure qui dominent le monde réel [...]

Appréhender l'unité du monde ne peut que signifier appréhender ce monde dans sa construction et sa structure. Son unité n'est pas celle de l'uniformité, mais celle de la superposition et de l'élévation de formes multiples très diverses [...] De strate en strate, nous trouvons la même relation de détermination « par en-dessous » et néanmoins simultanément l'autonomie du supérieur dans ses formes et lois propres. Cette relation constitue la véritable unité du monde. Dans sa multiplicité et son hétérogénéité, le monde n'est en rien dépourvu d'unité. Il a l'unité d'un système, mais ce système est un système de strates².

Avec sa « loi de la multiplicité », Hartmann posa d'ailleurs le « degré de multiplicité » comme « condition de l'unité » : la multiplicité croissante dans la série ascendante des « niveaux de l'Être » serait la condition d'une unité supérieure. Il appelait « catégories fondamentales » des catégories (donc des « déterminations générales de l'Être »³) n'ayant « pas de *concretum* particulier » et s'appliquant donc de manière médiate au « *concretum* » de toutes les strates du « réel », leur « *concretum* » étant les catégories particulières y opérant. C'étaient des sortes de « principes des principes », des « lois des catégories elles-mêmes » s'appliquant dans chaque strate par delà leurs catégories propres, qui déterminaient les rapports réciproques entre ces catégories tout autant que les relations entre strates :

Il y a des catégories d'une généralité telle qu'elles ne se laissent pas concevoir comme appartenant en propre à une strate du réel déterminée. De telles catégories sont des principes communs à toutes les strates du réel ; elles forment le fondement unitaire de l'ensemble du monde réel. Et leur signification ontologique tient à ce qu'elles sont les catégories les plus fondamentales – le fondement commun de toute particularisation catégoriale, donc aussi de toute stratification – et sont plus encore celles à partir desquelles l'unité dans la construction du monde réel peut être appréhendée structurellement. Je les appellerai les catégories fondamentales. Elles forment l'objet de la « théorie générale des catégories » [*allgemeine Kategorienlehre*]⁴.

Certaines catégories fondamentales (dans le groupe des « lois de cohérence ») déterminaient dans son système l'unité de chaque strate, notamment en posant la « corrélation » de toutes les catégories à l'intérieur d'une strate⁵ : c'était là une sorte d'unité « horizontale ». Deux groupes de « lois catégoriales », les « lois de stratification » et celles « de dépendance », explicitaient quant à eux les principes d'une unité de type « vertical » dans la hiérarchie du « réel ».

Deux principes majeurs d'unification doivent ici être mentionnés compte tenu de leur congruence avec les principes « systémologiques » bertalanffiens. D'abord le principe d'interaction dynamique entre « ordres systémiques ». Le monde apparaissait à Hartmann comme un « emboîtement » de « structures d'ensemble dynamiques » dont l'ordre hiérarchique était tout sauf rigide, du fait des relations de détermination réciproque s'exerçant entre ces structures ; il aurait lui-même une structure dynamique :

La série ordonnée des structures d'ensemble dynamiques donne une certaine image d'unité dans la construction du monde cosmique. Ce monde est une structure d'ensemble échelonnée de structures

¹ Bertalanffy L. von (1945), p. 2.

² *op. cit.*, p. 156 et p. 182 respectivement.

³ Hartmann N. (1924, 1945), p. 259 et p. 378.

⁴ Hartmann N. (1940, 1964), p. 184. Voir aussi pp. 185-191 et p. 376.

⁵ *op. cit.*, pp. 394-405.

d'ensemble dynamique emboîtées les unes dans les autres, où celles d'ordre de grandeur inférieur entrent comme éléments dans celles d'ordre supérieur¹.

Cet emboîtement des ordres systémiques n'est pas un état passivement refermé sur lui-même, mais une relation de dépendance extrêmement étroite, certes aussi réciproque : une interaction entre ordres systémiques. Il doit également être compris comme actif et dynamique, comme le système individuel lui-même [...] Certaines actions de forces du système sous-jacent sont également des moments intégrateurs (et déterminants) du système émergent. Il en est de même réciproquement : certaines actions fondamentales du système émergent sont également déterminantes pour la formation spécifique du système sous-jacent².

Hartmann estimait notamment pour cette raison que la science de la nature « trouve[rait] dans le principe de la relation inter-système son guide méthodologique »³.

L'autre principe à mentionner ici, placé en tête des « lois de stratification », est sa « loi du retour », qui constituait pour lui « le fondement propre de la stratification catégoriale » :

Un élément catégorial qui a une fois surgi dans une strate ne disparaît pas ensuite dans l'ascension de la série des strates, mais ne cesse de resurgir [...] Les catégories inférieures, ou leurs éléments, réapparaissent ainsi continuellement dans certaines catégories supérieures en tant que moments partiels. Elles peuvent en outre apparaître soit au premier plan, soit à l'arrière-plan de la forme supérieure et peuvent par conséquent y être visibles ou y « disparaître ». Mais même en s'effaçant, elles restent des éléments persistants et peuvent être exhibées par l'analyse. Le rôle subordonné qu'elles jouent principalement dans les catégories supérieures n'y change rien. Chaque élément catégorial individuel forme le point de départ d'une ligne unique de détermination catégoriale sécante aux strates supérieures⁴.

Le fonctionnement de l'esprit, par exemple, ne pourrait pas être compris en faisant abstraction des moments psychiques, biologiques et physiques sous-jacents. Cette loi avait un complément holistique avec la « loi de transformation », qui affirmait que le retour d'une catégorie dans une strate supérieure s'accompagne nécessairement de sa transformation. Pour Hartmann, qui rejoignait par là-même l'inspiration goethéenne si chère à Bertalanffy, c'est dans cette « loi du retour » que se trouverait la clef de l'unité du monde, une unité qu'il faudrait penser non seulement dans, mais *par* la diversité :

Du retour des catégories dépendent rien moins que l'unité et le lien intime du monde dans la multiplicité et l'hétérogénéité apparemment irréductible de l'Être [...] Le monde réel dans lequel nous vivons a une unité. Mais cette unité n'est ni celle d'un principe ni celle d'un centre, elle est celle d'un ordre et d'une dépendance. La forme de cet ordre est la stratification, et celle de cette dépendance est le retour catégorial⁵.

Remarquons que Spann, bien qu'il n'ait pas systématiquement développé ce thème, en fournit aussi l'esquisse dans sa « philosophie de la nature » lorsqu'il évoqua « l'unité des choses à partir de propriétés et de contenus qui reviennent dans tous les niveaux de l'ordre hiérarchique du réel »⁶. La très bonne connaissance que Bertalanffy avait au moins de la métaphysique de Hartmann ne laisse aucun doute sur l'impact précoce, profond et durable qu'eut sur lui cette conception de l'unité cosmique. Un impact que je suis enclin à repérer très tôt, avant même que le Viennois n'ait commencé à se référer explicitement à Hartmann, dans cet article déjà cité en conclusion du 1-3-5-3 où il affirma dès 1927 « la possibilité de mettre en œuvre des catégories d'une manière impropre » et de progresser ainsi vers la conciliation d'une unité catégoriale et d'un pluralisme méthodologique⁷. Par la suite, sa conception « systémologique » d'une unité des sciences enracinée dans des isomorphismes de lois et de modèles fonda en effet elle aussi cette unité sur un « retour » de certaines formes (des « systèmes » en tant que formes d'ordre conceptuel) compatible avec la diversité des ontologies et des lois propres à chacune d'entre elles. Bertalanffy reconnut d'ailleurs lui-même plusieurs fois sa dette à Hartmann en des termes qui, tout en indiquant une différence d'inspiration essentielle concernant le rôle des

¹ *op. cit.*, p. 307.

² Hartmann N. (1912), pp. 18-19.

³ *op. cit.*, p. 20.

⁴ Hartmann N. (1926), in Ballauff T. (1940), p. 67. Voir aussi Hartmann N. (1940, 1964), pp. 435-452.

⁵ Hartmann N. (1940, 1964), p. 446.

⁶ Spann O. (1937), p. 143.

⁷ Bertalanffy L. von (1927c), pp. 260-261.

mathématiques, en négligeaient toutefois une autre déjà mentionnée concernant l'opposition entre réalisme et idéalisme critiques :

Sur le plan de la théorie de la connaissance, une systémologie générale peut amener la théorie des catégories de N. Hartmann, jusqu'alors formulée verbalement, à une formulation exacte et sans ambiguïté que seule peut lui permettre d'atteindre le langage mathématique¹.

Considérée du point de vue philosophique, la systémologie générale a pour vocation de remplacer la « théorie des catégories » (N. Hartmann) par un système exact de lois logico-mathématiques².

1-4-3-7 – *Bilan de l'impact sur Bertalanffy de la résurgence de métaphysiques holistiques et émergentistes*

Nombre des schèmes conceptuels et des principes constitutifs des métaphysiques examinées dans cette section furent une réactualisation de ceux qui avaient déjà opéré chez les anciens *Naturphilosophen*. Leur « héraclisme » et leur holisme métaphysique intégral ne présentaient pas en soi de nouveauté essentielle. Ces métaphysiques n'étaient toutefois pas de simples reprises. Il s'agissait d'approfondissements systématiques dont Bertalanffy retint certains développements inédits : une relativisation généralisée des catégories de substance et de relation qui, en écho aux débats contemporains en physique, allait de pair avec une dévalorisation de la première au profit de la seconde ; et une élaboration du concept de causalité holistique, qui en généralisait la portée bien au-delà du seul domaine de la biologie où le vitalisme de Driesch cherchait à le confiner. Mais l'impact sur Bertalanffy le plus original et, par là-même, le plus significatif de ces métaphysiques, tient à leur émergentisme. Que ce soit par leur partition du réel en niveau ontologiquement distincts assortis d'une autonomie catégoriale ou par la doctrine d'une « évolution créatrice » identifiant la « synthèse holistique » à un processus de libération, ces doctrines de la stratification imprimèrent leur sceau sur la « cosmologie systémique » du Viennois, en particulier sur sa vision du monde biologique et son « anthropologie philosophique ». La « théorie des catégories » de Hartmann joua de loin le rôle le plus significatif dans la mesure où, contrairement à ses parentes anglo-saxonnes, elle constituait une doctrine systématique de l'unité catégoriale dans l'exacte mesure de son pluralisme ontologique : elle fut à cet égard incontestablement, et Bertalanffy le reconnut lui-même, une source majeure d'inspiration de sa « systémologie générale ».

Les moments « positifs » de l'influence des métaphysiques considérées dans cette section ne doivent toutefois pas occulter des divergences profondes : de la même manière que les « philosophies de la vie » en général, elles contribuèrent à la structuration de la pensée de Bertalanffy aussi bien par les oppositions qu'elles suscitèrent chez lui. Que celles-ci aient en général été plus discrètes (manifestement parce que le Viennois, compte tenu de sa conception très ouverte des relations entre sciences et métaphysique, voyait malgré tout en elles des alliées)³ ne change rien à leur existence. Il y a bien sûr le silence rigoureux qu'il observa sur les travaux de son compatriote Spann, qui montre clairement qu'il y avait chez lui un souci très marqué de se distancier par rapport à un holisme métaphysique intégral susceptible de dériver puis de sombrer dans une opposition dogmatique aux sciences « exactes ». Mais plus profondément, si Bertalanffy, qui plaça ses premiers travaux (notamment sa thèse) sous le même signe, ne pouvait qu'avoir de la sympathie pour leur naturalisme et leur caractère de « métaphysiques inductives » (ou tout au moins leur souci d'enracinement dans les sciences contemporaines), un fossé infranchissable le séparait de Whitehead, Smuts, Alexander, Lloyd Morgan et Hartmann : l'étude systématique de son perspectivisme, qui sera réalisée aux 2-1 et 2-2, montrera clairement qu'il était hors de question pour lui d'interpréter la « totalité » et l'« émergence » comme des réalités indépendantes de nos concepts.

¹ Bertalanffy L. von (1949b), p. 43.

² Bertalanffy L. von (1950b), pp. 142-143.

³ C'est particulièrement clair dans Bertalanffy L. von (1949e), pp. 181-185.

1-4-4 – *L'avènement de psychologies holistiques*

Si les évolutions de la physique moderne et, bien souvent, l'une ou plusieurs des métaphysiques discutées dans la section précédente, furent invoquées à l'appui de leurs travaux par tous les scientifiques contemporains se faisant les avocats de modes holistiques de pensée, ce ne fut toutefois pas dans les sciences de la nature « inerte » que ces derniers s'épanouirent le plus. Et c'est la psychologie qui joua un rôle primordial à cet égard, avant même la biologie dans la mesure où le développement d'au moins un type de psychologie holistique (celle dite de la « *Gestalt* ») influença considérablement maints promoteurs d'une biologie holistique dans les années 1920 et 1930, à commencer par Bertalanffy lui-même. Krüger, qui fut un représentant majeur d'une orientation holistique en psychologie, en a sans doute fourni une importante raison :

Ce qu'est la totalité, nous l'apprenons immédiatement et avec une certitude absolue dans notre vécu¹.

Néanmoins, si le « vécu » pouvait apparaître comme un lieu privilégié pour pénétrer les secrets de la « totalité », il n'y avait pas que sur sa base qu'une psychologie holistique pouvait être développée. Et le fait est que des psychologies holistiques divergentes, dont les artisans se critiquèrent mutuellement, s'affirmèrent ensemble dans les années 1910 et 1920. Il s'agira ici d'examiner leur avènement, après avoir résumé le contexte de leur émergence.

1-4-4-1 – *La psychologie « associationniste » du XIX^e siècle et ses relais en neurologie*

Le milieu du XIX^e siècle fut en Allemagne une époque où un matérialisme extrême pouvait s'afficher sans complexe, au point que l'on put y voir écrit que « le cerveau sécrète les pensées comme le foie sécrète la bile ou les reins l'urine », ou encore que « sans phosphore », il n'y aurait « pas de pensées »². Un tel matérialisme ne parvint certes jamais à s'imposer. Il n'en traduisait pas moins, sous une forme excessive, un mouvement de fond : la psychologie allemande s'orienta largement à cette époque dans la voie de naturalisation de l'esprit qu'Herbart avait initiée dès le début du siècle. Il s'agissait de soumettre l'étude de la conscience à « la » méthode expérimentale et d'intégrer la psychologie aux sciences de la nature, en y important les modes mécanicistes d'explication dominant la physique et la physiologie contemporaines. Un modèle « associationniste » émergea ainsi, dont Helmholtz fut l'un des principaux tenants. La philosophie de la connaissance sous-jacente en était significativement influencée par l'empirisme anglais enraciné dans la doctrine de la « *tabula rasa* » de John Locke, qui avait interprété l'esprit comme un récepteur essentiellement passif de données sensorielles³. Dans le modèle associationniste, la perception était conçue comme un processus à deux étapes : les organes des sens collecteraient une somme de sensations en soi isolées qui, associées conformément à leur contiguïté spatiale ou temporelle, seraient ensuite transformées en représentations mentales. La pensée était assimilée à un processus automatique résultant, conformément à des lois inflexibles, de la conjonction de sortes d'« atomes mentaux » ; des « atomes » eux-mêmes réduits à des dérivés de données sensorielles : ils en constitueraient des « copies », seraient des « images représentatives » de l'expérience directe. Le mécanicisme de ce modèle s'exprimait non seulement dans son biais méristique, mais aussi et peut-être surtout dans le fait qu'il évacuait radicalement le « vécu » de la psychologie au profit de l'étude de la sensation et de la perception, ne laissant aucune place à la connaissance innée ou intuitive. Avec une inspiration que l'on peut sans aucun doute rapprocher de l'« idéal de la *Bildung* » et de ses valeurs, le philosophe écossais Thomas Carlyle, critiquant par anticipation cette approche de la psychologie qu'il pressentait, la dénonça dès 1829 pour son déni du rôle actif et synthétique de l'esprit, ainsi que pour son

¹ Krüger F. (1926, 1953), p. 44.

² Respectivement Vogt K. (1854) et Moleschott J. (1850), in Gusdorf G. (1985), p. 301.

³ Dans son *Essai sur l'entendement humain* (1689). L'expression « *tabula rasa* » avait déjà été utilisée par Descartes dans ses *Méditations métaphysiques* (1641), mais Locke l'utilisa dans un sens très différent : chez Descartes, elle référerait au doute méthodique, à la nécessité de faire « table rase » des préjugés afin de construire la connaissance sur des bases saines.

encouragement implicite au fatalisme et à l'adhésion aux buts instrumentalistes de « l'âge de la machine » qu'il voyait émerger¹.

Au milieu des années 1860, le modèle associationniste se connecta avec la neurologie, s'y justifiant tout en s'y prolongeant avec, dans cette dernière discipline, la résurgence sous une forme sophistiquée de la vieille « phrénologie » pourtant depuis longtemps discréditée. Selon celle-ci, les fonctions cérébrales seraient organisées en unités atomiques, différentes régions du cerveau étant affectées à différentes fonctions. L'idée sous-jacente en était la corrélation entre processus mentaux et processus cérébraux. Ces idées furent remises à la mode par la « théorie des localisations cérébrales » initiée par le Français Paul Broca, lequel chercha à montrer que la « faculté du langage articulé » a son siège dans le lobe frontal gauche du cortex cérébral. Cette théorie méristique, déterministe, réactiviste et essentiellement statique du cerveau trouva son épanouissement outre-Rhin dans les années 1870 et 1880, par l'intermédiaire des neuro-anatomistes Gustav Fritsch, Eduard Hitzig et surtout Carl Wernicke. Ce dernier, sur la base d'une étude visant à localiser anatomiquement l'aphasie, élaborait un modèle du cerveau qui assimilait les « atomes mentaux » des psychologues associationnistes à des unités de « mémoire » sensori-motrices, chaque impression sensori-motrice étant associée à une région localisée. Sans que le principe de leur coordination ne soit examiné, les fonctions perceptives et motrices y étaient ainsi conçues comme des « arcs réflexes » dont les traces seraient stockées dans des centres psychomoteurs localisés dans certaines zones déterminées du cerveau. Et une « carte » de ce dernier était en conséquence supposée pouvoir être dressée, qui assignerait à chaque centre ses fonctions spécifiques. Le comportement était sur cette base très largement réduit à une série de réflexes ; et les désordres cérébraux, interprétés comme de simples perturbations, par définition localisables, des centres fonctionnels².

Le succès de la « théorie des localisations cérébrales » à cette époque tient à ce qu'elle fournissait une base à des études expérimentales méthodiques, mais aussi au fait qu'elle semblait justifier les doctrines mécanicistes par la biologie elle-même, en particulier l'interprétation partielle de la Critique kantienne que ses principaux avocats cherchaient à mettre à leur service : la science mécaniciste apparaissait à la lumière de la « théorie des localisations cérébrales » et de la psychologie associationniste comme une simple formalisation des principes régissant les rapports entre l'esprit humain et la « réalité extérieure » ; et elle était donc censée constituer en tant que telle la seule approche « naturelle » et pertinente de la vérité³. Mais ces psychologie et neurologie mécanicistes commencèrent à subir des attaques frontales dans les années 1890, après avoir déjà été plus ou moins explicitement remises en cause dès la décennie précédente. Outre que l'expérience ne tarda pas à montrer leur inadéquation, le modèle « machinaliste » du cerveau était en effet devenu une cible privilégiée dans le contexte de l'affirmation de « philosophies de la vie » et de critiques holistiques de la science mécaniciste, en connexion avec la dénonciation de la « civilisation de la Machine ».

1-4-4-2 – Premières attaques de la psychologie « associationniste »

Notons d'abord que des attaques de la psychologie « associationniste » et de ses dérivées surgirent à la fin du XIX^e siècle hors du monde germanophone. Il importe de remarquer qu'elles le firent en étroite connexion avec la vogue des « philosophies de la vie » qui entamait son essor à la même époque, parfois sous la plume des mêmes auteurs et au moyen d'arguments organisés autour des mêmes schèmes conceptuels. Henri Bergson en France, William James et John Dewey aux États-Unis, s'en prirent en effet à son sacrifice du flux continu et de l'unité organique de la conscience et de la pensée sur l'autel de la méthode méristique, au fossé instauré entre l'image de la psyché fournie par cette psychologie prétendument scientifique et les « données immédiates de la conscience » dont elle se serait radicalement éloignée par ses abstractions⁴. James et Dewey installèrent de plus au cœur de leur psychologie le concept anti-mécaniciste d'« activité primaire ». Le premier *via* son concept d'« action instigatrice » [*trigger action*], qui référerait au caractère seulement catalytique de tout stimulus sur un système organique en soi actif et que nous retrouverons mis en œuvre par Alwin

¹ Voir notamment Harrington A. (1996), pp. 14-15.

² Ash M. (1995), pp. 276-277 ; Harrington A. (1996), pp. 15-18 ; Bertalanffy L. von (1937b), pp. 126-129.

³ Voir notamment Lenoir T. (1982), p. 242 et Harrington A. (1996), p. 18.

⁴ Ash M. (1995), pp. 68-71.

Mittasch et Bertalanffy sous la forme du concept de « causalité d'impulsion » [*Anstoßkausalität*]¹. Et Dewey par sa critique du concept d'arc réflexe, qui développait l'idée que la perception, loin d'être un processus passif, ne peut être pensée sans l'action des organismes sur l'environnement qu'ils perçoivent ; que perception et action forment donc un système sensori-moteur, un « circuit » (Dewey n'utilisait pas alors le terme de « rétroaction », mais telle était bien son idée)².

Les conceptions de James et Dewey furent après la première guerre mondiale relayées aux États-Unis dans le contexte de l'avènement de la psychologie « behavioriste », dont le fondateur John B. Watson affirma en 1912 qu'elle était vouée à accomplir le but d'une psychologie « scientifique » : « prédire et contrôler le comportement »³. Face à cette volonté singulière et radicale de rompre par la valorisation de son potentiel technocratique le cordon ombilical qui avait jusqu'alors largement lié la psychologie à la philosophie, de vigoureuses critiques s'élevèrent rapidement, qui préfiguraient celles que nous retrouverons dans le contexte des années 1950 et 1960 avec le courant de la psychologie dite « humaniste », dans lequel Bertalanffy joua un rôle significatif. Il en va ainsi de Louis L. Thurstone, qui affirma en 1923 la nécessité de « détrôner le stimulus » dans son rôle prétendu de « souverain de la psychologie », et de restaurer les droits des motifs, des désirs, de la volonté ; la « donnée » première de la psychologie était pour lui le « soi vivant dynamique », animé par une « volonté » inhérente, une « pulsion de vie » prenant sa source dans « l'énergie libérée par le métabolisme » organique. Au lieu de postuler comme les behavioristes que la vie mentale est essentiellement déterminée par des stimuli et que toute action doit être interprétée comme une *ré*-action à ces stimuli, il faudrait concevoir le stimulus comme « causalement intermédiaire » : il ne serait qu'un « fait environnemental déterminant partiellement comment s'exprime ce qui est déjà en l'individu », de surcroît bien souvent « provoqué » par ce dernier. Au lieu de faire de l'individu un intermédiaire entre le stimulus et la réponse, il faudrait en faire le « point de départ » de toute chaîne causale et n'accorder au stimulus qu'un rôle « secondaire », celui d'une « modification » de cette chaîne. Thurstone réclamait ce faisant une « vision plus compréhensive et sympathique de la vie mentale et de la nature humaine », exécutant le projet mécaniciste du behaviorisme en des termes que Bertalanffy fit amplement siens après-guerre lorsqu'il s'appliqua à attaquer ce qu'il appelait la « psychologie du robot » :

Reléguer la vie mentale aux catégories non-mentales de stimulus et de réponse est une procédure qui a l'apparence de la science dans sa terminologie, mais qui est souvent l'indicateur d'une compréhension superficielle et non-sympathique de la vie mentale⁴.

Les attaques des psychologies associationnistes et behavioristes les plus significatives concernant le contexte de formation des idées de Bertalanffy se trouvent néanmoins en Allemagne, à partir du dernier quart du XIX^e siècle, voire avant. Deux des artisans majeurs de la transformation de la psychologie en science expérimentale, Wilhelm Wundt et Carl Stumpf, fournirent déjà alors quelques arguments à leur appui. Bien que Wundt ait persisté à utiliser la fiction d'une divisibilité de la sensation en éléments simples, il lui conférait seulement une valeur heuristique, celle de favoriser des explications causales. Et il insistait déjà sur le trait émergent de la perception par rapport à ces « sensations élémentaires », sur son caractère non-« sommatif » et actif, sans lequel il ne saurait exister d'expérience cohérente, organisée :

Toute perception est décomposable en sensations élémentaires. Mais elle n'est jamais la simple somme de ces sensations ; elle est plutôt quelque chose de nouveau advenant de leur connexion [...et] reste constamment créatrice par rapport à la somme des sensations qui forment son substrat⁵.

Quant à Stumpf, formé dans le moule de la phénoménologie de Franz Brentano et maître de Husserl, il insista lui aussi sur les traits actifs de la conscience. Dans le prolongement de Wundt, il postula l'existence de « lois structurales immanentes » de la perception que la psychologie n'aurait qu'à reconnaître et à décrire pour l'expliquer ; des lois holistiques selon lui « attribuables à des causes physiologiques » qui, à l'encontre des phénoménalismes, imposeraient d'adopter une conception

¹ Thurstone L.L. (1923), p. 367 ; Mittasch A. (1938).

² Kingsland S.E. (1993), p. 452.

³ Ash M. (1995), p. 50.

⁴ Thurstone L.L. (1923), p. 355. Voir aussi p. 356, p. 358, p. 362 et pp. 364-365. En ce qui concerne Bertalanffy, voir en particulier Bertalanffy L. von (1965c), p. 1096 ; (1967a), pp. 6-17 et (1971b).

⁵ Wundt W., in Ash M. (1995), pp. 61-62. Voir aussi Ringer F. (1968, 1990), p. 313.

réaliste des relations entre sensations¹. Wundt et Stumpf rejoignaient ainsi le physiologiste Hering, avec les théories duquel Bertalanffy était familier. Hering, contre les vues d'Helmholtz, avait en effet dès les années 1860 insisté sur l'idée que la perception n'opère pas sur des données brutes, mais déjà travaillées par les organes périphériques des sens eux-mêmes ; que non seulement ces derniers, mais aussi le cerveau auquel ils sont connectés, sont d'emblée activement impliqués dans l'organisation des sensations ; que l'ordre sensible n'est donc pas une « carte » du monde extérieur, et surtout que les relations que l'on y discerne ne sont pas inférées, mais immédiatement appréhendées².

En Allemagne toujours et à la même époque que Wundt et Stumpf, Dilthey, attaquant la conception même de la psychologie comme « science de la nature » qu'ils défendaient, prônait quant à lui une psychologie rompant radicalement avec l'associationnisme. Il concevait en effet l'expérience consciente comme un « tout structuré » combinant l'intellect, le sentiment et la volonté, que la psychologie « associationniste » ne saurait appréhender dans son dynamisme. Dans la psychologie humaniste qu'il cherchait à promouvoir, la personne était ce qu'il appelait un « tout psychophysique », incompréhensible hors de son contexte social et culturel. S'appropriant le vocabulaire goethéen, il la considérait comme « formée » [*gestaltet*] au cours du processus d'interaction de l'individu et de ce contexte, et il la qualifia à l'occasion elle-même de « *Gestalt* ». Au contraire de l'associationnisme, Dilthey enjoignait donc à « comprendre » la psyché en procédant « du tout vers les parties », c'est-à-dire du « tout » socio-culturel vers le « tout » psychophysique, et de ce dernier vers le comportement particulier de la personne. De manière analogue à Goethe dans sa morphologie, il cherchait à y parvenir non en se concentrant sur des individus particuliers, mais en saisissant des « formes d'individualité » archétypiques au travers desquelles la totalité de la « réalité socio-historique » se laisserait « apercevoir », et grâce auxquelles le comportement individuel se laisserait interpréter dans sa particularité³. À ses yeux aussi valait la maxime selon laquelle « le tout se reflète dans chacune de ses parties », qu'il mit au cœur de la méthode selon lui propre aux « sciences de l'esprit » – la méthode herméneutique, qui sera discutée plus en détails au 1-4-7-6 :

L'individu est un point où viennent se croiser une pluralité de systèmes qui, au cours des progrès de la culture, se spécialisent de manière toujours plus fine. De fait, à partir du même acte de la vie d'un individu, cette multiplicité se laisse apercevoir⁴.

L'impact de Dilthey, dont nous verrons qu'il fut considérable dans les « sciences de la culture », fut loin d'être négligeable en psychologie. Non seulement il influença directement les « psychologues de la *Gestalt* » considérés plus loin, mais il inspira dans les années 1920 la « psychologie de la pensée » [*Denkpsychologie*] anti-matérialiste d'Oswald Külpe⁵ ainsi que plusieurs essais de typologies psychologiques symptomatiques du « retour à Goethe » : la « psychologie des visions du monde » de Jaspers, qui prétendait corréler des attitudes spécifiques envers le monde – par exemple, « active », « contemplative » ou « mystique » – et des visions du monde spécifiques – par exemple « spatiale-sensorielle » (dont le mécanisme), « moral-culturelle », ou « métaphysique » ; et la « psychologie structurale » d'Eduard Spranger, qui reposait sur six types idéaux de personnalité (« théorique », « économique », « esthétique », « social », « religieux » ou « de pouvoir »), chacun étant lié à une « forme de vie » spécifique et constituant la norme à différentes époques⁶. On peut y ajouter la « caractérologie » du philosophe sceptique Viennois Richard Wahle, un ami de Bertalanffy⁷ dans les années 1920 : elle se fondait sur une théorie holistique de la mémoire selon laquelle le cerveau tout entier constitue le siège de chaque souvenir particulier⁸.

Parce qu'il eut l'effet, en conjonction avec les travaux de Wundt et de Stumpf, d'ouvrir la voie à une psychologie à la fois holistique et naturaliste, l'article publié en 1890 par l'Autrichien Christian von Ehrenfels, un élève de Brentano, constitua enfin une étape cruciale dans l'avènement de

¹ Ash M. (1995), pp. 37-41. Voir aussi Ringer F. (1968, 1990), p. 313.

² Ash M. (1995), pp. 55-59. Des références de Bertalanffy aux théories de Hering se trouvent dans ses publications de la fin des années 1920, par exemple dans (1929e), p. 108.

³ Gens J.C. (2002), pp. 47-48 et Ash M. (1995), pp. 72-73.

⁴ Dilthey W. (1883, 1992), pp. 209-210.

⁵ Ringer F. (1968, 1990), pp. 379-380.

⁶ Ash M. (1995), p. 73 et pp. 289-290.

⁷ Bertalanffy M. von (1973), p. 34.

⁸ Bertalanffy L. von (1930c), notamment pp. 131-132.

psychologies holistiques. Ehrenfels demeurait certes partiellement fidèle à l'associationnisme. Il montra néanmoins que la perception ne peut être comprise seulement en termes de sensations élémentaires, mais aussi en termes de relations, de configurations structurant ces éléments. Si deux mélodies sont reconnues comme identiques bien que leurs notes soient jouées dans différentes clés, c'était selon lui parce qu'il y aurait une essence commune aux deux se trouvant non dans leurs notes spécifiques, mais dans leur ordre : ces formes musicales devaient être « différentes de la somme de leurs éléments » et posséder ce qu'il appela une « qualité formelle » [*Gestaltqualität*], qui se superposerait à la coexistence et à la succession des sensations isolées et serait « transposable » à d'autres ensembles de sensations, tout en n'étant pas moins qu'elles une réalité perceptive. Ehrenfels ne tenait pas la « qualité formelle » pour un facteur mental que l'esprit surimposerait à la réalité, qu'il projetterait sur les données des sens, mais pour un principe d'ordre indépendant que l'esprit découvrirait immédiatement dans la réalité. Il alla jusqu'à en faire un principe cosmique et parla de « qualité formelle d'ordre supérieur », suggérant l'application de ce concept à des phénomènes sociaux tels que le mariage et la guerre, et à d'autres problèmes tels que celui de la « race »...

Ehrenfels resta toutefois obscur sur la nature de ces « qualités » échappant aux catégories du « physique » et du « psychique »¹. Il revint aux « psychologues de la *Gestalt* » de développer ses idées. Un développement qui attira très tôt le plus vif intérêt de Bertalanffy : il émaila plusieurs de ses premiers essais d'allusions et de commentaires globalement favorables des travaux de ces psychologues, en particulier de ceux de Wolfgang Köhler². Le Viennois établit dès ses premiers écrits (en s'en félicitant) une correspondance entre le développement de leur psychologie et les métaphysiques émergentistes et holistiques anglo-saxonnes, mettant même en équations leurs vocabulaires respectifs – les principaux termes de « *Gestalt* » et de « somme » étant tenus pour des synonymes respectifs d'« émergent » et de « résultant »³.

1-4-4-3 – La « psychologie de la Gestalt »

Köhler, qui fut probablement le plus important des « gestaltistes » ne serait-ce que parce qu'il donna à cette « école » une base institutionnelle en étant nommé directeur du département de psychologie de l'université de Berlin en 1921, a bien résumé en des termes imprégnés de l'anti-mécanicisme typique de l'époque l'esprit qui animait la psychologie en question. Laquelle, née au début des années 1910, eut en Allemagne et en Autriche une influence considérable sur la pensée holistique en général, jusqu'aux années 1930 :

Il y avait un grand soulagement – comme si nous nous échappions d'une prison : la psychologie telle qu'enseignée dans les universités alors que nous étions étudiants. A l'époque, nous avons été choqués par la thèse posant que tous les faits psychologiques (et non seulement ceux de la perception) consistent en atomes inertes non reliés et que les facteurs qui combinent ces atomes et induisent ainsi l'action sont des associations formées sous l'influence d'une simple contiguïté. Nous avions dérangés l'absurdité complète de cette image et l'implication que la vie humaine, apparemment si chamarrée et intensément dynamique, est en réalité chose horriblement ennuyée⁴.

Les « psychologues de la *Gestalt* » ne cachèrent pas les influences sur leurs conceptions de Wundt et Stumpf (qui les amenèrent à embrasser une compréhension naturaliste de la psychologie l'intégrant aux sciences de la nature), mais aussi celles d'Ehrenfels, Bergson, James et peut-être plus encore (en dépit de ce qui pourrait sembler être une contradiction avec leur naturalisme) celle de Dilthey, dont certains se réclamèrent explicitement⁵. Ils développèrent aussi leurs idées sur des bases expérimentales, inaugurées par des études sur le mouvement stroboscopique effectuées en 1912 par Max Wertheimer⁶. Il s'agissait pour ce dernier de mieux comprendre ce qu'il appela le « phénomène *phi* », pour lequel on ne disposait alors d'aucune explication satisfaisante ; c'est-à-dire le mouvement continu apparent perçu en conséquence de stimuli lumineux discontinus produits par l'éclairage à

¹ Ehrenfels C. von (1890). Voir aussi Harrington A. (1996), pp. 27-28 et pp. 108-109 ; Ash M. (1995), pp. 88-90.

² Notamment (1926a), p. 414, dont il est remarquable qu'elle constitua sa première publication en biologie. Dans la seconde partie, nous observerons Bertalanffy s'approprier le vocabulaire même des « gestaltistes ».

³ Bertalanffy L. von (1929a), p. 84 et (1932b), pp. 90-95.

⁴ Köhler W. (1959), in Harrington A. (1996), p. 103.

⁵ Ash M. (1995), pp. 69-70 et p. 72 ; Harrington A. (1996), pp. 114-115 ; Andler D. et al. (2002), p. 707.

⁶ Köhler W. (1929, 2000), p. 128. Ash M. (1995), pp. 125-131.

intervalles de temps très brefs d'un objet. Ce phénomène soumettait à dure épreuve le modèle « associationniste » puisqu'il mettait en évidence la perception d'un mouvement « en soi », sans changement de position de l'objet éclairé. Il révélait la possibilité d'une forme perceptive indépendante de sensations individuelles, « atomiques », qui, selon la psychologie « associationniste » auraient dû leur être sous-jacentes ; c'est-à-dire encore « d'ensembles sensoriels continus apparaissant en l'absence de toute unité physique correspondante »¹. L'originalité de Wertheimer fut d'accepter l'*objectivité* de ce phénomène, alors que conformément au paradigme alors dominant, il n'aurait pas même dû exister. Il fallait plutôt selon lui renouveler de fond en comble les schémas interprétatifs de la psychologie de la perception, donc cesser de penser les sensations comme pré-existant aux formes perçues et les structurant.

Pour Wertheimer et ses collaborateurs, les perceptions ne seraient pas des représentations émergeant par association d'une mosaïque de sensations isolées, mais au contraire des « *Gestalten* », des totalités structurées immédiatement perçues en tant que telles² :

Nous dirons qu'au lieu de réagir à des stimuli locaux par des événements locaux et sans rapports mutuels, l'organisme répond au *modèle* de stimuli auxquels il a été exposé et que cette réponse est un processus unitaire, un tout fonctionnel qui donne, dans l'expérience, un ensemble sensoriel bien plutôt qu'une mosaïque de sensations locales³.

Les psychologues de la *Gestalt* adoptèrent une position aussi originale que problématique, qui ne s'opposait pas moins aux constructivismes d'inspiration kantienne qu'aux empirismes : en effet, les formes perceptives ne résultaient pas plus pour eux d'un ordre surimposé par la pensée que de la simple conjonction de « données » sensorielles. Ils tenaient l'organisation sensorielle pour « un fait primaire qui prend naissance dans la dynamique élémentaire du système nerveux », comprenant la perception comme d'emblée structurée en fonction de l'état de l'ensemble du système nerveux, et les totalités perçues comme des « corrélats directs de l'expérience des stimuli » (selon l'expression de Kurt Koffka)⁴ :

Le système nerveux répond à une situation, d'abord par des événements sensoriels, de caractère dynamique et qui lui sont particuliers en tant que système ; il répond donc, soit dit en d'autres termes, par l'organisation et ensuite par un comportement qui dépend des résultats de l'organisation [...] Le fait que l'organisation repose sur les relations entre les stimuli locaux rend évident que l'organisation ne peut pas être comprise en termes de processus locaux en tant que tels. Les faits locaux, indépendants, diffèrent absolument des relations formelles qui peuvent s'établir entre eux⁵.

Leur point de vue holistique se marquait d'emblée en ce qu'ils caractérisaient la *Gestalt* par ce que Köhler appela le « premier critère d'Ehrenfels » : la « supra-sommativité » [*Übersummativität*]. Une *Gestalt* était définie comme « un état ou processus », ou encore une « configuration » [*Gebilde*], « dont les propriétés et effets caractéristiques ne peuvent être dérivés des propriétés et effets de leurs soi-disantes 'parties' », et n'en sont donc pas une « résultante »⁶. Les « parties » d'une *Gestalt* seraient soumises à la logique de la totalité, qui les transcenderait : elle constituerait une configuration dans laquelle « ce qui survient dans le tout ne dérive pas de la nature des diverses parties individuelles ni du mode de leur conjonction, mais où au contraire le processus qui affecte chaque partie de ce tout est déterminé par les lois structurales propres à ce dernier »⁷. Remarquons d'ailleurs que le terme « *Gestalt* », souvent traduit simplement par celui de « forme » et qui le serait déjà mieux par l'expression « forme structurée », peut aussi bien l'être par les termes de « totalité » et de « système » : Meyer-Abich et Bertalanffy le tinrent ainsi explicitement pour un synonyme du terme *Ganzheit* [« totalité »]⁸, le second en faisant toutefois aussi un synonyme du terme *Systemzustand* [« état systémique »]⁹. La *Gestalt* était opposée à la « somme », définie comme une collection de traits ou de

¹ Köhler W. (1929, 2000), p. 161.

² A德勒 D. et al. (2002), pp. 1075-1076.

³ Köhler W. (1929, 2000), p. 109.

⁴ Koffka K., in Ash M. (1995), p. 143.

⁵ Köhler W. (1929, 2000), pp. 170-172 et p. 204.

⁶ Köhler W. (1920, 1924), p. IX et pp. 34-35.

⁷ Wertheimer M. (1924), in Ringer F. (1968, 1990), p. 377 et in Monnoyer J.M. : présentation de Köhler W. (1929, 2000), p. III.

⁸ Bertalanffy L. von (1929b), p. 84.

⁹ Bertalanffy L. von (1929a), p. 89. Voir Piaget J. (1968), p. 48 pour la synonymie avec le terme « structure ».

composants entre lesquels n'existeraient que des « liaisons additives » [*Und-Verbindungen*], une expression forgée par Wertheimer pour désigner le fait que dans ce type de collection, un trait ou un composant peut être ôté ou modifié sans altérer les propriétés de l'ensemble ni des autres traits ou composants¹. Il ne s'agissait donc plus comme chez Ehrenfels de faire de la *Gestalt* une simple « qualité » additionnelle adjointe aux processus ou configurations étudiés : on avait ici affaire à une ontologie holistique véritable, où « l'intérêt s'était déplacé des qualités aux faits de l'organisation »². Et c'est assez naturellement, j'y reviendrai un peu plus loin, en s'inspirant de la physique des champs que les psychologues de la *Gestalt* furent amenés à forger leurs concepts fondamentaux, contre toute la tradition « associationniste » :

[Ce que l'on appelle organisation de l'expérience sensorielle] renvoie au fait que les champs sensoriels ont en un certain sens leur propre psychologie sociale. Ces champs n'apparaissent ni comme des contenus uniformément cohérents ni comme des types d'éléments privés de rapports mutuels. Ce que nous percevons en réalité, ce sont, en premier lieu, des entités spécifiques comme les choses, les figures géométriques, etc., et aussi des groupes dont ces entités sont parties intégrantes. Ce qui démontre l'action de processus par lesquels le contenu de certaines surfaces est unifié et en même temps isolé de son environnement. La théorie mécaniste, avec sa mosaïque d'éléments séparés, est, naturellement, incapable de traiter en ce sens de l'organisation³.

Le schème behavioriste ne fut pas épargné par leurs critiques, du fait de sa négligence de l'organisation du « champ perceptif ». Köhler développa à ce sujet un thème « organismique » que j'ai déjà évoqué dans ses origines et développements philosophiques aux 1-3-2-2 et 1-4-3-4 avec le schème d'« activité primaire » et l'idée d'une « transformation holistique du concept de causalité », un thème très « bertalanffien » que nous retrouverons encore aux 1-4-5-5 et 1-4-5-6 dans le contexte des biologies contemporaines :

La formule stimulus-réponse [...] est fallacieuse. Elle ignore le fait qu'entre le stimulus et la réponse viennent s'insérer les processus d'organisation⁴.

L'un des apports très importants des psychologues de la *Gestalt* dans l'histoire du projet de « systémiologie générale » fut leur formulation de ce que Wertheimer appela des « lois de *Gestalt* », susceptibles d'être corroborées et précisées par des méthodes expérimentales. Ces « lois » exprimaient en fait des principes généraux d'organisation du « champ » perceptif ; formulées initialement pour la perception visuelle, leur spectre de validité ne tarda pas à avoir pour vocation d'être progressivement étendu à tous les phénomènes perceptifs. Ainsi le principe du « fond » énonçait-il que tout champ perceptif peut être dissocié en une forme [*Gestalt*] et un « fond » dont elle se détache, la « frontière » de la *Gestalt* appartenant à celle-ci et non au « fond ». La « loi de clôture » posait la tendance de toute région fermée dans un champ perceptif à être perçue comme une *Gestalt* plus facilement qu'une région ouverte. Celle de « proximité », la tendance à regrouper en premier lieu les régions du champ perceptif les plus proches les unes des autres. Celle de « bonne continuité », la tendance à instaurer une continuité entre parties discrètes d'un champ perceptif et à les percevoir comme formant une *Gestalt*. La « loi de similitude » énonçait la tendance, dans le cas où des régions du champ sont éloignées, à repérer les régions présentant le plus de similitudes afin de percevoir une *Gestalt*. Toutes ces « lois » et d'autres encore étaient conçues comme des conséquences de la principale « loi de *Gestalt* » : la « loi de prégnance », selon laquelle le champ perceptif et les objets qui s'y trouvent tendraient spontanément à se structurer de la manière la plus simple, régulière et stable possible⁵.

Cette dernière « loi » traduisait une volonté de faire d'un « principe de stabilité » le pivot de la psychologie de la perception – et de la psychologie en général. Alexander Herzberg, un psychologue proche des « gestaltistes » dont Bertalanffy reconnut l'influence précoce sur la formation de ses propres idées⁶, en témoigna dans un article publié en 1929. Il chercha en effet à y montrer que la psychologie de la *Gestalt* (comme la psychanalyse avec son principe de « relaxation des tensions », et

¹ Köhler W. (1920, 1924), pp. 42-43.

² Köhler W. (1929, 2000), p. 183.

³ *op. cit.*, p. 126.

⁴ *op. cit.*, p. 205.

⁵ Ash M. (1995), notamment pp. 224-225 ; Harrington A. (1996), p. 115 ; Andler D. et alii (2002), p. 1078.

⁶ Bertalanffy L. von (1968, 1973, 1993), p. 11.

ce en dépit de leurs divergences) participait d'un mouvement général de la psychologie esquissant peut-être enfin les contours de son unification : celui d'une « convergence vers le principe de stabilité », selon lequel « tout événement dans la nature inanimée comme dans la nature animée aboutit à un état stationnaire en l'absence de perturbations extérieures », c'est-à-dire un état de « constance des propriétés d'un système en dépit du changement de ses parties »¹. Kurt Lewin, l'un des « gestaltistes » majeurs, put ainsi écrire que « les processus psychiques (et d'une manière générale les processus biologiques, physiques, économiques et autres) sont fréquemment dérivables de la tendance à aboutir à un équilibre »². Köhler posait de même comme principe général la tendance inhérente aux systèmes dynamiques à établir spontanément une « distribution ordonnée » correspondant à un « équilibre de forces », parlant à ce sujet de processus d'« auto-distribution dynamique »³. Dans son article, qui retint l'intérêt de Bertalanffy, Herzberg insistait sur « la grande signification prise par le principe de stabilité dans la science moderne » dans des domaines très divers (physique, chimie, paléontologie, psychologie...). Et il est à la fois logique et remarquable qu'il ait explicitement mentionné Spencer, Fechner et Petzoldt comme ses principales ascendances intellectuelles⁴ : il ne faisait au fond qu'exprimer une réactivation et une appropriation par certains psychologues de l'un des thèmes majeurs, examiné aux 1-4-1-7 et 1-4-1-8, de la vieille *Naturphilosophie* du « *Hen kai Pan* ».

Plus encore peut-être que la formulation de « lois de *Gestalt* », c'est l'extension progressive du spectre des approches « gestaltistes » qui doit retenir l'attention eu égard à la genèse du projet de « systémologie générale ». En effet, la psychologie de la *Gestalt* ne demeura pas confinée à l'étude de la perception. Sa portée fut d'abord rapidement étendue à l'ensemble de la psychologie, qu'il s'agisse de l'apprentissage, de la mémoire, de l'intuition, des émotions ou du comportement social⁵. Köhler l'étendit dès ses premiers travaux à la psychologie de l'intelligence : dans une longue étude publiée entre 1917 et 1921 concernant les singes supérieurs, il décrivit ainsi l'acte intelligent comme une réorganisation soudaine du « champ perceptif » dans le sens des « meilleures formes »⁶. Remarquons que ce « *Gestalt switch* », comme sera qualifié par la suite un tel « basculement de configuration », fit fortune dans la philosophie des sciences de Thomas S. Kuhn près de quatre décennies plus tard, avec sa fameuse interprétation des révolutions scientifiques comme des basculements de « paradigme »⁷... longtemps après que Fleck, dont il faut rappeler l'influence sur Kuhn, se soit approprié le concept de *Gestalt* pour caractériser un type de perception du réel propre à un « style de pensée » déterminé⁸. Par ailleurs, tandis que Koffka cherchait à étendre la perspective « gestaltiste » à la psychologie du développement, le concept de *Gestalt* au problème de l'action, Lewin orienta ses travaux vers sa mise en œuvre dans l'étude de la dynamique des groupes et des conflits sociaux⁹.

L'important ici est qu'il ne s'agissait jamais pour les « gestaltistes » de succomber aux tentations du holisme métaphysique intégral, en dépit de l'ubiquité qu'ils conféraient à leurs concepts. L'utilisation du terme « *Gestalt* » était certes pour ainsi dire en soi une référence au Romantisme dans la mesure où, comme le souligna Krüger, il fut « l'expression favorite de Goethe, Schiller et leurs compagnons intellectuels [*Mitstreber*] »¹⁰. Leur postulat fondamental d'une structuration immanente de la réalité expérimentée était certes lui aussi en accord avec la *Naturphilosophie* romantique. Mais il ne s'agissait nullement pour eux de faire partie du cortège de ceux qui mettaient le holisme au service de l'irrationalisme « *lebensphilosophisch* » : il s'agissait au contraire d'en faire le véhicule d'une nouvelle rationalité scientifique, d'un « ré-enchantement rationnel du monde »¹¹. S'il fallait bien pour eux restaurer la psyché humaine dans son intégrité et son unité avec la nature, tout holisme métaphysique, en manquant « l'existence de *Gestalten* soumises à des lois naturelles

¹ Herzberg A. (1929), pp. 239-241, pp. 244-257.

² *op. cit.*, p. 254.

³ Köhler W. (1929, 2000), pp. 137-138.

⁴ Herzberg A. (1929), pp. 240-243.

⁵ En particulier : Köhler W. (1929, 2000), pp. 211-364.

⁶ Voir par exemple Piaget J. (1968), p. 51.

⁷ Bien que mettant en garde contre certaines erreurs d'interprétation qu'elle pourrait induire, Kuhn se référa d'ailleurs explicitement à la notion de *Gestalt switch* : Kuhn T.S. (1962, 1983), pp. 124-125. Voir aussi Andler D. et al. (2002), pp. 1091-1096.

⁸ Cremer T. (1985), p. 359.

⁹ Ash M. (1995), pp. 143-144; Harrington A. (1996), pp. 115-116.

¹⁰ Krüger F. (1930, 1953), p. 155.

¹¹ Ash M. (1995).

scientifiquement déterminables », ne pouvait à leurs yeux que desservir la pensée holistique en général, favorisant en dernière analyse son antithèse. Köhler écrivit en ce sens, dans une perspective qui concernait toutes les sciences de la nature et où l'on peut être tenté de percevoir des traces des critiques de James au holisme métaphysique hégélien¹ :

Une vision du monde physique serait que la nature consiste en liaisons additives de parties indépendantes, dont l'ensemble purement additif constitue le réel. Une seconde vision, opposée, serait qu'il n'y a pas dans la nature de parties indépendantes, mais que tous les états et processus n'ont de réalité qu'en relation avec la totalité du monde, les « parties » n'étant que des produits de l'abstraction. Le premier énoncé est totalement faux ; mais le second constitue plus un obstacle à la compréhension du principe de *Gestalt* qu'il ne la favorise [...] Si la construction romantique-philosophique [i.e. le holisme métaphysique du second énoncé] était vraie, la valeur de la plupart des découvertes et lois des sciences de la nature devrait être peu estimée, dans la mesure où elles ne prennent pas en compte la liaison universelle du monde [*universalen Weltzusammenhang*] [...] La thèse romantique est sans contenu, elle est même plutôt tout simplement trompeuse [...] « Tout dépend de tout » : il ne s'agit pas là d'un énoncé indiquant les propriétés spécifiques de ce qui est observé et d'un point de vue ou d'un autre précieuses, ou qui contribuerait beaucoup à leur compréhension [...] Nous n'aurions aucune science de la nature si cette thèse approximative avait une signification réelle [...] Le danger tient à ce qu'on ne peut prendre au sérieux une thèse aussi générale et indéterminée, que personne ne pense donc en tirer des conséquences au sens positif [...] Et] que dès lors soit l'on aboutit à un scepticisme romantique, soit l'on en revient en pratique à l'hypothèse que le monde consiste en parties indépendantes et à leurs liaisons additives².

Les « gestaltistes » admettaient que la pensée méristique est un produit naturel de notre expérience du monde et non un artefact de la seule vision mécaniciste, dans la mesure où les choses expérimentées ne s'y dissolvent pas en flux continus. Ils ne niaient pas non plus l'utilité de l'analyse, Köhler se défendant d'ailleurs d'une telle intention en insistant sur la « compatibilité de l'interaction fonctionnelle dans un champ donné avec une ségrégation relative » de ses régions³. Mais ils considéraient que le processus, le flux, la structuration dynamique, sont ontologiquement et épistémologiquement premiers et que tout arrangement d'objets fixes et individualisés n'a d'existence que relative à eux. Et que si la sélection d'une portion de l'univers est nécessaire pour rendre possible la recherche scientifique, l'existence objective de *Gestalten* impose des limites au caractère au moins dans une certaine mesure arbitraire d'une telle sélection⁴.

Le point de vue naturaliste des « gestaltistes » n'allait pas sans difficultés. L'hypothèse sous-jacente, sorte d'avatar de l'« harmonie préétablie » leibnizienne, d'une « corrélation directe » entre les *Gestalten* perceptives et les processus expérimentés eux-mêmes, c'est-à-dire entre structuration de la perception et structuration « en soi » du monde, restait d'autant plus à justifier que le contexte favorable à l'idéalisme ne l'était pas à sa réception. C'est à cette tâche que furent pour l'essentiel voués les travaux de Köhler. Ils doivent être examinés ici, en dépit du fait qu'ils dépassaient largement le cadre de la psychologie : la finalité en était en effet de fournir des fondements solides à la psychologie de la *Gestalt*, étant entendu que la visée ultime de celle-ci était à son tour de reformuler les principes de la connaissance⁵. Leur importance pour mon propos est que Bertalanffy y trouva une bonne part de l'inspiration de son projet de « systémiologie générale ». Il est clair que les travaux des « gestaltistes » en général et de Köhler en particulier ont profondément influencé Bertalanffy dès la seconde moitié des années 1920. Non seulement il les commenta (d'une manière certes critique, mais globalement favorable) dans plusieurs de ses premiers écrits⁶, mais il fit personnellement à cette époque la connaissance de Köhler et de Lewin au cours de sa fréquentation occasionnelle des séminaires de la « société de philosophie empirique » dirigée par Hans Reichenbach (ses séjours à Berlin semblent avoir été fréquents entre 1929 et 1931)⁷. Il compta même un moment se faire habilitier

¹ Philips D.C. (1972), p. 475. La critique de James était que dans la logique holistique poussée à l'extrême, il faudrait connaître tout sur la totalité pour connaître quelque chose sur l'une de ses parties ; l'absurde étant que tout devrait être connu avant que quoique ce soit ne le soit.

² Köhler W. (1920, 1924), pp. 153-157.

³ Köhler W. (1929, 2000), p. 172.

⁴ Ash M. (1995), pp. 175-176.

⁵ Harrington A. (1996), p. 177.

⁶ Par exemple dans Bertalanffy L. von (1926a) et (1930a), p. 44.

⁷ La mention de ces voyages apparaît dans sa correspondance avec Woodger. Par exemple lettre de Bertalanffy L. von à Woodger J.H. (24/01/1930) : il y évoqua son retour de Berlin en annonçant qu'il y retournerait en mars.

auprès de Köhler¹. Ce n'est pas un hasard si Bertalanffy reconnu après-guerre à ce dernier le mérite d'avoir été un « précurseur » de son projet « systémologique »² : certains aspects de la « théorie de la *Gestalt* » que le psychologue allemand chercha à développer sont très significatifs à cet égard.

1-4-4-4 – L'ébauche d'une « théorie générale de la *Gestalt* » par Wolfgang Köhler

La « stratégie » suivie par Köhler consista à se tourner dans un premier temps vers le monde purement physique afin d'y démontrer là aussi l'existence de *Gestalten*, dans un traité publié en 1920 et intitulé « Les *Gestalten* physiques au repos et à l'état stationnaire ». De son aveu même, c'est sous l'influence de Planck (avec lequel il eut des contacts directs) et par sa lecture des écrits de Maxwell que Köhler se forgea très tôt la conviction de l'existence de « connexions cachées entre la pensée innovatrice de Wertheimer en psychologie et la pensée des physiciens en physique des champs »³. Il remarqua déjà que la physique moderne fournissait nombre d'énoncés ayant en réalité un caractère holistique, et ce depuis ses débuts. Ainsi y avait-il déjà selon lui dans le vieux « théorème des forces vives » de Christiaan Huyghens une « loi totale dynamique [*dynamisches Totalgesetz*] pour le comportement du système dans son ensemble » ; quant au second principe de la thermodynamique (énonçant l'accroissement d'entropie dans les systèmes fermés), il lui voyait un trait holistique en ce sens qu'il « prescrit pour le système ce qui doit arriver aux parties, et non le contraire »⁴.

Dans son traité, Köhler s'efforça principalement d'exhiber des exemples de systèmes physiques satisfaisant à ce qu'il appelait les « deux critères d'Ehrenfels », supposés ensemble nécessaires et suffisants pour définir une *Gestalt* : le critère « nécessaire mais non-suffisant » de « non-sommativité » (l'existence de propriétés du système qui ne sont pas la « résultante » de celles de ses parties), incluant l'exigence (selon lui constitutive de la définition d'un système) que chaque partie puisse agir sur les autres (ce qu'il appelait la « proximité fonctionnelle ») ; et le critère « suffisant mais non nécessaire » de « transposabilité », c'est-à-dire la conservation d'un ordre spécifique de relations en dépit du changement des parties (par exemple une mélodie, ou la constance des proportions entre composants dans un équilibre chimique)⁵. Köhler analysa à cette fin les événements et états « stationnaires » qui se manifestent en électrostatique, dans les phénomènes de diffusion et ceux de flux de chaleur ou hydrodynamiques – « stationnaire » référant à la situation d'un système qui, partout en son sein, « subit continuellement un même processus, mais dont aucune propriété systémique [*Systemeigenschaft*] n'est pour autant modifiée » (tel l'équilibre chimique, où les proportions entre concentrations demeurent constantes)⁶. Il exhiba d'abord dans le domaine de l'électrostatique ce qu'il appelait des « *Gestalten* fortes », c'est-à-dire des systèmes dont la structuration est fonction d'une forme exogène et où la dépendance entre parties est si forte que toute altération de l'état de l'une d'entre elles affecte toutes les autres ; des systèmes n'ayant donc à vrai dire aucune « partie » au sens strict selon Köhler, mais seulement des « moments de structure » (un concept repris de Husserl⁷) qui se soutiennent mutuellement et « ne sont logiquement pas prioritaires sur la structure totale ». Il montra que tel est le cas de la distribution de charge dans un conducteur, qui a une configuration déterminée dépendante de la « topographie » (la forme) du conducteur, mais indépendante du matériel utilisé et de la quantité totale de charge impliquée. Il montra de plus que les champs électriques qui accompagnent de telles distributions de particules chargées satisfont eux aussi aux « critères d'Ehrenfels ». Il était impossible de reconstruire discrètement de telles *Gestalten*, par exemple en introduisant des particules chargées dans différentes régions du conducteur : la charge se redistribuerait alors immédiatement sur toute la surface du conducteur, cette distribution prenant spontanément une structure caractéristique que Köhler appelait sa « structure propre » [*Eigenstruktur*], laquelle ne pourrait être pensée comme la composition des « structures propres » caractérisant ses

¹ Hofer V. (2000), pp. 153-154. Voir aussi Ash M. (1995), p. 256.

² Par exemple dans Bertalanffy L. von (1945), p. 5 et (1949b), p. 115.

³ Köhler W., in Ash M. (1995), p. 171.

⁴ Köhler W. (1920, 1924), p. 170 et p. 52.

⁵ *op. cit.*, p. 15 et pp. 34-40.

⁶ *op. cit.*, pp. 5-10. Köhler effectuait aussi une distinction entre « stationnaire » et « quasi-stationnaire » que nous retrouverons chez Bertalanffy : dans les processus du second type, de lentes transformations des conditions interdisent en toute rigueur de voir l'événement global comme stationnaire, mais il peut y être assimilé avec une approximation d'autant meilleure que lesdites transformations sont lentes.

⁷ Ash M. (1995), p. 173.

éléments constitutifs¹. Köhler montra que les courants électriques stationnaires, les flux de chaleur ou de fluides, d'une manière générale « tout flux stationnaire », correspondent à des « *Gestalten* fortes ». Un état stationnaire y survient chaque fois spontanément en conséquence d'une dynamique propre au système *en tant que système* et les processus locaux y sont déterminés par son état global². Köhler les distinguait des « *Gestalten* faibles », à savoir des *Gestalten* qui satisfont certes aux « critères d'Ehrenfels », mais qui ne dépendent pas de la « topographie » du système. Par exemple un groupe de conducteurs isolés connectés par des fils métalliques : il s'agit d'une *Gestalt* au sens de Köhler, puisqu'une modification du courant introduit induit un changement dans tout le système ; mais si la « structure propre » de chaque conducteur est ici aussi une fonction des conditions globales du système, leurs relations spécifiques se révèlent localement non influencées par des événements se produisant dans des parties éloignées du système. Köhler insista en particulier sur une différence entre les deux types de *Gestalten* du point de vue des mathématiques utilisées afin de les décrire : si les « *Gestalten* faibles » pouvaient l'être en excellente approximation à l'aide d'équations algébriques linéaires, les « *Gestalten* fortes » ne pouvaient l'être qu'au moyen de systèmes d'équations aux dérivées partielles.

Mais le plus significatif à ses yeux était que malgré les difficultés d'étude des *Gestalten* impliquées par leur nature holistique (les « fortes » étant en particulier détruites ou radicalement transformées au contact des instruments de mesure), elles n'échappaient pas en principe à l'analyse scientifique « exacte »³. Köhler estimait ainsi avoir fourni des arguments décisifs en faveur d'un « holisme scientifique », avoir apporté la preuve qu'une pensée holistique quittant les sentiers à ses yeux stériles de la métaphysique était à la fois justifiée et nécessaire, et ce y compris dans le domaine scientifique à tort supposé soumis de manière inexpugnable au règne d'une pensée méristique. Il pensait en effet avoir mis en évidence des « événements physiques ayant des propriétés de *Gestalt* » ; lesquels ne seraient pas des exceptions, mais bien la règle pour autant qu'on ait affaire à des *systèmes* :

Les systèmes physiques et leurs distributions [*Verteilungen*] se comportent de manière complètement différente des groupements [*Gruppierungen*] (en général sommatifs) de « choses » [*Dingen* »] ; les groupements dans les systèmes physiques sont de nature non additive ; il faut précisément faire la différence entre les distributions d'objets physiques en général – qui peuvent bien être sommatives – et les groupements dans les systèmes physiques [...]

Avec les concepts de pure somme ou de groupement sommatif, il est impossible de traiter de manière suffisante en ce qui concerne les systèmes physiques de ce qui constitue à vrai dire l'objet des sciences de la nature ; on accède même à peine avec eux à la nature de tels systèmes⁴.

Cette tentative de légitimation d'un « holisme scientifique » fondée sur la physique constitua déjà en soi un aspect majeur de l'influence de la « théorie de la *Gestalt* » sur Bertalanffy. Il faut toutefois ici insister plus particulièrement sur un aspect des justifications fournies par Köhler à l'appui de ses thèses, car il constitue ce qui se révélera être l'une des deux sources directes⁵ du concept d'*isomorphisme* tel que mis en œuvre dans le projet de « systémologie générale ». Köhler, comme j'aurai plusieurs occasions de le montrer, ne saurait être tenu pour le premier à avoir formulé ce concept au sens où Bertalanffy lui-même se l'approprié. Il n'en demeure pas moins que ses réflexions à cet égard dans sa « théorie des *Gestalten* physiques » sont presque certainement les premières dont le Viennois eut connaissance, ne serait-ce que pour des raisons chronologiques (Bertalanffy étudia les travaux de Köhler au plus tard en 1925)⁶ ; d'où leur importance pour mon propos.

De quoi s'agit-il ? Du fait que Köhler ait forgé ses convictions et son programme de recherches au contact des écrits de Maxwell, et ce non seulement, comme je l'ai déjà dit, du point de vue de la théorie des champs électromagnétiques proprement dite, mais eu égard à une réflexion bien précise du physicien, qu'il cita et dont il chercha à exploiter la signification dans son ouvrage :

¹ Köhler W. (1920, 1924), pp. 59-61 sur ce concept en particulier.

² *op. cit.*, pp. 41-75 et pp. 133-153, en particulier pp. 141-142.

³ *op. cit.*, pp. 114-133.

⁴ *op. cit.*, p. 50 et p. 166.

⁵ Je montrerai dans ma seconde partie que l'autre source directe en fut l'œuvre d'Alfred J. Lotka, et qu'il y en eut d'autres plus indirectes liées à l'impact des philosophies « phénoménaliste », « néo-positivistes » et surtout « néo-kantiennes » de la connaissance.

⁶ Il discuta brièvement les thèses de Köhler dans un article rédigé début 1926 : Bertalanffy L. von (1926a).

Dans beaucoup de parties de la physique, des équations de la même forme se révèlent applicables à des phénomènes qui sont sans aucun doute de nature très différente [...] Lorsqu'un problème est résolu pour l'un des domaines de recherche concernés, il peut être transféré avec sa solution dans le langage des autres domaines, et les résultats seront encore valides sous leur nouvelle forme¹.

C'était là ce que Maxwell avait qualifié d'« analogie physique », définie comme « la ressemblance partielle entre les lois d'une science et celles d'une autre, qui fait que l'une des sciences peut servir à illustrer l'autre »². Le physicien avait ainsi pointé ce que l'épistémologue Suzanne Bachelard a appelé de manière heureuse le « pouvoir d'information des mathématiques ». L'une de ses réflexions complémentaires éclaire bien la signification profonde de ce pouvoir, précisément celle que Köhler, bien avant Bertalanffy, chercha à mettre au service d'un « holisme scientifique » :

La justesse d'une illustration scientifique vient de ce que les deux systèmes d'idées qui sont comparés l'un avec l'autre sont réellement analogues par la forme ; ou, en d'autres termes, vient de ce que *les quantités physiques correspondantes appartiennent réellement à la même classe mathématique*. Quand cette condition est remplie, l'illustration n'est pas simplement commode pour enseigner la science d'une manière agréable et facile, mais *la reconnaissance de l'analogie formelle entre les deux systèmes d'idées conduit à une reconnaissance des deux, plus profonde que celle qui pourrait être obtenue quand on étudie chacun séparément*³.

En réalité, nous verrons dans la seconde partie que l'origine la plus ancienne de cette idée de la forme mathématique comme classe d'équivalence de phénomènes physiques, qui se retrouva généralisée dans le concept d'isomorphisme de Bertalanffy, apparut dès 1822 chez Joseph Fourier, dans l'introduction à sa *Théorie analytique de la chaleur*⁴. D'ailleurs, le fait est que Maxwell se référa explicitement à Fourier pour l'originalité de son approche de la mathématisation⁵. Néanmoins, c'est à Köhler (et donc pas à Bertalanffy) que semble pouvoir être attribuée l'idée originale que l'on puisse fonder sur de telles classes d'équivalence une *ontologie systémique*. S'appuyant également sur Henri Poincaré, qui s'était tout autant que Maxwell inspiré de Fourier⁶ et avait plus récemment insisté sur l'étroite parenté entre les équations aux dérivées partielles utilisées pour décrire les processus physiques les plus variés⁷, Köhler énuméra de nombreux exemples manifestant la récurrence *a priori* étonnante de l'équation de Laplace⁸, qui lui inspira ces commentaires remarquables :

On doit admettre qu'une équation revenant ainsi en permanence en dépit de la diversité matérielle extrême des états physiques et types d'événements énumérés en détermine à tous quelque chose de physiquement commun [...] Comme toutes les fonctions harmoniques sont des solutions de l'équation [de Laplace], on peut aussi bien se demander si cette équation n'aurait pas un sens intuitivement concevable commun à tous les cas d'application⁹.

Sa réponse fut « naturellement » positive et, à l'en croire, le fil conducteur de sa quête des « *Gestalten* physiques » : de telles récurrences étaient pour lui d'emblée un « signe indicateur » [*Wegzeichen*] de l'existence de « *Gestalten* fortes »¹⁰. Il était somme toute logique dans une perspective holistique de rechercher de telles *Gestalten* là où une même mathématique semblait permettre d'appréhender globalement des entités à extension continue sans les décomposer en une « mosaïque » d'éléments discrets. Néanmoins, si Köhler avait fait des « isomorphismes » une heuristique de ses recherches (et

¹ Maxwell J.C. (1873), in Köhler W. (1920, 1924), p. 118.

² Maxwell J.C. (1890), in Duhem P. (1906, 1997), p. 141.

³ Maxwell J.C. (1870), in Bachelard S. (1979), p. 8. Les italiques me sont propres.

⁴ Fourier J. (1822, 1988), pp. xiv-xij.

⁵ Dhombres J. & Robert J.B. (1998), p. 32 en particulier.

⁶ *op. cit.*, p. 641 en particulier.

⁷ Köhler W. (1920, 1924), p. 118. Comme pour tout ce qui concerne le concept d'isomorphisme, je reviendrai sur les réflexions pertinentes de Poincaré à cet égard dans ma seconde partie.

⁸ Le « laplacien » étant un opérateur différentiel qui, à une fonction Q deux fois différentiable de plusieurs variables, associe la somme de ses dérivées partielles secondes par rapport à chacune de ces variables : par exemple, le « laplacien » ΔQ d'une fonction Q de trois variables x , y et z est $\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 Q}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 Q}{\partial z^2}$. L'équation dite de Laplace est alors de la forme $\Delta Q = 0$. Köhler mentionna comme exemples de phénomènes où de telles équations sont utilisées : la magnétisation des corps sans magnétisme rémanent lorsque des aimants permanents agissent sur eux ; certains cas d'équilibre d'une membrane ; le flux de chaleur stationnaire dans les corps à extension bi- ou tridimensionnelle ; les courants électriques stationnaires dans des corps conducteurs à extension bi- ou tridimensionnelle ; et maintes situations de flux en hydrodynamique.

⁹ Köhler W. (1920, 1924), p. 121 et p. 124. Les italiques me sont propres.

¹⁰ *op. cit.*, p. 117.

anticipait par-là même encore la « systémologie » bertalanffyenne), il n'avait en rien expliqué pourquoi l'« on doit admettre » une connexion nécessaire entre analogies mathématiques et communauté ontologique. Il y avait bien là un geste métaphysique qu'il n'assumait pas comme tel.

Il est quasiment certain que Bertalanffy tira de Köhler son propre usage du terme « isomorphisme ». Le psychologue allemand n'utilisa toutefois pas ce dernier pour référer à une identité de structures entre les mathématisations de phénomènes divers : il l'employa plutôt afin de désigner sa thèse centrale, vers laquelle convergeait toute sa « théorie des *Gestalten* physiques » et qui avait pour vocation de former la clef de voûte de la psychologie « gestaltiste ». Une fois démontrée l'existence de *Gestalten* physiques, il s'agissait pour Köhler d'examiner leur relation avec les *Gestalten* constitutives de l'expérience consciente, plus précisément d'expliquer celles-ci par leurs relations avec celles-là, dans une perspective ouvertement naturaliste. Cette thèse controversée de « l'isomorphisme psychophysique », placée explicitement sous le signe d'une maxime goethéenne déjà citée (« ce qui est au-dedans est au dehors »), concluait déjà son essai sur les « *Gestalten* physiques »¹ et fut argumentée tout au long des années 1920. Je montrerai au 2-1 qu'elle aussi influença Bertalanffy, cette fois quant à l'une des justifications ultimes de son perspectivisme. Si les processus d'« auto-organisation dynamique » se manifestent tant dans l'univers purement physique que dans l'univers psychologique, c'était selon Köhler parce qu'ils correspondent à des propriétés communes à l'esprit et à la nature, lesquelles indiqueraient le caractère inadéquat de tout dualisme posé entre les deux. Johannes Müller avait déjà considéré les événements psychologiques comme des « représentations » d'événements survenant dans le système nerveux. Reprenant cette idée, Köhler postula qu'entre la conscience et les événements psychophysiques n'existe pas une simple corrélation sans relations objectives (thèse du « parallélisme psychophysique »), mais qu'existent bien plutôt des relations exprimant des « propriétés structurales phénoménalement et physiquement réelles ». Les « faits psychologiques » et les « événements mentaux qui leur sont sous-jacents » seraient « semblables dans leurs caractéristiques structurales », et leurs structures seraient « objectivement reliées ». Il y aurait en fin de compte une correspondance intégrale et objective de structures entre les champs physiques, le « champ perceptif » et le « champ nerveux » polysynaptique, qui expliquerait notamment le phénomène d'organisation quasi-instantanée et spontanée des *Gestalten* perceptives :

Un ordre expérimenté est toujours structurellement identique à un ordre fonctionnel dans le déroulement des événements qui lui sont corrélatifs à l'intérieur du cerveau².

Dans un texte ultérieur publié à la fin des années 1930, Köhler, anticipant quelque peu la théorie évolutionniste de la connaissance de Konrad Lorenz (dont j'établirai au 2-1 l'intimité et la réciprocité des relations avec le perspectivisme de Bertalanffy), chercha à justifier son « postulat d'isomorphisme » par l'évolution phylogénétique. S'il est probable qu'il ait là encore influencé Bertalanffy, Köhler effectua cette connexion dans un esprit *physicaliste* étranger à celui du Viennois (et toujours sans mentionner l'origine mathématique du terme d'« isomorphisme »). Nulle part peut-être Köhler ne fut plus explicite à ce sujet :

Les scientifiques ont tant l'habitude de faire divorcer l'homme du monde des faits physiques que toute affinité entre ses fonctions mentales et les opérations de ce monde leur apparaît comme une étrange coïncidence [...] L'homme ne vient pas d'un autre monde ; il est lui-même un enfant de la nature que le physicien étudie. Lorsque nous comparons ses caractéristiques avec celles de la nature, nous devons donc *nous attendre* à trouver des ressemblances. Ce ne sont pas ces ressemblances qui devraient nous surprendre ; au contraire, tous les traits humains n'ayant apparemment aucune contre-partie dans la nature constitueront par leur existence même de sérieux problèmes théoriques [...] Nous devons postuler qu'aucun facteur prenant part à la constitution et aux opérations de l'homme en tant que système vivant n'est d'essence fondamentalement différente des facteurs dont traitent la physique et la chimie [...] Ceci vaut pour les fonctions particulières étudiées par la physiologie [...] et] pour « l'harmonie causale » caractérisant leur interaction avec l'organisme comme tout. Mais la pensée évolutionniste serait incohérente si le même point de vue n'était appliqué aux propriétés structurales et fonctionnelles de la vie mentale [...] Celles-ci] représentent un fait de la nature que le physicien doit inclure dans son système [...] *Le principe de l'isomorphisme psychophysique dérive du principe d'évolution*. L'isomorphisme représente en effet

¹ *op. cit.*, pp. 173-194 principalement.

² Köhler W. (1929, 2000), p. 69.

la seule manière d'interpréter dynamiquement la vie mentale, et de transformer celle-ci en un objet de la physique¹.

Malgré cette orientation physicaliste, la théorie de la *Gestalt* anticipait indéniablement le projet de « systémologie générale », ne serait-ce que dans son esprit. Visant la subsomption sous les mêmes concepts et principes de phénomènes en apparence disparates traités par la psychologie, la physique et, comme on le verra au 1-4-5-12, la biologie, elle apparaissait avec Köhler comme une logique universelle de la « forme » manifestant de manière aiguë ces deux tendances importantes de la pensée allemande contemporaine qu'étaient la promotion de la catégorie de totalité et le souci d'unification de la représentation de la nature (« l'Un et le Tout »). Daniel Andler l'a récemment interprétée ainsi : parce que la forme (*Gestalt*) apparaissait tant dans le monde matériel que dans celui de la pensée, tant du côté de la matière inerte que de celui des organismes vivants, elle détenait « la clé d'une unification de la nature », celle d'une « naturalisation intégrale du réel » ; tout la désignant donc pour devenir le « fondement d'une nouvelle philosophie de la nature »² – une ambition explicite dans le sous-titre de l'essai publié par Köhler sur les « *Gestalten* physiques »³. Telle fut son interprétation dès 1925 par le métaphysicien Carl Fries, qui ne devint pas fortuitement quelques années plus tard un commentateur enthousiaste des travaux de Bertalanffy. Fries montrait aussi combien la théorie générale de la *Gestalt* cristallisait les aspirations au renouvellement épistémologique suscitées par la perte du « point d'Archimède » censé assurer l'objectivité de la connaissance :

Par la preuve que des propriétés essentielles des systèmes physiques ne peuvent être comprises à partir de leurs parties mais manifestent une *Gestalt* a priori, ainsi que Max Wertheimer et Wolfgang Köhler l'ont montré de manière révolutionnaire, de nouvelles voies s'ouvrent à la philosophie de la nature [...] La théorie de la *Gestalt* du monde phénoménal est le premier motif d'une théorie empirique de la connaissance et le substitut de l'inaccessible *Cogito ergo sum* sur lequel Descartes voulait fixer le levier d'Archimède⁴.

1-4-4-5 – Des critiques holistiques de la « psychologie de la *Gestalt* » à la « psychologie de la totalité »

Les efforts des théoriciens de la *Gestalt* pour unifier dans un même cadre holistique la psychologie et la physique, qui culminèrent avec Köhler, s'attirèrent bon nombre de critiques. On reprocha bien souvent à ces théoriciens leur manque de clarté, notamment eu égard aux distinctions parfois jugées indispensables entre les concepts de structure, de totalité, de *Gestalt* et de système⁵. Mais il est symptomatique du *Zeitgeist* que les critiques les plus virulentes et argumentées furent formulées par des avocats tout aussi ardents d'une psychologie holistique. La raison principale en fut bien résumée par le psychiatre et historien de la médecine Walter Riese, lorsqu'il critiqua chez les « gestaltistes » leur réduction de l'expérience psychologique à un « champ » impersonnel et leur ignorance de « la synthèse goethéenne », qui « unifie l'expérience en une totalité ou *Gestalt* faisant sens »⁶. Ils étaient effectivement bien souvent non attaqués pour leur holisme, mais pour leur supposé dévoiement de l'esprit du holisme : ils se seraient approprié des termes typiquement goethéens et en auraient perverti le sens ; ils prétendaient avoir fourni une approche « synthétique » de la vie mentale et les bases d'une vision unifiée du monde, mais auraient négligé la plupart des dimensions significatives de l'expérience humaine. Le physicalisme de Köhler était en particulier dénoncé comme une insulte à l'autonomie de la psyché et donc de la psychologie, qui ne pouvait livrer qu'une vision « réactiviste » du sujet. Et au lieu d'être le support d'un « ré-enchantement du monde », leur prétendu holisme apparaissait pour ainsi dire à beaucoup comme le comble de son « désenchantement ».

Parmi les critiques constructifs de la psychologie « gestaltiste » se trouvait le psychologue viennois Karl Bühler, dont Bertalanffy fit la connaissance personnelle à la fin des années 1920 (il fréquenta l'un de ses séminaires), dont l'œuvre l'inspira très tôt et durablement, et dont il resta un ami

¹ Köhler W. (1938), pp. 389-391, p. 393 et p. 396.

² Andler D. (2002), pp. 1053-1054.

³ « Une enquête en philosophie de la nature » [*Eine naturphilosophische Untersuchung*].

⁴ Fries C. (1925/1926), pp. 209-211.

⁵ Par exemple Krüger F. (1926, 1953), p. 106.

⁶ Riese W. (1958), in Harrington A. (1996), p. 123.

jusqu'aux années 1960 (en dépit des vicissitudes de leurs émigrations respectives)¹. Bühler jugea en 1926 que la pensée holistique était en train d'apporter « une libération » et « un air rafraîchissant » à la psychologie, estimant toutefois qu'elle ne pourrait y accomplir sa « mission historique » qu'en se « purifiant » et en se débarrassant des « vains espoirs » que certains tendaient à y placer². Bühler insista alors sur la nécessité de dépasser les clivages introduits dans la discipline par les approches « associationnistes », behavioristes et socio-historiques (au sens diltheyen du terme *geisteswissenschaftlich*), chacune ayant sa part de légitimité tout en restant par elle-même très insuffisante ; il fallait selon lui « synthétiser ces approches » afin de dépasser l'état de « crise » engendré par ces clivages, « l'objet de la psychologie » étant précisément « l'unité à laquelle le vécu, le comportement chargé de sens [*sinnvoll*] et leur corrélation aux produits [*Gebilde*] de l'esprit objectif appartiennent en tant que moments constitutifs »³. A ses yeux, le « mérite du point de vue holistique » des « psychologues de la *Gestalt* » était d'avoir montré la « fécondité » potentielle d'une « pensée structurale » [*Strukturgedanken*] en psychologie. Mais, tout en insistant lui aussi sur la nécessité de généraliser effectivement celle-ci par-delà le seul problème de la perception, il considérait que les « gestaltistes », tout autant que la psychologie « associationniste » et le behaviorisme, négligeaient de toute façon le « sens » et la « valeur » qui, aux côtés de la « structure », constitueraient « les trois problématiques de la psychologie théorique »⁴. Bühler, qui s'exclamait « assez du physicalisme ! » contre toutes ces tendances réductionnistes, rejetait ce qu'il appelait le « monisme structural » d'un Köhler, considérant qu'il manquait de justifications et qu'il ne pourrait en tout état de cause jamais rendre compte des « multiples degrés de liberté » de l'action humaine, de son caractère téléologique, ni de l'émergence de formes toujours plus complexes de comportement au cours de l'évolution, telles que le langage⁵. Ses critiques des « gestaltistes » se concentrèrent d'ailleurs surtout sur la quasi-totale absence de prise en compte du langage dans leur psychologie, alors que sa propre théorie, à cette époque en cours d'élaboration, cherchait justement à mettre en évidence tant le rôle de ce dernier dans la structuration de l'expérience que l'importance de ses fonctions d'« expression » et de « représentation » quant aux problématiques du « sens » et de la « valeur »⁶. Une théorie dont nous verrons au 2-1 qu'elle marqua si fortement Bertalanffy qu'il l'incorpora après-guerre encore dans l'« anthropologie philosophique » qu'il développa à cette époque.

Les critiques les plus virulentes des « *gestaltistes* » vinrent néanmoins d'une autre « école » allemande de psychologie holistique, fondée par Krüger : celle dite de la « psychologie de la totalité » [*Ganzheitspsychologie*]. Ses représentants reprochaient eux aussi aux « gestaltistes » leur physicalisme, dénonçant le « matérialisme » qui les porterait en fin de compte à ne pas conférer à la vie mentale « une valeur propre par rapport au matériel »⁷. Les réponses de Köhler à ce type d'accusation, appuyées sur l'argument du processus de « désubstantialisation » de la physique, n'infirmèrent d'ailleurs guère leur légitimité, dans la mesure où elles réaffirmèrent ses convictions réductionnistes⁸. Krüger et ses disciples attribuaient le biais physicaliste des « gestaltistes » à leur abstraction complète du rôle des sentiments et de la volonté dans la constitution de l'expérience, à leur négligence des processus créateurs des *Gestalten* conscientes expérimentées qu'ils avaient étudiées, *Gestalten* qui émergeraient des sources « pré-logiques » et « irrationnelles » de l'activité mentale. En d'autres termes, le point de vue des « gestaltistes » se révélait selon eux essentiellement « statique » et « non-génétique »⁹. Négligeant en particulier allègrement les relations sociales, plus généralement le

¹ Les références de Bertalanffy à la théorie du langage de Bühler furent récurrentes après-guerre, j'en aurai l'occasion d'y revenir en seconde partie. En ce qui concerne sa fréquentation de l'un de ses séminaires à la fin des années 1920, voir Mayerhöfer J., in Blackmore J. et al. (2001), pp. 129-130. Sa première référence à Bühler se trouve dans (1928a), p. 2. Quant à leur amitié, qui concerna aussi l'épouse du psychologue, Charlotte Bühler (elle-même psychologue), voir la correspondance entre Bertalanffy et celle-ci (*Archives du B.C.S.S.S.*)

² Bühler K. (1926), p. 499.

³ *op. cit.*, p. 466. Voir aussi pp. 485-486.

⁴ *op. cit.*, pp. 496-499.

⁵ *op. cit.*, pp. 501-505.

⁶ Ash M. (1995), pp. 315-316.

⁷ Krüger F. (1926, 1953), p. 108; voir aussi Harrington A. (1996), pp. 124-125.

⁸ Ainsi dans Köhler W. (1938), p. 407, où il écrit que le matérialisme ne peut plus, après la physique moderne, être interprété autrement que comme le « postulat fondamental de la science moderne en général que l'homme tant comme organisme que comme agent mental s'est développé à partir de formes inférieures d'organisation », « qu'il descend de la nature inorganique » et qu'il existe entre processus mentaux et faits biologiques les « relations les plus intimes ».

⁹ Krüger F. (1926, 1953), pp. 109-110.

« vécu » et ses fondements, il engendrerait ainsi une nouvelle variante de « psychologie sans âme », au holisme illusoire à force d'être superficiel :

Qui perd de vue le vécu dans son intégralité [*die totale Ganzheit des Erlebens*] brise le devenir individuel tout autant que le devenir social en des morceaux amorphes¹.

Compte tenu de la manière, qui sera étudiée au 2-1, dont Bertalanffy s'appropriâ après-guerre les résultats des « psychologies génétiques » de Jean Piaget et Heinz Werner, il est très probable qu'il partagea le point de vue des « psychologues de la totalité » à cet égard.

Krüger et ses disciples estimaient que l'erreur fondamentale des « *gestaltistes* » tenait en fin de compte à l'insuffisance de leur holisme. Ils pensaient que la réalité expérimentée ne se présente pas comme d'emblée structurée ; « holistiquement diffuse », elle serait une « expérience totale » ancrée dans l'activité inconsciente du sujet, dans ses émotions et sa volonté, qui ne se serait pas encore différenciée et ne constituerait donc pas encore une *Gestalt*. Si Krüger critiqua l'entéléchie de Driesch et surtout son éventuel rôle en psychologie – « une hypostase prématurée qui reste stérile pour la recherche en psychologie »² – il n'en demeure pas moins qu'il importa largement le modèle vitaliste du système « équipotentiel-harmonique » dans sa conception de l'activité mentale. Le concept central de sa « psychologie de la totalité », qui en déterminait la problématique, était celui de « structure », par lequel il désignait le *Gestalter* [« formateur »] dont la *Gestalt* serait le produit, une sorte de « pulsion vers la totalité » [*Drang nach Ganzheit*] analogue à la « pulsion de formation » des vitalistes, qui organiserait l'expérience « diffuse » en une *Gestalt* consciente. Tissée des inclinations, habitudes et « dispositions » particulières du sujet, la « structure » caractériserait la force toujours active mais toujours cachée issue des profondeurs de l'inconscient, dont l'existence ne pourrait qu'être inférée à partir de ses effets, mais qui devrait être postulée afin d'expliquer les différences d'expérience entre individus. Pour les « psychologues de la totalité », celle-ci restait en fin de compte une catégorie métaphysique, et non comme chez les « *gestaltistes* » un trait objectif de l'expérience. Le holisme ne pourrait jamais quitter le terrain de la métaphysique, tout simplement parce que ce terrain lui est consubstantiel ; sans être explicite, Krüger se référait peut-être ici encore à Goethe, qui avait déjà en son temps insisté sur le lien essentiel entre les concepts de totalité et d'infini³ :

La totalité ne se laisse pas complètement définir. Toute définition travaille avec des concepts et présuppose déjà la relation d'un tout à ses parties. Le concept lui-même est une forme particulière, idéale, de totalité. Le problème de la totalité est lié à celui de l'infini ; il ne peut donc, comme ceux de la vérité et de l'existence, être dans une certaine mesure traité que dans un système métaphysique [...] Du point de vue formel, la totalité est une idée de la raison – comme toute idée sur l'infini – et d'un autre côté elle est un concept originel inévitable de l'entendement, une catégorie⁴.

Remarquons que Bertalanffy manifesta en 1928 une vision apparentée quant au concept d'« organisme » : en tant qu'« expression du point de vue téléologique » selon lequel les processus partiels sont « ordonnés vers l'entretien du tout », l'« organisme » ne serait autre en fait selon lui qu'une « forme particulière de pensée », un « concept *primitif* » qui « rend possible la description des phénomènes dans le domaine de la nature vivante »⁵.

Leur concept de « structure » amena les « psychologues de la totalité » à rejoindre le souci diltheyen de comprendre les faits psychologiques en les connectant à l'ensemble de leur environnement socio-culturel, ce que Krüger appelait le « tout de la culture » [*Kulturganzes*]. En conjonction avec l'avènement du nazisme, auquel il chercha ainsi à fournir une légitimité théorique, Krüger en vint même à poser le principe de la subordination absolue de l'individu à la « communauté » organique du « peuple », comprise comme totalité supra-individuelle de nature « bio-psychologique » (au sens où elle aurait une âme et un destin propres fondés sur la race)⁶. Le concept

¹ *op. cit.*, p. 108, ainsi que pp. 102-105. Voir aussi Ash M. (1995), p. 311 et p.317 ; Harrington A. (1996), pp. 125-126.

² Krüger F. (1926, 1953), p. 108.

³ Goethe J.W., in Harrington A. (1996), p. 217 : « Dans chaque être vivant, ce que nous nommons les parties sont inséparables du tout, de telle sorte qu'elles ne peuvent être conçues que dans et avec lui ; et les parties ne peuvent ni être la mesure du tout, ni le tout être la mesure des parties. Ainsi un être vivant fini prend-il part à l'infini ; il porte quelque chose de l'infinité en lui ».

⁴ Krüger F. (1932, 1953), p. 151. Voir aussi (1924, 1953), pp. 125-150 sur le concept de « structure ». Voir par ailleurs Geuter U. (1994), pp. 199-201 et Harrington A. (1995), pp. 126-127.

⁵ Bertalanffy L. von (1928a), p. 80.

⁶ Ringer F. (1968, 1990), p. 381 ; Geuter U. (1994), pp. 205-223.

de « structure » servit d'ailleurs à cette fin *via* une « caractérologie » [*Charakterkunde*] dont il était censé constituer le fondement théorique, qui rejoignait les tentatives de typologie psychologique de Jaspers et Spranger, et fut explicitement élaborée en référence à Goethe. Krüger et ses disciples (en particulier Friedrich Sanders) s'efforcèrent ainsi d'identifier des styles de perception et de cognition auxquels chaque individu pourrait être associé. Leur typologie se divisait en trois groupes principaux : le type « analytique », caractérisé par la prédominance d'une rationalité méristique ; le type « synthétique », gouverné par le sentiment pur et l'intuition et où le principe d'une « fusion holistique diffuse » resterait prédominant ; et le type des individus « aptes à la construction de *Gestalten* » [*gestaltungskräftig*], supposé très rare et supérieur aux deux autres, du fait de leur capacité à synthétiser l'intuition holistique et la rigueur analytique. Krüger suggérant en 1931 que les Allemands possédaient justement ce génie particulier, lequel serait menacé de succomber face aux assauts toujours plus insistants d'une pensée « fragmentée »¹...

Le fait que se trouve dans les restes de la bibliothèque de Bertalanffy le principal essai de Krüger sur sa métaphysique de la totalité² suggère que le Viennois fut familier avec sa pensée et qu'elle contribua à ses réflexions. Mais qu'il n'ait jamais cité Krüger dans ses publications – de même que Spann et manifestement pour la même raison – est un indicateur supplémentaire d'un aspect essentiel de sa pensée : une volonté d'extirper le holisme de sa gangue métaphysique afin de l'ériger en mode légitime d'interprétation scientifique du réel.

1-4-4-6 – Bilan de l'impact sur Bertalanffy de l'avènement de psychologies holistiques

Surtout au cours des années 1924-1932, période qui s'étend du début de ses études doctorales à la publication de sa thèse d'habilitation, les divers développements quasiment contemporains et très discutés à l'époque de psychologies holistiques jouèrent un rôle éminent dans l'élaboration des conceptions fondamentales de Bertalanffy. Ce rôle tient d'une manière générale au fait que le Viennois put y observer l'épanouissement d'un holisme qui, loin de se cantonner aux spéculations métaphysiques, parvenait à se muer en schème d'interprétation scientifique opérationnel et fécond, et de ce fait à rendre crédible le holisme comme forme alternative de rationalité scientifique. Les psychologues de la *Gestalt* furent bien sûr ici sa principale source d'influence, ce qui n'implique pas qu'il ait pleinement adhéré à l'approche qu'ils développèrent : il acquiesça à une bonne part des critiques qui leur furent adressées par d'autres psychologues d'inclination holiste tels que Bühler et Krüger, qu'il s'agisse de leur négligence du langage et des valeurs, de leur physicalisme ou de leur absence de prise en compte des processus psychogénétiques et du contexte socio-culturel.

De la psychologie de la *Gestalt* en général, Bertalanffy retint surtout la formulation de principes d'organisation généraux (les « lois de *Gestalt* ») susceptibles d'être mis en œuvre dans l'ensemble des domaines de la psychologie : nous verrons au 2-3 que c'est ce type de formulation qu'il s'efforça de transposer en biologie. Il est par ailleurs certain, je le montrerai par la même occasion, que la tendance à faire d'un principe de stabilité tel que la « loi de prégnance » le pivot de la psychologie inspira directement la formulation de ses propres principes « organismiques » ; car si l'impact à cet égard des *Naturphilosophen*, en particulier de Fechner, a déjà été souligné, il est certain aussi que l'originalité de la vocation scientifique de cette tendance rendit le Viennois enclin à lui attribuer une portée considérable.

Néanmoins, c'est surtout la position développée – par-delà la psychologie – par Köhler qui joua un rôle éminent dans la genèse du projet de « systémologie générale » ; le fait que Bertalanffy ait cherché à se faire habilitier auprès du chef de file des « *gestaltistes* » en dit long sur l'attrance qu'il éprouvait pour ses thèses. Köhler fut certainement l'un des premiers scientifiques auprès duquel Bertalanffy comprit la possibilité d'une compatibilité entre logique holistique et pensée « exacte ». Et il est bien sûr de la plus haute signification que dans sa théorie des « *Gestalten* physiques », le psychologue allemand ait intimement connecté l'ambition d'élaborer une logique universelle de la forme unifiant la représentation de la nature sous l'égide de la catégorie de totalité et la conception – reprise de physico-mathématiciens tels que Fourier, Maxwell et Poincaré – de la forme mathématique comme classe d'équivalence de phénomènes physiques : même si nous en verrons d'autres sources

¹ Krüger F. (1932, 1953), pp. 156-158. Voir aussi Harrington A. (1996), pp. 127-128.

² Krüger F. (1948). *Archives du B.C.S.S.S*

tout aussi importantes, le concept bertalanffien d'« isomorphisme », si essentiel dans sa « systémologie générale », tire une bonne part de son origine de l'effort inédit de Köhler pour fonder sur de telles classes d'équivalence une ontologie systémique. Bertalanffy reprit d'ailleurs de Köhler le terme d'« isomorphisme », même si ce fut en fin de compte pour en détourner le sens puisque le psychologue berlinois ne l'avait pas utilisé à ce propos mais seulement dans le contexte de sa thèse de l'« isomorphisme psychophysique » – une thèse à laquelle le Viennois n'adhérait aucunement.

1-4-5 – *La réaffirmation de perspectives holistiques en sciences biologiques*

La psychologie fut, à l'époque du jeune Bertalanffy, un domaine académique où la volonté de constitution d'un holisme scientifique s'exprima avec vigueur. C'est toutefois dans la science à laquelle il contribua le plus, la biologie, que le Viennois put voir cette volonté s'affirmer le plus largement et avec le plus de diversité. Surtout dans les années 1920 et 1930, les sciences biologiques furent en effet le lieu d'un mouvement dont la vocation était de réhabiliter la légitimité d'approches holistiques et néanmoins non métaphysiquement vitalistes de ce que Bertalanffy appelait les « problèmes de la vie », que ce soit d'une manière générale, à partir de considérations épistémologiques, ou sur un mode spécifique et empiriquement fondé, relatif à des problèmes bien circonscrits. Sept domaines furent plus spécifiquement concernés : l'embryologie, la théorie de l'évolution phylogénétique, la morphologie, la théorie de l'hérédité, l'étude du comportement de l'organisme individuel dans son environnement (soit selon la perspective du système formé par l'organisme et son environnement, soit selon la perspective de l'autonomie acquise par l'organisme par rapport à cet environnement) et, enfin, celle des relations entre espèces biologiques (biocénologie). Après avoir montré comment chacun de ces domaines fut, au cours de la période considérée, investi par des approches et discours holistiques, j'évoquerai les discours plus généraux voués à promouvoir la substitution d'une « biologie holistique » à la « biologie mécaniciste », ou tout au moins la nécessité d'une complémentarité entre ces approches.

Il est utile pour les parties ultérieures de cette étude de souligner que le mouvement en question se développa presque autant dans le monde anglo-saxon que dans le monde germanique, et de préciser les lieux où il le fit, ainsi que ses principales figures. L'Allemagne fut certes le seul pays où il put à cette époque prétendre rivaliser significativement avec une philosophie biologique dominante d'inspiration mécaniciste, sans y être spécialement localisé. Ses principaux représentants, Emil Ungerer, Hans Spemann, Alexander Gurwitsch, Richard Goldschmidt, Jakob von Uexküll, Friedrich Alverdes, Karl Friederichs et Richard Woltereck, travaillaient en effet dans des universités différentes, ce qui ne les empêchait bien sûr pas d'être informés de leurs travaux mutuels. La collection de traités théoriques édités par Schaxel joua un rôle de véhicule important à cet égard. Quant à l'Autriche, qui concernait au premier chef le jeune Bertalanffy, la biologie holistique y eut un fief bien précis, un « institut expérimental de biologie » fondé à Vienne en 1903 : le *Biologische Versuchsanstalt*, appelé aussi *Prater Vivarium*¹. Hans Przibram, un zoologiste formé en biochimie et spécialisé en morphologie que j'ai déjà mentionné pour ses travaux sur les analogies entre organismes et cristaux, en fut l'un des fondateurs et il le dirigea jusqu'à sa destruction par les Nazis en 1938. Paul A. Weiss, l'un des élèves de Przibram, fut certainement celui qui porta le paradigme holistique au faite de sa fécondité dans cet institut. Przibram et Weiss se connectèrent par ailleurs tous deux aux biologistes holistes allemands par leur contribution aux *Schaxels Abhandlungen*.

En Grande-Bretagne, le holisme biologique fut d'abord l'expression de quelques chercheurs isolés tels que les écossais Edmund Montgomery, D'Arcy W. Thompson et John Scott Haldane (lequel travailla à Oxford), avant de s'affirmer de manière plus systématique avec Woodger à Londres, puis de prendre forme principalement à Cambridge au début des années 1930 à l'initiative de ce dernier et de Joseph Needham et Conrad H. Waddington, avec la création d'un « club de biologie théorique » [*theoretical biology club*]. Il n'est pas anodin que certains de ces biologistes britanniques firent une partie de leurs études en Allemagne (Montgomery et Haldane) ou à Vienne (Woodger), et qu'ils furent tous très au fait des débats bio-philosophiques ayant cours dans le monde germanophone.

¹ Sur cet institut et sur les conceptions qui y furent développées notamment sous l'impulsion de Hans Przibram, voir Reiter W.L. (1999), Khittel S. (2000) et Coen D.B. (2006). Sur les relations plus spécifiques entre les conceptions dominantes dans cet institut et la pensée de Bertalanffy, voir Hofer V. (2000), ainsi que Drack M., Apfalter W. & Pouvreau D. (2007).

Aux États-Unis enfin, les approches holistiques de la biologie se manifestèrent spécifiquement dans deux universités, hormis là encore quelques chercheurs plus isolés comme Raymond Pearl, William E. Ritter (qui forgea en 1919 l'adjectif « *organismal* » afin de désigner sa philosophie biologique) et surtout Alfred J. Lotka. Il s'agit d'abord de l'université de Harvard, sous l'impulsion de Lawrence J. Henderson et de Walter B. Cannon (qui furent stimulés par l'arrivée de Whitehead en 1924). Et surtout de l'université de Chicago, où exerçait ce philosophe pragmatiste et organiciste qu'était Dewey, et qui fut dans son ensemble durablement très marquée non seulement par une volonté d'appréhender les problèmes biologiques, psychologiques et sociologique dans une perspective holistique, mais aussi par celle de développer une véritable interdisciplinarité, avec en vue un enracinement des sciences de l'homme dans la biologie qui déboucha après-guerre, j'y reviendrai dans la troisième partie, sur le concept de « sciences du comportement » [*behavioral sciences*]. Les grandes figures de la biologie holistique américaine contemporaine se trouvèrent ainsi presque toutes à Chicago : de Charles C. Adams au début du siècle à Charles J. Herrick en passant par Charles O. Whitman, Charles M. Child et Frank R. Lillie¹.

Comme il apparaîtra dans ma seconde partie lorsque ses propres travaux biologiques seront examinés, Bertalanffy fut parfaitement informé des travaux et des réflexions de ces différents biologistes. Il le fut directement en ce qui concerne ceux de langue allemande. En ce qui concerne leurs homologues anglo-saxons, ce fut dans un premier temps le plus souvent médiatement (*via* Needham et Woodger), mais son contact devint beaucoup plus direct à partir de 1937 et de son séjour à Chicago. Il me suffira ici de dire que tous les éléments mis en évidence dans la présente section contribuèrent à la formation de ses conceptions et que tous, que ce soit d'une manière allusive, laconique ou détaillée, furent l'objet de références de sa part². Que Bertalanffy ait lui-même fait partie des plus éminents défenseurs d'une biologie holistique naturaliste, on peut néanmoins déjà l'illustrer par ce qu'il écrivit à propos de l'organisme individuel dans l'un de ses essais majeurs ; des réflexions qui vont se révéler caractéristiques de l'inspiration commune des travaux que je vais considérer ici :

L'analyse des parties et processus individuels dans le vivant est nécessaire et le présupposé de toute connaissance plus profonde. Néanmoins, l'analyse seule ne saurait suffire [...] Chaque organisme constitue un *système*, par quoi je désigne un complexe d'éléments qui se tiennent en interaction mutuelle [...] Il est premièrement impossible de résoudre complètement les phénomènes du vivant en unités élémentaires ; au contraire, chaque partie ou événement individuel dépend non seulement de ses propres conditions, mais dans une mesure plus ou moins étendue du *tout*, d'unités surordonnées dans lesquelles elle ou il s'inscrit. Il en résulte que le comportement d'une partie isolée est en général autre que celui qu'elle manifeste dans le contexte du tout [...] Les propriétés du vivant sont des propriétés systémiques émergeant de l'organisation des substances et des processus, de telle sorte qu'elles se modifient lorsque le tout se modifie, et disparaissent avec sa destruction. De surcroît, ce tout manifeste des propriétés et modes de comportement qui manquent aux parties prises isolément. Le problème de la vie est celui de l'*organisation*³.

1-4-5-1 – Approches holistiques en embryologie

J'ai déjà souligné au 1-3-6-4 le caractère holistique du vitalisme prôné par Driesch, qui s'exprimait dans ses concepts de « système équipotentiel harmonique » et de *Ganzheitskausalität*. Cet embryologiste, qui prétendait défendre un « rationalisme de la totalité » [*Ganzheitsrationalismus*] en lieu et place du « rationalisme sommatif du XVIII^e siècle »⁴, considérait qu'on ne saurait trouver de « totalités » à proprement parler que dans les organismes vivants, ces derniers étant selon lui les seuls à porter en eux-mêmes les principes de leur formation, de leur régénération et de leur reproduction spontanées en tant que totalités, en vertu d'une dynamique interne⁵.

Ungerer, un élève et critique de Driesch que je tiens pour l'un des plus fidèles promoteurs des conceptions de Bertalanffy, reconnu dans sa thèse d'habilitation à son directeur un mérite que la plupart des partisans d'une biologie holistique lui accordaient à l'époque : celui d'avoir entrevu que

¹ Voir notamment le numéro spécial de *Perspective on Science*, 1993, vol. 1, n°3.

² Particulièrement dans Bertalanffy L. von (1928a) et (1932b).

³ Bertalanffy L. von (1949e), pp. 24-25.

⁴ Driesch H. (1926b), p. 297.

⁵ Driesch H. (1926a), pp. 5-9 et (1926b), p. 286.

seul le concept de totalité pouvait libérer la biologie du finalisme, et que le système kantien des catégories devait être modifié en conséquence afin d'en faire une catégorie de l'entendement à part entière et non, comme devait le demeurer la finalité, une simple maxime de la faculté de juger¹. Mais dès les années 1910, et à une époque où Driesch l'avait déjà déserté pour se consacrer au développement de sa métaphysique vitaliste, le problème de l'embryogenèse fut appréhendé par d'autres chercheurs dans une perspective non moins holistique et « épigénétiste » voyant l'embryon comme une totalité première dont les parties apparaissent par différenciation progressive et ont un destin déterminé par leurs positions respectives dans le « tout », avec cette nuance essentielle qu'ils restaient pour leur part soucieux de se restreindre à des explications naturalistes : préfigurant par là-même très significativement le concept d'« auto-organisation » sur lequel des Humberto R. Mathurana, Francisco J. Varela, ou encore Niklas Luhmann construisirent près d'un demi-siècle plus tard leur notoriété, ils tenaient les traits holistiques du développement morphogénétique pour des propriétés immanentes à la matière dont on peut scientifiquement rendre compte, sans chercher à les attribuer à l'action de quelque agent immatériel. Lorsque Bertalanffy énonça en 1928 ses dix « lois du développement » ontogénétique², il ne fit de son propre aveu que synthétiser les diverses manifestations de cette perspective.

Child fut l'un des premiers à l'embrasser. Sa théorie des « gradients métaboliques », développée à partir de 1911, s'inspirait de travaux d'embryologie réalisés au tournant du siècle par Theodor Boveri et Thomas H. Morgan. Ceux-ci avaient déjà suggéré que le cytoplasme joue un rôle important dans le développement de l'œuf et mis en évidence une « polarisation » de ce dernier selon un ou plusieurs axes, qui oriente l'évolution de ses différentes régions dans des directions qualitativement différentes et qu'ils pensaient induite par des « gradients » dont la nature restait à déterminer³. Child, qui voulait rendre compte du mécanisme physiologique par lequel l'embryon se maintient comme un tout unifié, s'efforça (avec un succès certes mitigé) de montrer l'existence de variations quantitatives et graduelles du métabolisme selon certains axes, et la « domination » exercée par les régions à taux d'activité métabolique élevé sur les autres (par exemple chez les planaires, celle de la partie antérieure sur la partie postérieure)⁴. Il cherchait en fait à réfuter les « théories corpusculaires de l'organisme » visant l'explication de la différenciation ontogénétique par l'action substantielle de structures logées dans le noyau cellulaire, à montrer les « insuffisances » de telles « approches analytiques du problème » et les « impasses » où elles mènent, leur opposant une idée que nous retrouverons au cœur des travaux de Bertalanffy en théorie de la croissance relative : celle selon laquelle les structures morphologiques dérivent plutôt de processus physiologiques, des « différentiels quantitatifs » inhérents à ces derniers étant susceptibles d'expliquer pour une large part les différences qualitatives émergeant au cours de la morphogenèse, mais aussi l'unité et la « corrélation des activités dans un tout » des différentes parties de l'organisme et le développement ordonné qu'elle permet, qui ne saurait selon Child advenir sans des relations de domination et de subordination entre elles⁵.

Bien que Spemann, un élève de Boveri, fit partie des critiques de Child opposant à celle des « gradients métaboliques » l'hypothèse de « gradients de substances », sa théorie des « organisateurs du développement », qui lui valut le prix Nobel en 1935, fut influencée par celle de l'Américain ne serait-ce que par l'approche physiologique et holistique du problème de l'ontogenèse développée par ce dernier – Child et Julian Huxley virent du reste réciproquement dans ses travaux une confirmation et un prolongement de la théorie des gradients métaboliques, surtout de l'idée d'une intégration de l'embryon allant de pair avec son processus de différenciation, advenant *via* des relations de domination fondées sur des différences quantitatives entre parties dans les conditions physiologiques⁶.

Au tournant du siècle, Spemann avait déjà effectué sur des tritons une série d'expériences interrogeant la pertinence de la « théorie de la mosaïque » de Roux et Weismann et des vues opposées

¹ Ungerer E. (1922), p. 108. Voir aussi Harrington A. (1996), p. 52.

² Bertalanffy L. von (1928a), pp. 209-212. Je reviendrai sur ces « lois » dans ma seconde partie. Il suffit ici de mentionner les principales : l'ontogenèse est déterminée par des « causes intimes », signifie une « augmentation de diversité », la création d'une forme hautement différenciée à partir d'un matériel chimique indifférencié, où « la détermination d'une partie est une fonction de sa position dans le tout ».

³ Voir entre autres Dupont J.C. & Schmitt S. (2003), pp. 165-190.

⁴ Child C.M. (1911) et surtout (1913), pp. 108-109 et pp. 151-152 pour un résumé synthétique de l'ensemble de ces travaux.

⁵ Child C.M. (1913), p. 152 et (1929), p. 456, p. 460 et pp. 464-465. Voir aussi Dupont J.C. & Schmitt S. (2003), pp. 193-198 et Haraway D. (1976), pp. 53-54.

⁶ Child C.M. (1929), pp. 468-469. Voir aussi Dupont J.C. & Schmitt S. (2003), p. 193 et Horder T.J. (2001), p. 104 et p. 108.

développées par Driesch. Mais ce fut dans la première moitié des années 1920 qu'il réalisa ses expériences les plus significatives avec l'une de ses élèves, Hilde Mangold, et qu'il commença à développer sa théorie des « organisateurs ». Après avoir prélevé sur un embryon, au début de la gastrulation, des tissus normalement destinés à la formation de la lèvre dorsale du blastopore, il les greffa au niveau correspondant à la future paroi ventrale d'un congénère au même stade de gastrulation. Il réalisa l'expérience inverse et constata dans les deux cas que si le stade de gastrulation choisi est assez précoce, les tissus greffés se développent conformément à leur nouvel environnement : le tissu initialement destiné à devenir dorsal devient par exemple un tissu normal de l'épiderme. Mais il montra que le résultat est tout autre si le stade de gastrulation est plus avancé : les fonctions du tissu greffé sont alors déjà déterminées et, dans l'exemple précédent, des formations dorsales se développent sur la paroi ventrale du sujet greffé. Ainsi put-il établir que le développement ne s'accomplit ni purement en mosaïque, ni de manière purement holistique. Il se révélait être le résultat de l'interaction entre l'embryon dans son ensemble avec la région du blastopore. La lèvre dorsale apparaissait comme un centre contrôlant le développement structural de tout l'embryon : c'est ce qui l'amena à la qualifier d'« organisateur ». Son concept d'« organisateur » référait d'une manière générale aux tissus possédant aux premiers stades de développement la capacité, lorsqu'ils sont greffés sur d'autres régions de l'embryon, d'engager le développement de celles-ci dans des voies différentes de celles qu'elles auraient sinon suivies ; Spemann qualifia d'« induction » le processus en question et de « champ morphogénétique » les territoires embryonnaires se développant sous l'influence des mêmes influences organisatrices¹. D'inspiration holistique et résolument voués à la défense d'une conception épigénétiste de l'ontogenèse², ses travaux tendaient ainsi à montrer que l'embryon doit être considéré comme un tout au sein duquel les interactions entre parties jouent un rôle primordial. Ils mettaient d'une part en évidence la dépendance de chaque partie de l'embryon à sa position dans ce dernier aux premiers stades de son développement, et d'autre part un processus de différenciation et de hiérarchisation progressives auquel Bertalanffy accorda une signification « organismique » essentielle. Il est remarquable que Spemann ne voyait par contre strictement aucun intérêt à formuler les questions embryologiques en termes cellulaire ou génétique, ni même à étudier la possible nature biochimique des « organisateurs ».

Si Spemann parla en 1924 de « champ morphogénétique », ce concept restait flou chez lui, désignant un simple « moyen pratique de comprendre les divers faits d'induction »³. De plus, il n'en était pas plus le créateur qu'il n'avait découvert le phénomène d'« induction »⁴ : en réalité, le terme de « champ » avait été introduit en 1910 par Boveri et le concept correspondant avait dès 1921 fait l'objet de travaux d'Alexander Gurwitsch. Ce dernier avait alors élaboré une méthode de représentation du champ morphogénétique d'esprit analogue à celle des transformations de D'Arcy Thompson, sur laquelle je reviendrai largement au 1-4-5-3 et surtout au 2-4-2-1. Gurwitsch voulait montrer que le problème de la relation du tout embryonnaire à ses parties peut être « mis sous une forme géométrique relativement simple et claire ». Cette mise en forme traduisait sa conviction holiste, nourrie des écrits de Driesch, qu'« un élément donné ne saurait rien accomplir de déterminé sans le tout », que ce dernier « co-détermine » au contraire le destin de chaque partie de l'embryon au cours du développement, destin qui constituerait donc une « fonction des relations de cette partie au tout » ; la seule différence avec Driesch est qu'il se restreignait à des facteurs morphogénétiques localisables dans l'espace. Sa méthode de représentation consistait à exprimer par un vecteur l'influence des diverses parties de l'embryon en chaque élément embryonnaire ponctuel, et à trouver un système de coordonnées permettant de représenter selon des lois constantes les variations de ces vecteurs. Mais Gurwitsch ne fournissait là qu'une représentation de la géométrie des processus morphogénétiques, qui ne disait rien d'une éventuelle structure physico-chimique sous-jacente et n'avait pas pour vocation de les expliquer ; rien n'était dit de la relation entre le « champ » et la matière qu'il était supposé « dominer ». Le champ permettait toutefois de mettre en évidence la logique globale à laquelle sont soumis les déplacements des cellules de l'embryon et les directions dans lesquelles

¹ Voir Spemann H. (1924) et (1927) ; Bertalanffy L. von (1932b), pp. 293-295 ; Hamburger V. (1999), p. 232 ; Horder T.J. (2001), pp. 99-110 ; Dupont J.C. & Schmitt S. (2003), pp. 217-239.

² Spemann H. (1927), p. 950. Sur le holisme de Spemann et ses origines liées à l'influence de Pauly, voir Hamburger V. (1999), p. 233.

³ Spemann H., in Horder T.J. (2001), p. 108 ; voir aussi Haraway D. (1976), p. 177.

⁴ Dupont J.C. & Schmitt S. (2003), p. 217 : la première démonstration d'une « induction » daterait de 1904 et serait due à Warren H. Lewis.

s'accomplit sa croissance¹. Il fallut attendre les travaux sur le sujet de Weiss, développés à partir de 1926, pour voir advenir une véritable ébauche de « théorie des champs morphogénétiques » – laquelle eut une influence durable puisqu'on en retrouve l'inspiration chez René Thom en 1972, dans son concept de « champ vital »².

Weiss, avec lequel Bertalanffy entretint des relations personnelles régulières entre 1924 et 1926, rejetait l'approche de Gurwitsch et insistait sur la nécessité de combiner les considérations structurales et biochimiques d'une part, et les « explications » par le concept de champ d'autre part : pour lui, tout aspect de l'ontogenèse devait être vu comme le résultat des « interactions entre la totalité matérielle avec ses propriétés de champ, et les parties matérielles ». Il ne parvint certes pas plus à conférer au « champ » un statut autre que celui d'un mode de description, d'une « abstraction tentant d'exprimer un groupe de phénomènes observés dans les systèmes vivants »³. Le « champ » désignait pour lui les modes d'action par lesquels certains tissus déjà formés sont capables d'affecter le développement de blastomères greffés dans leur région. De la greffe d'un blastomère de régénération d'une queue de triton à proximité de l'une de ses pattes résulte par exemple non une queue entière, mais seulement son extrémité : si les cellules de régénération sont à l'origine identiques quant à leur potentiel de différenciation, elles produisent des formes différentes liées à un effet d'organisation propre à la région où elles se développent, effet auquel référerait le concept de « champ » de Weiss. Explicitement influencé par les « psychologues de la *Gestalt* » et entretenant d'ailleurs une correspondance avec Köhler sur le concept de champ⁴, Weiss concevait plus généralement celui-ci comme un système de facteurs organisateurs procédant de parties embryonnaires déjà organisées en direction d'autres régions et résultant en la formation de configurations spécifiques ; un « champ » originaire se fractionnerait au cours du développement en « sous-champs » dirigeant le développement des organes jusqu'au stade où l'embryon constituerait un système de sphères d'action coordonnées en équilibre. Ses études qu'il qualifia de « morphodynamiques » aboutirent à l'énoncé de cinq « lois de champ »⁵. L'essentiel ici est que Weiss transportait de la sorte dans le domaine de l'embryologie, en l'appliquant au concept de « champ », un point de vue systémique général qu'il avait esquissé en 1922 dans sa thèse et dont il sera encore question au 1-4-5-6 ; en particulier son idée, où se lit aussi bien une réminiscence de Goethe et de Fechner qu'un écho de la tendance « gestaltiste » en psychologie, que tout système répond comme tel à des perturbations extérieures de manière à atteindre un « état stable » et se caractérise par un certain degré d'« autonomie ». À ma connaissance, il fut à ce propos le premier à évoquer des « lois systémiques générales », une expression que lui reprit Bertalanffy :

Toutes les lois de champ se laissent concevoir comme des cas particuliers de lois systémiques générales [*allgemeiner Systemgesetze*]⁶.

¹ Gurwitsch A. (1927), en particulier pp. 434-435, p. 444 et p. 454. Voir aussi Rudy H. (1929) ; Bertalanffy L. von (1930/1931), pp. 373-374 et (1932b), pp. 326-327 ; et Haraway D. (1976), p. 58.

² Thom R. (1972), pp. 158-159.

³ Weiss P.A. (1939), in Haraway D. (1976), p. 58 et p. 178.

⁴ Voir Hofer V. (2000), pp. 149-150.

⁵ Sur ces travaux de Weiss, voir Weiss P.A. (1926). Voir aussi Haraway D. (1976), p. 58 et pp. 177-178, ainsi que Khittel S. (2000), pp. 166-167 et Drack M., Apfalter W. & Pouvreau D. (2008), pp. 357-358. Les cinq « lois de champ » de Weiss furent énoncées comme suit (Weiss P.A. (1926), pp. 15-26 et Bertalanffy L. von (1932b), p. 328) : (1) Tout champ a une structure axiale qui mène à une hétéro-polarité selon au moins un axe ; (2) Si l'on prélève du tissu dans une région, la distribution du champ résultant dans le tissu restant est, relativement à ce dernier, la même que dans le tissu initial ; (3) Si de la matière inorganisée mais susceptible d'être organisée entre dans la région où s'exerce le champ, elle est intégrée par ce dernier ; (4) Les composantes du champ diffèrent selon les directions de l'espace et lorsque deux champs se rencontrent, ils peuvent s'additionner ou produire un champ mélangé dépendant de leurs orientations ; (5) Un champ a tendance à s'associer à des champs équivalents situés dans son environnement.

⁶ Weiss P.A. (1926), pp. 26-27. Dans ses articles en allemand sur la « systémologie générale », par exemple (1945) et (1949b), Bertalanffy préféra l'expression « *allgemeine Systemprinzipien* ». Il utilisa le terme « *Systemgesetze* » dès (1932b).

1-4-5-2 – *Des insuffisances des théories de l'évolution phylogénétique à l'émergence d'une conception « bionomogénétique » de cette évolution*

Tandis que le domaine de l'évolution ontogénétique était largement investi par des approches holistiques, celui de l'évolution phylogénétique le fut aussi, bien qu'à un moindre degré et de manière plus indirecte. Comme il apparaîtra dans la sous-section suivante, ce processus fut solidaire d'un certain retour à la morphologie « idéaliste » dont Goethe fut l'un des principaux instigateurs. Je montrerai dans ma seconde partie toute l'importance de la théorie de la phylogenèse dans la pensée de Bertalanffy, qui y consacra d'ailleurs plusieurs essais tout au long de sa carrière : elle tenait à la nécessité, « stratégique » pour lui, de montrer la légitimité et la nécessité de loger les principes « organismiques » qu'il défendait au cœur de ce qui était pour beaucoup censé constituer la clef de voûte de la biologie.

J'ai déjà fait allusion au 1-1-1 à l'état critique de la théorie contemporaine de l'évolution et au fait qu'il était lié à l'absence de connexion satisfaisante entre la théorie sélectionniste de Darwin et la théorie de l'hérédité¹. Les critiques à l'égard de la première s'étaient accumulées depuis un demi-siècle ; et elles avaient été loin d'être formulées par les seuls biologistes et philosophes d'inspiration vitaliste. Von Hartmann peut certes être, comme le fit Bertalanffy à bon droit², considéré comme celui qui les intia : il formula la plupart d'entre elles dès 1875. Mais elles furent tout aussi acérées de la part d'un Karl W. von Nägeli ou d'un Oskar Hertwig³, dont Bertalanffy étudia consciencieusement les conceptions au cours des années 1926-1928. Or, si ces biologistes affinèrent l'essentiel des critiques de von Hartmann, ils ne sauraient pour autant être rangés comme lui parmi les vitalistes. Il ne s'agissait en général pas, chez les critiques du darwinisme, de récuser le principe de descendance et l'historicité du vivant, mais de contester les causes hypothétiques avancées afin d'expliquer l'évolution. Comme l'a formulée Bertalanffy en la faisant sienne, l'idée, développée notamment par Sinaï Tschulok, était qu'on pouvait parfaitement « rejeter le darwinisme sans rejeter la théorie de la descendance »⁴. La théorie darwinienne, centrée sur les concepts d'utilité et d'adaptation au « combat pour l'existence », combinait le principe de sélection naturelle et un mélange de contingentisme (variations aléatoires des individus d'une espèce donnée) et de « lamarckisme » (variations par effet direct de l'environnement, influence de l'usage d'un organe sur l'évolution et hérédité de ses effets)⁵. Ses vigoureuses critiques, que Bertalanffy ne se lassa pas de s'approprier⁶, consistèrent quant à elles en des variantes et combinaisons d'arguments dont j'ai établi la liste détaillée dans l'annexe 1-4-5-2, qui se révèlent en fait (même à l'époque) aussi partiellement justifiés que contestables⁷.

Le caractère insatisfaisant du darwinisme suscita, des années 1870 aux années 1920, la recherche d'explications alternatives des processus évolutifs. Diverses formes plus ou moins sophistiquées de « lamarckismes » se développèrent dans ce contexte, d'inspirations différentes. Comme Plate le souligna à l'époque, il y avait en fait au moins quatre types de « lamarckisme », à ranger en deux groupes essentiellement distincts : d'une part le « lamarckisme » des fonctions (selon lequel le type de fonction détermine la formation d'un organe et peut donc être source de progrès ou de régression) et celui de l'hérédité des caractères acquis, tous deux compatibles avec le causalisme naturaliste (et dont le trait « réactiviste » doit être relevé) ; d'autre part le « lamarckisme » de l'adaptation (l'hypothèse d'une capacité d'adaptation directe aux conditions environnementales) et le « psycholamarckisme » (l'idée que chaque besoin appelle les moyens de sa satisfaction), qui étaient quant à eux fondamentalement vitalistes, plus précisément en général liés aux « psychovitalismes » et aux théories « mnémiques » de l'évolution qui en étaient solidaires⁸. Notons que c'est largement par le

¹ Ludwig Plate, qui fut un défenseur critique du darwinisme, concédait ainsi en 1909 que la variabilité et l'hérédité demeuraient des énigmes quant à leurs causes, et que le darwinisme exigeait en fait une étude « énergétique » de ces deux problèmes (pp. 609-611).

² Bertalanffy L. von (1928b).

³ Plate L. (1909, 1913) ; Hertwig O. (1918).

⁴ Bertalanffy L. von (1937b), p. 167. Voir aussi Tschulok S. (1922), pp. 288-298, en particulier p. 288 : « Parce qu'il a étroitement lié la question fondamentale [de l'évolution] à celle de [ses] facteurs, Darwin a affaibli la force de preuve de la théorie de la descendance ».

⁵ Plate L. (1909, 1913), pp. 5-6 et p. 222.

⁶ En particulier dans Bertalanffy L. von (1929e), (1952a), (1955c) et (1969).

⁷ Voir Plate L. (1909, 1913), pp. 40-209 ; Hertwig O. (1918), surtout pp. 630-638 ; et Bertalanffy L. von (1928b), pp. 160-164. L'étude critique de Plate est peut-être le meilleur essai contemporain pour percevoir la justification de ces arguments et leurs limites.

⁸ Plate L. (1909, 1913), pp. 591-593.

biais de biologistes d'inspiration « lamarckienne » que Bertalanffy fut introduit aux critiques du darwinisme : Adolf D. Wagner, qu'il eut comme professeur à Innsbruck ; et le Viennois Paul Kammerer, rendu tristement célèbre par sa recherche d'une preuve expérimentale de l'hérédité des caractères acquis et par son suicide¹, qui fut un voisin et ami de ses parents, et avec lequel il eut maintes discussions au cours de son adolescence². En tout état de cause, les « lamarckismes » étaient d'autant moins susceptibles d'être satisfaisants que les insuffisances du darwinisme reposaient en partie sur sa conception « lamarckienne » de la variation et de l'hérédité. La recherche en génétique, avec sa distinction entre « soma » et « germen » (Weismann) et la mise en évidence de phénomènes tels que l'atavisme, venait surtout de réfuter, ou tout au moins de rendre hautement spéculatif, le principe d'hérédité des caractères acquis ; et ses défenseurs (qui n'en disposaient de surcroît d'aucune preuve expérimentale) en étaient réduits à se réfugier dans l'hypothèse qu'un nombre énorme de générations est nécessaire à sa survenue. Même en l'admettant, les « lamarckismes » échouaient de toutes manières tout autant que le darwinisme à expliquer l'apparition de caractères nouveaux, se bornant au mieux à expliquer l'évolution de caractères déjà existants ; et ils étaient encore moins satisfaisants dans la mesure où ils cherchaient à se dispenser de l'hypothèse de la sélection naturelle, qui fournissait au moins dans certains cas des explications auxquelles on ne disposait d'aucune alternative cohérente³.

Le « mutationnisme » apparut dans ces conditions à certains comme une alternative au darwinisme et aux « lamarckismes », qui avait au moins le mérite d'expliquer l'origine de la variabilité. Cette perspective issue des progrès de la génétique était radicalement nouvelle : au lieu de penser l'harmonie entre un organisme et son environnement en termes d'adaptation du premier au second (donc la variation comme fonction de l'environnement), il s'agissait au contraire de voir l'organisme comme d'abord sujet à des variations (en conséquence de mutations génétiques aléatoires) et « recherchant » ensuite un environnement adapté (donc l'environnement comme fonction de la variation). Le problème étant que la plupart des arguments élevés contre la théorie sélectionniste pouvaient en fait encore être opposés à ce « mutationnisme ». Il n'apportait en effet aucune réponse aux problèmes de la « co-adaptation » et de l'anamorphose, et la paléontologie montrait que les transitions fines telles qu'elles devraient se manifester en conséquence de petites mutations manquent partout dans les séries phylogénétiques, semblant donc réfuter ce point de vue. La génétique, si elle semblait pertinente pour expliquer l'évolution des organismes inférieurs (la « micro-évolution »), apparaissait en fin de compte aussi impuissante à fournir les clefs de celle des organismes complexes (la « macro-évolution »), dont les facteurs demeuraient mystérieux⁴.

C'est dans ce contexte que le problème de l'anamorphose et l'idée d'une « orthogénèse » (ou « évolution dirigée ») qui ne se confondrait pas avec le « progrès » tel que l'avait conçu Darwin (i.e. comme pur produit de la sélection naturelle)⁵, attirèrent l'attention d'un certain nombre de biologistes et ouvrirent à la pensée holistique une voie pour s'introduire en théorie de l'évolution. Et ce, sur la base d'éléments factuels et non de postulats métaphysiques vitalistes tels que « l'élan vital », même si doit être soulignée la continuité avec certains thèmes majeurs des *Naturphilosophen* de la période romantique dont commençaient à la même époque à se nourrir les « philosophies de la vie » ; en particulier celui de la « vie » cosmique considéré au 1-3-2. Le principe – qui ne tarda pas, au moins sous cette forme, à être contredit par les faits – d'une « tendance » immanente des espèces « à la perfection » au cours de leur histoire phylogénétique, de leur « progression » vers des états plus complexes et mieux adaptés à leur environnement, avait été formulé dès 1876 par von Baer, puis repris par von Nägeli en 1884. Wilhelm Haacke forgea en 1893 le terme « orthogénèse » afin de désigner l'existence une telle tendance évolutive indépendante de l'action de leur environnement – une conception essentiellement incompatible avec le darwinisme. A la suite de Gustav H.T. Eimer, qui

¹ Kammerer fut accusé en 1923 d'avoir falsifié ses expériences sur le Crapaud accoucheur effectuées à partir de 1909 et destinées à démontrer une hérédité des caractères acquis ; il se suicida en 1926 en réaction au scandale occasionné par cette affaire. Bertalanffy lui rendit hommage en 1929, soulignant indubitablement avec raison son « intégrité au-dessus de tout soupçon » (Bertalanffy L. von (1929e), p. 105), qui n'enlève rien au fait que ses protocoles expérimentaux étaient biaisés. Bertalanffy critiqua d'ailleurs ses travaux (*op. cit.*, pp. 106-107).

² Pouvreau D. (2009a), p. 16.

³ Plate L. (1909, 1913), p. 599 et Bertalanffy L. von (1929e), pp. 104-106.

⁴ Bertalanffy L. von (1929e), pp. 171-178.

⁵ Darwin C. (1859, 1992), p. 548 (c'est sa conclusion) : « Comme la sélection naturelle n'agit que pour le bien de chaque individu, toutes les qualités corporelles et intellectuelles doivent tendre à progresser vers la perfection ».

avait esquissé cette définition en 1897, l'Autrichien Othenio Abel définit en 1928 l'orthogénèse comme la tendance de l'évolution phylogénétique à persister dans une direction de spécialisation fonctionnelle une fois qu'elle s'y est engagée, sans donc être nécessairement liée à un quelconque principe d'utilité. Il en fit un moment d'une supposée « loi d'inertie biologique » et fournit des preuves paléontologiques de sa réalité¹. Haacke, Eimer et Abel tendaient en définitive vers une vision de l'évolution que Bernhard Rensch et Bertalanffy défendirent plus tard en la décrivant comme une « bionomogénèse » : la spécialisation et l'adaptation progressives des organismes seraient la conséquence d'une combinaison d'influences environnementales et de facteurs internes constitutifs des organismes, les seconds canalisant les effets des premières dans des directions déterminées ; et l'évolution ne serait donc ni le produit d'une finalité mystique à caractère vitaliste (« autogénèse »), ni purement et simplement déterminée par les contingences environnementales (« ectogénèse »), mais l'expression de « relations causales holistiques entre le milieu et l'organisme »².

Plusieurs arguments tirés de la paléontologie et de la génétique permettaient dès les années 1920 de soutenir cette conception « organismique » et néanmoins non vitaliste de l'évolution dirigée, qui semblait au moins à certains égards pouvoir pallier à l'incapacité du darwinisme, des « lamarkismes » et du « mutationnisme » à fournir une explication satisfaisante de l'évolution. L'existence démontrée de trois types d'« évolution parallèle », qui furent bien distingués en 1927 par le généticien russe Juri Philiptschenko, pouvait être invoquée à son appui – ce que ne manqua pas de faire Bertalanffy dès le début des années 1930... jusqu'à ses derniers écrits³. Le premier d'entre eux est le « parallélisme génotypique », qui repose sur l'existence de gènes homologues entre espèces apparentées voire taxonomiquement éloignées et, en conséquence, d'une homologie des mutations éventuelles qu'ils subissent et de leurs expressions phénotypiques. Nikolai Vavilov l'exprima en particulier en 1920 avec sa fameuse « loi des séries homologues », qui stipule que des séries parallèles de mutations peuvent apparaître dans des unités taxonomiques différentes. Ce qui suggérait déjà que si les gènes peuvent en principe subir des mutations très diverses, celles-ci, probablement en conséquence du caractère de « totalité » du génome et des contraintes de stabilité qu'il implique, ne peuvent emprunter un nombre infini de voies ; que les possibilités de variation viable des gènes sont donc limitées et procèdent selon des directions déterminées. Ce qui amena Friedrich Alverdes à poser dès 1921 le problème de l'existence de « mutations dirigées », l'existence d'une telle directivité étant établie en 1930 par Victor Jollos grâce à des expériences d'irradiation effectuées sur des drosophiles.

Le second type d'« évolution parallèle » est celui de l'évolution dite « convergente », qui tient à l'existence de mutations de gènes non homologues dont les expressions phénotypiques sont similaires, c'est-à-dire à des correspondances phénotypiques reposant sur des structures génotypiques différentes. Des correspondances induites soit par des facteurs développementaux similaires, soit par la nécessité d'une adaptation à des conditions de vie semblables (cas du « parallélisme écotypique »). Un phénomène qui suggérait à son tour que des conditions développementales peuvent imposer des restrictions aux changements héréditaires et les orienter, pour autant que ceux-ci soient viables.

La mise en évidence d'un troisième type de « parallélisme » évolutif conduisit à des conclusions plus significatives encore. Il s'agit du « parallélisme (purent) morphologique », dont tant les bases génétiques que développementales sont différentes, et qu'on ne saurait pas non plus expliquer par la nécessité d'une adaptation à un même type d'environnement. Un exemple caractéristique en est la formation similaire des yeux à cristallin chez des invertébrés et des vertébrés marins ou terrestres, dont ni les environnements, ni les origines phylogénétiques et embryonnaires n'ont pourtant de rapports. Certains morphologistes tels que Jan Versluys (qui dirigeait le département de zoologie auquel Bertalanffy était alors rattaché à l'université de Vienne), Michal Novikov et le botaniste Karl E.R. von Goebel orientèrent leurs travaux vers l'étude de ce phénomène à la fin des années 1920. La distinction entre « caractéristiques d'adaptation » et « caractéristiques d'organisation », déjà effectuée par von Nägeli en 1865 en référence aux traits morphologiques

¹ Abel O. (1928), en particulier p. 4 et p. 94. Plate jugea de son côté souhaitable d'effectuer une distinction entre une « orthogénèse » redéfinie comme un processus évolutif dirigé par des facteurs extérieurs sans action de la sélection naturelle et ne lui laissant aucun degré de liberté ; et « orthosélection », qui désignait chez lui un processus de conservation des variations « avantageuses » parmi toutes celles qui peuvent survenir. Il élabora une théorie de « l'orthoévolution » en combinant ces deux processus.

² Plate L. (1909, 1913), p. 571 ; Abel O. (1928), pp. 1-5. Bertalanffy L. von (1957d), pp. 113-114.

³ Bertalanffy L. von, dès (1926a), pp. 71-78, mais principalement dans (1933c), pp. 78-79 ; (1937b), pp. 171-175 ; (1940a), pp. 106-110 ; (1949e), pp. 98-102 ; (1952a), pp. 165-167 ; (1955c), pp. 61-63 ; et (1969), pp. 67-70. Les éléments qui suivent sont tirés de ces écrits.

apparus en réponse à des types d'environnement déterminés ou au contraire de manière autonome et indifférente à l'« utilité »¹, prit tout son sens avec eux. Goebel, intrigué par le fait que la multiplicité des formes organiques excède de loin celle des conditions de vie, montra en particulier que nombre de traits morphologiques des plantes (tels que la forme des feuilles) ne sont compréhensibles qu'en tant que manifestations de « lois internes de formation » et ne sont qu'*a posteriori* « utilisés » pour des fonctions déterminées. De telles « caractéristiques d'organisation » se révélaient n'avoir *a priori* rien de fonctionnel ni d'« utile » tout en permettant une adaptation aux conditions de vie les plus diverses : le concept d'adaptation ne permettait donc logiquement pas de les expliquer. S'il n'était pas question pour ces morphologistes de ressusciter le vieux concept vitaliste de « pulsion de formation », il fallait selon eux néanmoins admettre l'existence de lois morphogénétiques générales, indépendantes de l'environnement comme du patrimoine génétique.

Ainsi fut ébauchée au cours des années 1920 et au début des années 1930 une vision de l'évolution rompant avec les paradigmes alors dominants, que Bertalanffy parmi d'autres s'approprièrent dès cette époque et qu'il contribua à élaborer par la suite. A savoir qu'il existerait dans l'évolution ce que Rensch appela par la suite des « conditions limitatives » posées non seulement par l'environnement mais aussi par des lois internes aux organismes, qui, dans beaucoup de cas, agiraient directement en tant que « contraintes évolutives » et restreindraient drastiquement le caractère contingent de la variabilité et les possibilités évolutives². Selon cette perspective, l'évolution ne serait pas le simple produit de mutations aléatoires et de l'opération de la sélection naturelle ; elle serait au contraire orientée dans certaines directions privilégiées du fait des possibilités limitées de variation des gènes et d'actualisation du patrimoine génétique, ainsi que de l'existence de lois structurales immanentes aux formations organiques. Il y aurait dès lors non une « orthogénèse » en tant que résultat d'une adaptation croissante à des conditions de vie données, mais une détermination « orthogénétique » primordiale de l'évolution pouvant éventuellement permettre un perfectionnement « opportuniste » des organismes. Bertalanffy perçut là très tôt l'occasion de dénoncer les visions « réactivistes » de l'évolution ayant alors cours (celle du darwinisme en particulier), qui en faisaient un simple produit du hasard et des conditions environnementales, et l'opportunité d'annexer la théorie de l'évolution au point de vue « organismique » qu'il s'efforçait d'élaborer et de promouvoir :

Chaque processus de formation organique est une réaction entre les « puissances » internes à l'organisme, c'est-à-dire ses propres lois de formation, et les conditions extérieures³.

Tous les « hasards » ne sont pas également possibles : ils sont distingués selon des possibilités déterminées par des forces formatrices [*gestaltende Kräfte*]⁴.

L'évolution n'apparaît pas comme une simple série d'accidents dont le cours ne serait en définitive déterminé que par les changements environnementaux au cours de l'histoire de la Terre et le combat résultant pour l'existence qui mène à la sélection au sein d'un ensemble chaotique de mutations. Elle apparaît plutôt comme un processus essentiellement co-déterminé par des lois organismiques⁵.

Dans les années 1920 et 1930, cette tendance vers une conception « bionomogénétique » de l'évolution, en particulier l'insistance sur l'existence de « caractéristiques d'organisation » et de « lois internes de formation », alla de pair avec la volonté de restaurer les droits de la morphologie « idéaliste » (ou « typologie ») au sens de Goethe, c'est-à-dire la légitimité du concept de « type » en tant que plan de construction idéal et intuitivement appréhendé, face à l'interprétation darwiniste (phylogénétique et « réaliste ») de l'origine des formes organiques. Bertalanffy fut un témoin critique de ce mouvement vigoureux de « retour à Goethe » chez les morphologistes allemands et autrichiens⁶.

¹ Plate L. (1909, 1913), pp. 84-85.

² Rensch B. (1947), in Bertalanffy L. von (1949e), p. 104; (1952a), p. 165 et (1955c), p. 61. Voir déjà (1934b), pp. 359-361.

³ Bertalanffy L. von (1933b), p. 77.

⁴ Bertalanffy L. von (1934b), p. 361 et (1937b), p. 177.

⁵ Bertalanffy L. von (1949e), p. 103 ; (1952a), p. 168 et (1955c), p. 66.

⁶ Bertalanffy L. von (1933b), surtout pp. 70-73 ; (1934c), surtout pp. 89-91 ; (1937b), pp. 165-167. Voir aussi Harrington A. (1996), p. 29.

1-4-5-3 – Un « retour à Goethe » en morphologie

La charge portait sur le concept d'homologie. L'anglais Richard Owen avait en 1843 effectué une distinction entre organes « analogues » entre deux animaux différents, c'est-à-dire fonctionnellement équivalents ; et organes « homologues », définis dans un premier temps comme « le même organe dans différents animaux sous des formes et fonctions diverses ». Il avait modifié sa définition de l'homologie en 1848 en distinguant à leur tour l'« homologie spéciale », qui signifiait une identité structurale de la position d'un même organe chez deux animaux différents relativement à l'ensemble des autres organes ; « l'homologie sérielle » (ou « homotypie »), qui référait à une similitude entre organes différents d'un même animal distribués le long de l'axe de symétrie de son corps ou, le cas échéant, d'un axe radial ; et l'« homologie générale », définie comme la correspondance structurale entre un organisme et son « archétype » (au sens de Goethe). Mais le terme « homologie » fut par la suite réservé à ce qu'Owen avait appelé « homologie spéciale », parce qu'il se révéla être le seul à avoir une pertinence avec l'avènement du darwinisme et de la génétique¹. L'intérêt réitéré de Bertalanffy pour les débats contemporains autour de ce concept est d'autant plus significatif ici que, comme le remarqua avec pertinence Georges Canguilhem en 1970, la distinction que le Viennois fit ultérieurement entre « analogies » (« similitudes superficielles ») et « homologues logiques » (« correspondances structurales de lois ») fut constitutive de la vocation de son projet « systémologique » général en tant qu'outil méthodologique transdisciplinaire de transfert de modèles, et de la signification accordée à son concept central d'« isomorphisme »² :

Von Bertalanffy a importé dans sa Théorie générale des Systèmes la distinction faite, au siècle dernier, par les anatomistes comparatistes, entre les analogies et les homologues, c'est-à-dire entre des similitudes apparentes et des correspondances fonctionnelles proprement analogues, au sens mathématique du terme. Selon ce vocabulaire, c'est sur l'homologie que repose l'élaboration de modèles conceptuels et la possibilité de transferts de lois structurellement semblables hors du domaine initial de leur vérification³.

Bertalanffy fut d'ailleurs amené à écrire que « l'homologie n'est pas un concept purement zoologique, mais plutôt un cas particulier d'« isomorphie » se présentant dans des « systèmes généraux » »⁴.

L'homologie comprise en tant que correspondance structurale de positions des organes avait, bien avant d'être ainsi nommée et définie par Owen, constitué un concept central de la morphologie telle que conçue par Goethe et Geoffroy Saint-Hilaire, fondée sur le principe de « l'unité de plan de construction » des organismes⁵. Mais ce fut souvent d'une manière confuse, où la distinction entre « analogies » et « homologues » n'était pas clairement reconnue et parfois même niée dans ses fondements⁶. Owen, qui avait ainsi clarifié le concept d'homologie, l'avait fait en opposition au concept « typologico-évolutif » développé Karl B. Reichert en 1837, qui avait quant à lui défini l'homologie comme une correspondance diachronique entre dérivations embryonnaires d'un même organe chez deux animaux différents. En réalité, l'approche de Reichert se justifiait : elle permettait d'éviter certaines erreurs impliquées par l'approche synchronique et purement structurale, et lui fournissait donc un complément nécessaire⁷. Mais l'essentiel ici est qu'avec l'avènement de la théorie darwinienne de la descendance fut introduite (notamment par Haeckel) une troisième signification du concept d'homologie, d'inspiration fondamentalement différente : l'« homologie phylogénétique », selon laquelle deux organes sont homologues si l'un peut être phylogénétiquement dérivé de l'autre ou s'ils sont phylogénétiquement dérivables d'un même organe originel. Faisait ainsi irruption l'idée

¹ Boyden A. (1943), en particulier pp. 228-230 et p. 240.

² Bertalanffy L. von (1945), p. 22 ; (1949b), p. 114 ; (1949e), pp. 186-187 ; (1950b), p. 142 ; (1951b), p. 307.

³ Canguilhem G. (1970), pp. 311-312.

⁴ Bertalanffy L. von (1975), p. 85.

⁵ Geoffroy Saint-Hilaire (1818), in Boyden A. (1943), p. 235 : « Un organe est plutôt altéré, atrophié, anéanti, que transposé ».

⁶ Goethe J.W., in Callot E. (1971), pp. 143-144 : « On constate que si la nature de tel ou tel organe se traduit par la forme, elle est, pendant la vie, liée d'une manière intime à la fonction ». Geoffroy Saint-Hilaire écrivit même en 1825 que des organes sont « homologues » au sens où ils sont « analogues dans leur mode de développement » (in Boyden A. (1943), p. 232). Il est remarquable que dans la « querelle des analogues » qui opposa Geoffroy Saint-Hilaire à Cuvier en 1830, Goethe, bien qu'il considérât le premier comme son « allié puissant » du fait de « sa manière synthétique d'envisager la nature », refusa de prendre parti entre les deux protagonistes, ne donnant pas moins raison au second, qui « n'admet[tait] la conformité des organes que pour autant qu'ils remplissent les mêmes fonctions » : les deux devaient selon lui « se rencontrer dans les profondeurs » (Goethe J.W., in Tort P. (1983), pp. 8-12 et pp. 281-282 ; et in Callot E. (1971), p. 144).

⁷ Bertalanffy L. von (1933b), p. 88.

d'une descendance réelle, alors que les précédents concepts d'homologie, « typologiques », ne reconnaissaient qu'une parenté idéale entre organes : à la dérivation an-historique à partir d'un type idéal se substituait celle, historique, à partir d'un ancêtre concret.

C'est la primauté exclusive de ce dernier concept d'homologie depuis les années 1860 qui fut attaquée par les partisans d'un « retour à la morphologie idéaliste », dont fit notamment partie Adolf Meyer-Abich. Selon eux, l'« homologie phylogénétique » de deux organes ne pourrait en fait être inférée que sur le constat d'une correspondance structurale entre leurs positions respectives, donc sur la base d'une « homologie typologique ». Le procédé phylogénétique ne consisterait essentiellement qu'en une réinterprétation hypothétique de la parenté entre « plans de construction » en termes de descendance commune. Le critère d'homologie aurait ainsi été renvoyé dans un passé incontrôlable, alors que l'« homologie typologique » est concrètement et directement vérifiable. Il n'y aurait de vérifiable dans l'homologation phylogénétique que ce qui peut être typologiquement établi, le reste n'étant qu'additions hypothétiques. Il y aurait donc en tout état de cause un primat du concept « typologique » sur le concept « phylogénétique », et non l'inverse. Des positions extrêmes dont seule la prémice était pleinement justifiée puisque, comme le remarqua Bertalanffy en les critiquant¹, l'homologation phylogénétique, loin d'être une réinterprétation de l'homologation typologique ayant vocation à la remplacer, en était une explication qui prenait en compte la dimension temporelle, et qui permettait de surcroît plus encore que l'homologation « typologico-évolutive » d'éviter de confondre de simples convergences évolutives – des « analogies » – avec de véritables « homologies ». Les critiques de Bertalanffy ne l'empêchant pas par ailleurs, nous l'observerons largement, de promouvoir des approches typologiques, que ce soit dans ses études spécifiques sur les liens entre métabolisme et croissance organique ou plus encore avec sa « systémologie générale » : le « retour à Goethe » était à cet égard (parmi d'autres) constitutif de sa pensée.

Bien que D'Arcy Thompson ne fit pas explicitement (par ses discours) partie des « militants » de ce retour, son œuvre en fut un moment caractéristique et probablement le plus influent si l'on tient compte des maintes références dont elle fut l'objet dans les années 1920 et 1930 de la part des morphologistes et, plus généralement, des avocats d'une biologie holistique. Ses travaux, qui exprimaient un holisme naturaliste bien que d'inspiration fermement physicaliste, constituaient sciemment une attaque du darwinisme et reposaient sur un mépris de la génétique : Thompson entendait « circonscrire l'emploi de l'hérédité comme hypothèse de travail en morphologie »². Il est remarquable que le postulat fondateur de sa morphologie évoqué au 1-3-6-6, selon lequel tout changement de forme résulte d'un gradient de croissance, se retrouva au fondement de l'approche bertalanffyenne de la morphogenèse :

Les changements de forme d'un organisme sont dans une mesure essentielle conditionnés par la relation entre vitesses de croissance des organes individuels [...] Le problème de la forme organique, de la morphogenèse, apparaît ainsi dans une large mesure comme un problème de croissance³.

Thompson excluait tout dessein comme principe explicatif de la morphogenèse. Mais il n'en allait pas de même de la téléologie. Invoquant les principes d'optimalité d'Euler, Fermat et Maupertuis comme leur source chez Leibniz, il estimait que « mécanisme » (i.e. restriction aux causes efficientes) et téléologie sont « entrelacés » et doivent être conciliés :

Les manifestations apparentes de but ou d'adaptation s'intègrent à une philosophie mécaniste, en tant que 'forme méthodologique de connaissance' selon laquelle 'la nature agit toujours par les moyens les plus simples'. Comme la chaîne et la trame, mécanisme et téléologie sont intimement entrelacés, et nous ne devons pas être fidèles à l'une au détriment de l'autre⁴.

S'il jugeait, nous l'avons vu au 1-3-6-6, que la morphologie peut devenir mathématique, c'était justement parce qu'il tenait les formes organiques pour les solutions *optimales* de problèmes « mécaniques ». D'où chez lui une quasi-interchangeabilité des termes « géométrie » et « mécanique ». Depuis la « mécanique analytique » de Lagrange, la mécanique était effectivement

¹ Bertalanffy L. von (1933b), pp. 71-72; (1934c), pp. 90-91; (1937b), p. 166.

² Thompson D'Arcy W. (1917, 1942, 1961), p. 265. Voir aussi Fox Keller E. (2002), pp. 84-87 sur le rapport de Thompson à la génétique.

³ Bertalanffy L. von (1942), p. 229.

⁴ Thompson D'Arcy W. (1917, 1942, 1961), pp. 4-5.

devenue une géométrie. Mais Thompson n'invoqua pas explicitement cet argument ; son motif profond se révéla en définitive d'ordre esthétique :

La perfection de la beauté mathématique est telle que tout ce qu'il y a de plus beau et de plus régulier se trouve aussi être le plus utile et le plus parfait¹.

C'est en fait l'héritage des traditions pythagoricienne et platonicienne qui s'exprimait ici, et que Thompson revendiquait. Il louait en termes lyriques « l'harmonie du monde » qui « se manifeste dans la forme et le nombre », voyant dans la « beauté mathématique » « le cœur, l'âme et toute la poésie de la Philosophie Naturelle »².

C'est justement *cette* « harmonie » que D'Arcy Thompson qualifia de « holisme » en 1942, en se référant à Smuts³. Toute son œuvre fut ancrée dans le holisme ainsi compris :

Le biologiste comme le philosophe apprend à reconnaître que le tout n'est pas seulement la somme de ses parties [...] Car il n'est pas un amoncellement de parties mais une organisation de parties [...] s'ajustant les unes aux autres, en ce qu'Aristote appelle « un principe unique et indivisible d'unité ».

Il considérait que l'on ne peut parler de « parties » comme entités séparées qu'en un « sens restreint et subordonné » : en tant que « parties d'un tout qui, lorsqu'il perd son intégrité composite, cesse d'exister ». Il les voyait toutes, en effet, comme « associées et connectées de manière inséparable », « modelées l'une sur l'autre » ; comme « prenant naissance, agissant et réagissant ensemble ». On pouvait bien, dès lors, les étudier séparément ; mais c'était faire « une concession à notre faiblesse et à notre étroitesse d'esprit » :

Lorsqu'on analyse une chose en ses parties ou en ses propriétés, on tend à grossir leur importance, à exagérer leur apparente indépendance et à nous cacher (au moins pour un temps) l'intégrité essentielle et l'individualité du tout composite.

Quant au « diagramme de forces » d'une partie (telle un os), il exprimait pour lui à l'échelle de cette partie la structure de l'organisme dans sa totalité (conformément au vieux principe « cusain »). C'est par ailleurs sur la base de ce holisme que Thompson rejoignit Kant pour fournir une autre justification de sa conciliation du « mécanisme » et de la téléologie ; il légitimait celle-ci en tant que forme logique de la conservation de la totalité organique – une interprétation typique du holisme biologique sur laquelle je reviendrai au 1-4-5-8, qui constituait au moins un point commun avec Driesch en dépit de leur opposition :

Comme Kant le disait, « la cause du mode d'existence de chaque partie d'un corps vivant est *incluse dans le tout* ». Et, selon la tendance ou l'aspect de notre pensée, on peut considérer les parties coordonnées, soit en tant que rapportées et ajustées à la fin ou la fonction du tout, soit en tant que rapportées ou résultant des causes physiques inhérentes à l'ensemble du système de forces auquel le tout a été exposé, et sous l'influence duquel il est venu à l'existence⁴.

C'est en ce sens qu'il put écrire que « l'union du mécanisme et de la téléologie » est « enracinée dans la nature même de la totalité »⁵.

C'est aussi son holisme qui amena Thompson à attaquer, outre la conception de l'organisme comme somme d'actions cellulaires⁶, le darwinisme et ses versions renouvelées par la génétique. Il tenait pour une inanité la conception de l'organisme comme mosaïque de caractères séparables, soumis comme tels à la sélection naturelle. Elle ferait violence à la « loi » dite « d'équilibre (ou de balancement) des organes » de Goethe et Geoffroy St-Hilaire énonçant que toute modification d'un organe est solidaire de modifications des autres de telle sorte que l'harmonie de l'ensemble soit préservée⁷. Si Thompson entendait réhabiliter l'inspiration de Goethe, c'était toutefois en réfutant

¹ *op. cit.*, p. 327.

² *op. cit.*, pp. 326-327. Voir aussi p. 2 et p. 269.

³ *op. cit.*, p. 7 et p. 265. Ce qui ne signifie pas qu'il adhérerait à l'ensemble de la doctrine de Smuts, loin s'en faut.

⁴ *op. cit.*, p. 264.

⁵ *op. cit.*, p. 5.

⁶ *op. cit.*, p. 41 : « La vie du corps est plus que la somme des propriétés des cellules qui le composent. Comme le dit Goethe, 'le vivant est certes décomposé en éléments, mais on ne peut pas le recomposer et le faire vivre à partir d'eux' ».

⁷ *op. cit.*, p. 264.

consciemment l'opposition farouche du « père » de la morphologie à la mathématisation du vivant¹ et en s'efforçant au contraire d'esquisser une morphologie mathématique : du point de vue de cette tentative inédite de conciliation, son impact sur Bertalanffy fut essentiel. Il mena à bien cette ambition avec sa fameuse « théorie des transformations », dont les principes seront examinés au 2-4-2-1. La grande originalité de Thompson, qui fut une raison majeure de son influence sur Bertalanffy par-delà même la biologie, étant comme je le montrerai alors que cette « théorie » constitua tout à la fois une expression, une justification, et pour ainsi dire une « arme » de son holisme.

1-4-5-4 – *Approches holistiques du problème de l'hérédité*

Sur la question de la nature de l'hérédité, dont nous avons vu Thompson entendre « circonscrire » l'importance en morphologie, c'est vers Hertwig qu'il semble d'abord nécessaire de se tourner afin de voir émerger en 1900 un point de vue holistique dans ce qui s'annonçait pourtant déjà comme le fief par excellence d'une biologie méristique. Hertwig critiqua comme non-scientifique la théorie du plasma germinatif, vouée à assigner au matériel héréditaire la cause déterminante du développement. Il considérait comme métaphysiques l'introduction à cette fin d'entités hypothétiques et plus encore leur hypostase par Weismann, considérant que le matériel hérité se transforme au cours du développement par un processus épigénétique et voyant en conséquence dans les processus physiologiques des causes proximales largement plus significatives. Comme par anticipation, il se portait en faux contre la réflexion ultérieure de Jean Perrin à propos des atomes, selon laquelle la science aurait pour tâche d'« expliquer du visible compliqué par de l'invisible simple »² :

[La théorie du plasma germinatif] ne fait que transférer à une région invisible la solution du problème que nous cherchons à résoudre, au moins partiellement, par l'étude de caractères visibles ; et dans la région invisible, il est impossible d'appliquer les méthodes de la science [...]

Pour satisfaire notre appétit de causalité, des biologistes transforment la complexité visible de l'organisme adulte en celle, latente, du germe [...] Celui qui construit de tels châteaux en l'air prend facilement ses briques imaginaires, inventées pour expliquer la complexité, pour des pierres réelles [...] Il fait finalement plus confiance au travail de son esprit qu'à celui de la Nature elle-même³.

Cette critique anticipait aussi celle d'Eddington en 1920, qui fut reprise en 1929 par Woodger ; à savoir que « la tentative d'expliquer le complexe en termes du simple implique nécessairement le paradoxe d'expliquer le familier en termes non familiers », ou encore, en définitive, d'expliquer le (relativement) « connu » en termes d'« inconnu »⁴.

Woodger et son collègue londonien Edward S. Russell furent en fait, le premier entre 1929 et 1931 et le second entre 1916 et 1930, les plus virulents héritiers de Hertwig à cet égard, dans leurs critiques d'une génétique encore très fragile dans ses fondements. Leurs essais furent étudiés et maintes fois cités par Bertalanffy dans les années 1920 et 1930. En ce qui concerne plus particulièrement Woodger, j'insiste dès maintenant sur l'existence d'une correspondance très intense avec Bertalanffy entre janvier 1930 et 1932, qui se poursuivit de manière moins régulière jusqu'en décembre 1959 au moins. Cette correspondance, dont je suspectai l'existence jusqu'en 2010, est désormais attestée et en cours d'analyse⁵. Il est probable qu'une rencontre prolongée eut lieu entre les deux biologistes en 1926, année au cours de laquelle Woodger travailla plusieurs mois au *Vivarium* de Vienne cependant que Bertalanffy, qui terminait alors sa thèse, était en étroite relation avec cet institut.

Russell, soucieux de récuser la pensée « matérialiste » en général (notamment parce qu'il la jugeait socialement nuisible), cherchait à démontrer coûte que coûte son inadéquation en biologie, n'hésitant pas à s'appuyer sur les évolutions de la physique afin d'avancer son organicisme. Comme Whitehead, ce biologiste (qu'il ne faut pas confondre avec Bertrand Russell !) considérait que les

¹ *op. cit.*, p. 2.

² Perrin J.(1912, 1993), p. 24.

³ Hertwig O. (1900), in Maienschein J. (1991), pp. 417-418.

⁴ Eddington A.S. (1920) et Woodger J.H., in Woodger J.H. (1929), p. 71.

⁵ Correspondance personnelle avec Marshall W. Allen et Wolfgang Hofkirchner, directeur du B.C.S.S.S. Allen, un ancien étudiant de Woodger qui rédigea sa thèse sous sa direction et travaille à la rédaction de sa biographie, m'a communiqué cette information en janvier 2011 : Woodger lui a fait don de 90 lettres de Bertalanffy, et un travail commun est engagé afin d'en examiner le contenu. Les lettres, dont je dispose de copies, sont désormais disponibles au B.C.S.S.S. de Vienne, les négociations avec Allen ayant eu lieu fin janvier 2011. Birgit Zehetmayer, une étudiante de Hofkirchner, travaille activement et avec efficacité au regroupement des correspondances de Bertalanffy.

véritables éléments de la nature, des atomes aux êtres vivants, sont des « organismes » de différents degrés de complexité dont l'activité ne saurait être comprise en termes purement mécanicistes, quand bien même elle serait causée par les entités qui les composent. Il faisait de la totalité organique l'unité fondamentale de la biologie mais ne proposait guère qu'un retour à Aristote, sous la forme d'une vision fonctionnaliste de l'organisme et d'une réhabilitation empiriste du sens commun face aux abstractions « atomistes » d'une biologie « matérialiste ». Selon Russell, ce ne seraient pas les processus organiques qui permettent d'expliquer la forme organique, mais le contraire. Aucune substance ni entité intra-cellulaire ne pourrait être responsables du développement et de l'hérédité, lesquels constitueraient des phénomènes holistiques, des « fonctions ou activités de l'organisme unitaire dans son ensemble ». Les gènes ne seraient que des « fictions purement hypothétiques inventées pour rendre compte du comportement héréditaire », des objets de pensée et non des objets des sens, qui auraient certes « une certaine valeur interprétative et heuristique », mais qu'il faudrait se garder d'hypostasier. La génétique pourrait tout au plus expliquer de petites différences entre espèces inter-fertiles : elle ne pourrait en aucun cas être pertinente pour le problème de la morphogénèse¹.

Bien qu'il fût, à l'opposé de Russell, l'un des plus vigoureux critiques d'une biologie exclusivement empiriste et l'un des grands promoteurs d'une biologie théorique digne de ce nom, Woodger le rejoignit par une voie plus « cassirerienne », d'inspiration néo-critique et « relationaliste », dans sa critique des entités hypothétiques telles que les gènes. Seules les relations entre de telles entités étaient selon lui significatives :

Puisque de telles entités imperceptibles sont invoquées pour expliquer quelque chose qui est perçu, elles ne peuvent pas être logiquement prioritaires sur ce dernier. Elles sont donc *hypothétiques* et rien ne peut être affirmé à leur propos au-delà de ce qui est requis pour le but en vue – *l'explication du phénomène observé*, et ceci signifie *mettre celui-ci en relation avec d'autres phénomènes observés* [...] Mais il y a une puissante tendance à oublier leur *nature conceptuelle* et à traiter de telles entités comme si elles étaient « plus réelles » ou « plus fondamentales » que ce qui est donné dans la perception ; ce qui mène aisément à toutes sortes d'erreurs².

Le biologiste et philosophe organiciste écossais Edmund Montgomery apparaît en fait (avant même Hertwig) comme un précurseur de cette critique en ce qu'il avait déjà dans les années 1870 critiqué le recours à des entités hypothétiques au motif qu'il susciterait invariablement pour se justifier l'introduction d'explications occultes et des hypothèses *ad hoc*³. Woodger, influencé par des philosophes néo-hégéliens tels que Josiah Royce, se fondait directement sur la doctrine des « relations internes ». Son développement du concept de hiérarchie organique, qui sera considéré au 2-4-6-2, reposait en effet sur l'idée que le moment le plus important du concept d'organisme est la différence entre propriétés « intrinsèques » et propriétés « relationnelles ». Par les premières, Woodger désignait celles que manifeste une partie de l'organisme dans toutes les relations viables pour elle ; les secondes référant à celles qu'une telle partie ne manifeste que dans certains types de relation, qui dépendent donc des relations spécifiques de la partie concernée avec les autres parties. C'est la négligence de l'existence de telles propriétés « relationnelles » qui, justement, rendait selon lui inadéquate la métaphore de la machine. C'est elle qui aurait conduit les généticiens « mécanicistes » (de la « secte du mendélisme expérimental » surtout représentée par « l'école de Morgan »), qu'il réduisait à des adeptes du schéma « stimulus-réponse », à associer « illusoirement » de manière univoque un gène à un caractère. Woodger estimait qu'il faut au contraire envisager *a priori* que tous les gènes peuvent être impliqués dans l'élaboration d'un unique caractère (phénomène de polygénie qui se révéla effectivement plus tard être important), pourvu que l'on veuille bien reconnaître l'existence de « relations internes » à l'organisme :

[Nous voyons que] tous les gènes peuvent être impliqués dans l'élaboration de ce qui est nécessaire pour la manifestation d'un unique caractère, à condition de reconnaître la différence entre propriétés intrinsèques et relationnelles des parties non-cellulaires, et l'existence et l'importance de relations internes à la hiérarchie organique. De telles possibilités étaient fermées à Weismann parce qu'il

¹ Russell E.S. (1930), notamment p. 62, pp. 67-70 et p. 287 ; Goldschmidt R. (1931), pp. 459-460 ; Haraway D.J. (1976), p. 23 et p. 37 ; et Roll-Hansen N. (1984), pp. 407-413.

² Woodger J.H. (1929), pp. 280-281. Les italiques me sont propres.

³ Keeton M.T. (1947), p. 320.

postulait que les propriétés d'une cellule ne dépendent que de son noyau (au moins au cours de son développement) et qu'il ignorait ainsi complètement les relations internes mutuelles entre parties¹.

L'insistance sur le trait holistique des phénomènes héréditaires, notamment le principe de polygénie, se retrouve aussi dans la théorie « physiologique » de l'hérédité ou « génétique physiologique » développée par Goldschmidt à partir de 1919 et publiée en 1927. Cette génétique tentait de concilier les points de vue holistique et physicaliste, et d'unir dans une même perspective les domaines alors largement séparés de la génétique, de l'embryologie et de la biochimie. Goldschmidt s'attachait à étudier un problème laissé dans l'ombre par la théorie de Morgan, à savoir « la manière dont le gène, quel qu'il soit, agit en contrôlant le développement jusqu'à la forme adulte montrant tous les traits héréditaires », c'est-à-dire encore la manière dont le développement se relie à « la fonction et à l'action des gènes »². Dans sa théorie purement chimique, les gènes étaient assimilés à des enzymes, donc essentiellement à des catalyseurs. Le développement y était expliqué comme le produit des réactions en chaîne qu'ils induisent avec des taux de réaction déterminés, son ordonnancement remarquable l'étant par l'introduction d'un principe de coordination globale des vitesses de réaction. Et les mutations y étaient logiquement assimilées à de simples changements dans la quantité d'une enzyme, à une « perturbation du jeu normal des réactions catalytiques » (les allèles d'un même gène différant donc d'un point de vue quantitatif et non pas qualitativement)³. Goldschmidt concevait en fin de compte l'embryon comme un système chimique polyphasé dans lequel les substances contribuant à la formation des divers organes apparaissent par un processus coordonné de différenciation chimique ; ce qui lui permit d'expliquer les phénomènes de régulation mis en évidence par Driesch : la perturbation (telle une ablation partielle) de l'embryon n'empêchait pas un nouvel équilibre de s'établir⁴. Sa théorie était elle aussi solidaire du rejet de la conception orthodoxe assimilant le gène à l'unité d'hérédité (selon le schéma linéaire un gène – un caractère) : il fallait à son avis « en finir avec elle »⁵. Ce serait en effet le chromosome dans son ensemble qui constitue l'unité d'hérédité, de sorte que chaque caractère serait déterminé par l'action concertée de tous les gènes : chaque expression phénotypique d'un gène « dépend[rait] de la condition de tous les autres »⁶. Si Goldschmidt insistait de la sorte comme Woodger sur le principe de polygénie, il soulignait tout autant, comme le plus solide avocat néerlandais contemporain d'une biologie holistique⁷, l'importance de celui de pléiotropie, à savoir la détermination de plusieurs caractères par un seul gène⁸. L'influence de Goldschmidt sur Bertalanffy quant au problème de l'hérédité fut encore plus considérable que celles de Russell et Woodger. C'est d'ailleurs presque toujours au premier qu'il fit référence lorsqu'il s'efforça de légitimer sa perspective « organismique » dans ce domaine :

Nous devons nous libérer d'une conception sommative du processus héréditaire [...] Chaque gène agit sur beaucoup de caractères voire en définitive sur tout l'organisme ; et réciproquement, un unique facteur n'est pas responsable d'un caractère, l'action commune de nombreux facteurs héréditaires étant nécessaire à son existence [...] La totalité de l'organisme de l'animal adulte est engendrée par la totalité du complexe de dispositions (le génome) de la cellule germinale⁹.

Je montrerai au 2-5 comment Bertalanffy chercha à intégrer le point de vue de Goldschmidt dans la constitution d'une théorie synthétique de la morphogenèse.

Une autre approche holistique de la génétique, dont l'influence sur Bertalanffy fut moins significative bien qu'il s'y soit aussi référé dans ses premiers articles, doit enfin être mentionnée – ne serait-ce que du fait de sa dénomination. Il s'agit de la « *théorie des systèmes génétiques* » [*Theorie der genetischen Systeme*] élaborée dans les années 1920 par Martin Heidenhain, qui représentait un cas extrême illustrant comme les travaux de Russell, Woodger et Goldschmidt le fait que ce domaine et

¹ Woodger J.H. (1930), p. 18; voir aussi pp. 12-15 et p. 438.

² Goldschmidt R. (1938), p. 1 et Pichot A. (1999), p. 164.

³ Goldschmidt R. (1938), pp. 51-52 et p. 310. Voir aussi Piternick K.L. (1980), p. 20.

⁴ Goldschmidt R. (1938). Voir aussi Sapper K. (1926), pp. 889-895 ; Bertalanffy L. von (1929a), p. 100 et (1930), pp. 369-370.

⁵ Goldschmidt R. (1938), p. 311.

⁶ *op. cit.*, p. 156.

⁷ Jordan H.J. (1932), p. 490.

⁸ Goldschmidt R. (1938), notamment pp. 78-81 et pp. 156 sq. Voir aussi Pichot A. (1999), pp. 164-165 et Ruffié J. (1982), p. 120.

⁹ Bertalanffy L. von (1937b), p. 161.

celui de la morphogénèse ne se laissaient à l'époque pas encore séparer¹. Avec cette « théorie synthétique » de l'organisme qu'il élaborait essentiellement entre 1923 et 1929 et qu'il baptisa aussi du nom de « synthésiologie » [*Synthesiologie*], Heidenhain entendait dépasser la théorie cellulaire orthodoxe et son atomisme. Des organites intra-cellulaires jusqu'à l'organisme dans sa totalité, l'être vivant était conçu comme un *cosmos*, dans une perspective revenant à décliner sur un mode biologique la « vision monadologique du monde » : cet être ne serait ni dans son ensemble, ni dans ses parties un simple agrégat de cellules, mais une hiérarchie de formes, les « histosystèmes », dont l'ordre, qualifié d'*enkapsis*, suivrait le modèle de l'emboîtement. Dans sa théorie, chaque « histosystème » est subordonné à l'action de ceux dans lesquels il est « encapsulé ». Le principe de leur engendrement, quel que soit leur niveau dans la hiérarchie organique, étant la reproduction par division. Heidenhain s'efforça de montrer que ce seul principe permet de rendre compte de l'existence d'une « force naturelle se développant à partir de l'organisation spécifique de la matière vivante », la « syntonie », qui assurerait la cohésion des « histosystèmes » et l'intégration des différents niveaux de l'*enkapsis*.

1-4-5-5 – L'organisme et son environnement comme « totalité »

Une autre problématique biologique investie par les modes de pensée holistiques de manière plus significative encore que celle de l'hérédité est celle concernant les relations de l'organisme individuel et de son environnement, et ce qu'elles induisent sur son comportement. Les approches holistiques de cette problématique, que l'on peut d'ailleurs peut-être considérer comme celles des sciences de la vie ayant le plus profondément influencé Bertalanffy si l'on tient compte non seulement de sa biologie « organismique » mais aussi de sa théorie de la connaissance, se subdivisent en fait en deux groupes, dont je distinguerai ici l'examen en deux sous-sections. Je considérerai dans la présente celles que l'on peut qualifier d'approches « écologiques » de l'organisme ; à savoir celles qui considèrent que son comportement est incompréhensible abstraction faite de son environnement, les deux formant un « système » qui doit être appréhendé en tant que tel. La « théorie de l'*Umwelt* » de Jakob von Uexküll (et son prolongement chez Hermann Weber), dont nous verrons au 2-1 le rôle dans le perspectivisme de Bertalanffy, en fut la manifestation majeure : très influente, y compris et peut-être surtout des points de vue idéologiques et philosophiques², elle constitua en fait une figure emblématique du holisme dans le monde germanique à l'époque.

Von Uexküll se considérait en biologie comme un héritier des « téléomécanicistes » majeurs que furent von Baer et Müller, et il entretint dès 1891 des relations étroites avec Driesch. Il épousait en philosophie de la connaissance les vues de Kant, tout ayant la prétention de les enraciner dans la biologie³. Il développa sa « théorie de l'*Umwelt* » dès la fin des années 1900, la sophistiquant par la suite jusqu'à la fin de sa vie. En se fondant sur une approche purement behavioriste et physiologique, il visait à montrer que la perception qu'un organisme animal a de son « entourage » [*Umgebung*] et la manière dont il agit sur lui sont déterminées par son organisation biologique. Selon sa théorie, qui anticipait en particulier largement le concept cybernétique de « rétroaction » [*feedback*], l'organisme n'expérimente pas un monde « en soi », mais deux mondes engendrés par la coordination de ses organes « récepteurs » (i.e. sensoriels) et « effecteurs » (i.e. d'action) en un « cycle fonctionnel » [*Funktionskreis*] : son « monde perceptif » [*Merkwelt*] et son « monde de l'action » [*Wirkwelt*]. Ces deux mondes formeraient une « totalité close » : le « monde vécu » ; celui auquel, précisément, Uexküll donnait le nom d'*Umwelt* (« milieu »)⁴. Le « milieu » d'un être vivant serait ainsi l'ensemble des caractéristiques partielles de son « entourage » auxquelles il est sensible et sur lesquelles il peut agir conformément à son organisation psychophysique ; il serait le monde que cet être crée par nécessité biologique et qui lui permet de subsister :

Tout sujet tisse ses relations comme autant de fils d'araignée avec certaines caractéristiques des choses et les entrelace pour faire un réseau qui porte son existence⁵.

¹ Heidenhain M. (1923). Voir aussi Sapper K. (1926), pp. 345-346 ; Bertalanffy L. von (1930/1931), pp. 372-373 et (1932b), pp. 261-263.

² En ce qui concerne l'idéologie, voir le dernier chapitre de cette partie. En ce qui concerne la philosophie, on peut au premier chef mentionner Cassirer (par exemple Cassirer E. (1944, 1975), p. 41). Voir aussi le premier chapitre de ma seconde partie.

³ Uexküll J. von (1934, 1965), p. 28 ; Harrington A. (1996), p. 39 ; Kull K. (2001), p. 8.

⁴ Uexküll J. von (1934, 1965), pp. 14-24.

⁵ *op. cit.*, p. 29.

La différence entre « entourage » et « milieu » est le lieu précis où se logeait le holisme de Uexküll : le premier désignait la totalité d'un espace dans lequel on considère un organisme indépendamment de celui-ci, alors que le second était essentiellement un concept relationnel¹. L'« entourage » ne deviendrait « milieu » que dans l'exacte mesure où il serait porteur d'une signification. L'organisme serait seul à pouvoir instaurer cette signification, qui dériverait de la relation « perceptive-active » qu'il établit avec son « milieu » :

Ce sont les actions des animaux projetées dans leur milieu qui confèrent leur signification aux images perceptives grâce à la connotation d'activité [...] Avec le nombre des actions possibles d'un animal croît également le nombre des objets qui peuplent son milieu².

Un animal ne peut entrer en relation avec un objet comme tel [...] Ce n'est qu'à travers un rapport que l'objet se change en un porteur de signification, signification qui lui est conférée par le sujet [...] Chaque milieu constitue une unité fermée sur elle-même, dont chaque partie est déterminée par la signification qu'elle reçoit pour le sujet de ce milieu³.

Chaque organisme constituerait donc une sorte de monade. Il aurait son univers propre, parce que l'expérience qu'il a de son « entourage » lui serait propre :

Chaque sujet vit dans un monde où il n'y a que des réalités subjectives et où les milieux mêmes ne représentent que des réalités subjectives⁴.

Selon Uexküll, il ne saurait même pas y avoir de temps ni d'espace absolus. Ses études zoologiques l'amènèrent en effet à affirmer que seul existe un « temps perceptif » relatif à chaque organisme ; et que, comme le temps, « l'espace » est un « produit du sujet », engendré en fait par l'intersection de trois espaces : les espaces « tactile », « actif » et « visuel »⁵. Les formes de l'intuition que Kant avait considérées comme des *a priori* immuables et absolus se révéleraient ainsi relatives aux conditions physiologiques de chaque organisme. Mais d'un autre côté, Uexküll jugeait que cette relativisation équivalait à une démonstration éclatante, purement biologique, de la « révolution copernicienne » opérée par Kant :

Sans sujet vivant, le temps ni l'espace n'existent. La biologie trouve là accès à la doctrine de Kant, qu'elle exploite scientifiquement dans la théorie des milieux en insistant sur le rôle décisif du sujet⁶.

Du point de vue de la philosophie de la connaissance, une première conséquence de la théorie de l'*Umwelt*, radicalement relativiste, était donc que deux organismes biologiquement différents expérimenteraient des réalités incommensurables ; « la » réalité ne pourrait se définir que comme le produit, relatif au sujet, de l'interaction entre ses mondes « perceptif » et « de l'action » :

Trop souvent nous nous imaginons que les relations qu'un sujet d'un autre milieu entretient avec les choses de son milieu prennent place dans le même espace et dans le même temps que ceux qui nous relient aux choses de notre monde humain. Cette illusion repose sur la croyance en un monde unique dans lequel s'emboîteraient tous les êtres vivants⁷.

Une seconde conséquence de cette théorie, qui rejoignait les critiques holistiques du behaviorisme en psychologie et pouvait de ce fait passer pour leur fondement biologique, est qu'un organisme ne saurait, comme tendaient à le faire apparaître les mécanicistes tels que Loeb et le principe de sélection naturelle, être considéré comme le produit passif du monde « extérieur » ; qu'il est au contraire un créateur actif de sa propre réalité. L'importance de cette conséquence pour la genèse des conceptions de Bertalanffy se mesure bien sûr à l'aune de son principe d'« activité primaire », dont l'ubiquité dans ses travaux a déjà été soulignée. Remarquons que Woltereck, un écologue très représentatif du mouvement holistique allemand contemporain et qui influença lui aussi significativement le Viennois, développa dans les années 1920 des conceptions similaires à celles de Uexküll. Il insista tout autant

¹ Weber H. (1939), p. 251.

² Uexküll J. von (1934, 1965), pp. 60-61.

³ Uexküll J. von (1940, 1965), pp. 94-95 et p. 98.

⁴ Uexküll J. von (1934, 1965), p. 85.

⁵ *op. cit.*, pp. 30-43.

⁶ *op. cit.*, p. 28.

⁷ *op. cit.*, p. 29.

sur la « réciprocité » des relations entre les formes biotiques et leur environnement, qui impliquait notamment pour lui que toute causalité en la matière soit conçue sur un mode circulaire :

Les formes biotiques sont adaptées à leur environnement [*Umwelt*] et les environnements sont pour leur part adaptés aux organismes. Des relations réciproques de type général ne peuvent être « expliquées » en exhibant ça et là des causes relatives à une direction particulière de relations [...], de telles structures de relations [*Beziehungsgefüge*] devraient déjà être expliquées en tant que tous [...] sans quoi] elles ne peuvent pas du tout être « expliquées »¹.

Remarquons enfin que Dewey, dont la connexion avec Bertalanffy n'intervint qu'après-guerre par l'intermédiaire d'Arthur Bentley², esquissa avant même Uexküll, dans sa critique du concept d'arc réflexe que j'ai déjà mentionnée au 1-4-4-2, des conceptions très voisines qui aboutirent plusieurs années plus tard à son « transactionnalisme »³.

Sans parler pour le moment des critiques (en premier lieu celles de Bertalanffy) adressées à la « théorie des milieux » du seul point de vue de la théorie de la connaissance, l'approche plus holistique encore de cette théorie par Weber, qui fut développée dans les années 1930, doit elle aussi être mentionnée à cette place. La principale critique adressée par Weber à Uexküll, qui rejoignait d'ailleurs en partie celles du premier type, était que sa définition du concept de « milieu » était beaucoup trop étroite, parce que non évolutionniste et exclusivement centrée sur les sujets individuels : elle ne permettait par exemple pas d'appréhender des populations ou des espèces. Weber développa donc un concept de « milieu » prenant en compte le fait que l'organisme individuel est « membre d'une série de générations » et d'une « communauté fermée de reproduction ». Son concept généralisait celui de Uexküll en y intégrant ceux de « race », d'espèce et de population : « l'organisation spécifique » d'un organisme déterminant son « milieu » devrait être vue non au niveau de l'individu, mais comme spécifique à son espèce, héréditaire et soumise aux principes de l'évolution phylogénétique (variabilité et sélection naturelle)⁴ : le holisme de la « théorie des milieux » devrait ainsi s'approfondir par la substitution de l'espèce à l'individu, ce qui impliquait une dimension « chrono-holistique »⁵ prenant en compte son histoire.

1-4-5-6 – *L'organisme en tant que « totalité » dans son environnement*

J'en viens maintenant à l'autre type d'approche holistique des relations entre l'organisme individuel et son environnement, à l'existence duquel j'ai fait allusion au début de la précédente sous-section. Il s'agit ici d'approches qui consistaient moins à considérer le système organisme-environnement en tant que tel qu'à s'intéresser à la relative autonomie que l'organisme conquiert *via* ses interactions avec son environnement, à la manière dont il s'y préserve et s'y développe en tant que totalité. Ce sont ici surtout les travaux de Weiss et d'Alverdes qui nous occuperont, mais nous en verrons aussi des analogues anglo-saxons dans certains travaux de Child et Herrick.

Ces approches ont largement déterminé la conception bertalanffienne de la biologie et son concept central de « système ouvert ». Une raison importante de cette détermination est que c'est à Vienne même que Bertalanffy put en trouver le développement le plus accompli à l'époque. Car il trouva une bonne part de son inspiration dans les travaux et les discussions ayant eu cours depuis le début du siècle au sein du *Prater Vivarium* de Vienne. La recherche au *Vivarium* s'inscrivait dans le même contexte de changement de paradigme en embryologie et en morphologie que la « mécanique du développement » de Roux : la transition d'une approche essentiellement descriptive et comparative vers une approche expérimentale visant la recherche d'explications causales (physico-chimiques et physiologiques) des formes organiques. Cette approche se combinait au *Vivarium* avec un souci considérable d'interdisciplinarité, la botanique et la zoologie y entretenant un dialogue permanent avec les sciences physico-chimiques. Plus important encore ici, une bonne part de l'originalité de cet

¹ Woltereck R., in Dotterweich H. (1940), p. 15.

² Voir la correspondance très dense et riche entre Bertalanffy L. von et Bentley A., entre le 20/08/1950 et le 29/01/1951 (*Archives du B.C.S.S.S.*). Voir aussi Pouvreau D. (2009a), p. 109 à ce sujet, sur lequel je reviendrai dans ma seconde partie, surtout au 2-1-3-7.

³ Dewey J. & Bentley A. (1946a) et (1946b).

⁴ Weber H. (1939), notamment pp. 246-251.

⁵ Le terme « chrono-holisme » fut semble-t-il forgé par le chimiste Frederick G. Donnan (1936) ; il ne fut pas utilisé par Weber.

institut tient au fait qu'on s'y employait à mettre cette approche au service d'une conception holistique de l'organisme, dont son directeur Przibram résuma ainsi radicalement en 1923 la nécessité :

Par l'analyse, par l'étude de faits isolés, s'élimine le biologique à proprement parler¹.

La vision dominante au *Vivarium* se retrouva donc incompatible avec le préformisme de Weismann ou ses variantes sophistiquées par la théorie génétique de l'hérédité, et plus encore avec le « réactivisme » d'un Loeb : on y défendait une conception épigénétique du développement ; et l'organisme y était appréhendé comme un *système* entretenant une relation active avec son environnement, comme une unité structurale et fonctionnelle relativement autonome qui, loin de se limiter à réagir passivement et de manière univoque à des stimuli, les « métabolise » et parvient ainsi à se conserver et à se développer. Pour Przibram, qui anticipa ainsi la perspective adoptée par Bertalanffy sur le problème de la croissance organique, c'était la conception de l'organisme comme système en équilibre dynamique qui devait permettre de réaliser la connexion entre morphologie et physiologie, dont l'absence restait patente. Il s'inscrivait dans la continuité de Hering, qui avait fait du métabolisme la caractéristique fondamentale de l'organisme vivant, reprenant ainsi lui-même une conception déjà esquissée dans la tradition « téléomécaniciste » (notamment chez Müller, que Bertalanffy cita justement à ce propos à l'appui de ses conceptions²). Hering avait ainsi défini l'organisme :

Un système capable de préserver sa constitution des influences extérieures, qui se présente comme un état d'équilibre dynamique d'une stabilité considérable³.

C'est toutefois Weiss, dont la thèse fut dirigée par Przibram, qui exprima plus concrètement et de manière plus aboutie que tout autre biologiste du *Vivarium* la fécondité du holisme « organismique » qui y prédominait. Son étude du comportement de certaines espèces de papillons, effectuée entre 1922 et 1924, l'amena à s'attaquer en profondeur dans cette thèse à la théorie des tropismes de Loeb qui, en ses termes ultérieurs, assimilait en fin de compte les organismes à « des marionnettes passivement soumises à l'environnement »⁴. Weiss y critiqua d'abord avec vigueur l'*a priori* réductionniste de Loeb, au motif qu'il écartait dogmatiquement la possibilité que des « lois déterminées » puissent être formulées pour différents « ordres de grandeur » sans pouvoir être dérivées des lois gouvernant des ordres de grandeur « inférieurs »⁵. Et tout son travail consista précisément à exhiber de telles lois, non seulement en référence aux organismes particuliers qu'il étudiait, ni même en référence aux seuls organismes en général. Préfigurant certes sans formalisation le projet de « systémologie générale » de Bertalanffy, Weiss chercha en fait (j'y ai fait allusion au sujet de ses travaux sur le concept de champ morphogénétique) à énoncer des lois dites « systémiques » [*Systemgesetze*], qui référaient à un concept de « système » très général évoquant à première vue le principe goethéen de « durée dans le changement » :

Nous désignons par système tout complexe manifestant la tendance à demeurer constant en tant que tout relativement à son environnement, par des modifications de ses parties⁶.

Plutôt que de « lois systémiques », il faudrait en fait plutôt parler chez Weiss (comme chez Bertalanffy) de « principes systémiques généraux » formant une matrice conceptuelle au sein de laquelle des recherches plus spécifiques étaient censées se développer, à commencer par les siennes sur le comportement animal ou la morphogenèse. Ils furent énoncés pour « caractériser la 'réaction d'un système' » à des conditions imposées par son environnement. On reconnaît dans le second un *avatar* généralisé du principe de Le Châtelier, mais aussi une conception de l'équilibre qui n'était en fait pas congruente au dynamicisme goethéen (et bertalanffien), en ce qu'elle ne le pensait pas comme la persistance d'un *ordre* dynamique *procédant du changement lui-même*, mais comme celle d'un état « stable ». Quant au troisième principe, on y perçoit une nouvelle fois l'assimilation déjà évoquée (que

¹ Przibram H. (1923), p. 21.

² Müller souligna par exemple l'importance du fait qu'« aussi longtemps que vit un organisme, il se trouve en décomposition constante et la matière épuisée est toujours de nouveau remplacée par une nouvelle » : voir Bertalanffy L. von (1932b) pp. 191-192.

³ Hering O. (1888), cité in Przibram H. (1906), p. 222.

⁴ Weiss P.A. (1971, 1974), p. 168.

⁵ Weiss P.A. (1925), p. 173.

⁶ *op. cit.*, p. 183.

ce soit chez des physiiciens comme Weyl ou chez des biologistes tels que D'Arcy Thompson) de la téléologie à l'expression d'un principe d'optimalité :

- (a) Dans chaque tendance au maintien de la constance s'exprime le fait que l'état du système représente l'état stable, i.e. univoque, du complexe.
- (b) Le maintien de la constance du tout par modification des parties ne peut être causé que par une modification opposée des parties restantes, le système produisant donc cette dernière modification à partir de lui-même (réaction du système). Chaque perturbation de l'état stable [...] est suivie de changements qui durent jusqu'à ce qu'un nouvel état de détermination univoque soit atteint, un état dans lequel 'rien ne se produit, car rien ne peut se produire'.
- (c) L'état du système, en tant qu'il est parfait (univoque), doit être caractérisé par une condition d'optimalité (condition de maximum ou de minimum) de l'action des facteurs impliqués.

En d'autres termes, un système « répond à des transformations introduites de l'extérieur par des réactions de compensation » qui lui permettent soit de maintenir un état stable déterminé, soit de se diriger vers un nouvel état stable, lequel satisfait dans tous les cas des critères d'optimalité¹. En particulier, la régulation et l'adaptation étaient pour Weiss les manifestations systémiques d'une dynamique propre aux organismes en tant que totalités :

La capacité d'adaptation [*Anpassungsfähigkeit*] est une propriété systémique, l'adaptation [*Anpassung*] une réaction systémique et le fait d'être adapté [*Angepaßtheit*] un état systémique [...] L'organisme est typiquement un système dans ses réactions [...] Son comportement doit donc être rendu intelligible à partir de ses propriétés systémiques².

Selon lui (et ici se lit l'influence assumée de la théorie de la *Gestalt*), les organismes ne se distingueraient pas de ce point de vue des systèmes « inorganiques ». Ce qui ne légitimerait pas pour autant un quelconque réductionnisme : d'une part du fait de l'historicité propre aux êtres biologiques, d'autre part en ce que ce serait au holisme d'investir la science du monde « inorganique », non au mépris de s'imposer en biologie.

Quant aux aspects « mécanicistes » du comportement animal, Weiss ne les sous-estimait pas. Il anticipait d'ailleurs là encore une distinction qui devint fondamentale chez Bertalanffy entre ce que celui-ci appelait l'« activité primaire » et la « mécanisation secondaire », dont le fondement serait le « primat de l'ordre dynamique » :

Une grande partie de l'ordonnement des processus vitaux repose non sur des mécanismes rigides, mais sur l'interaction dynamique [...] L'organisme est à considérer comme un système réagissant primordialement de manière unitaire et dynamique, cette réaction subissant certes secondairement une limitation par une mécanisation progressive des processus individuels qui s'y manifestent³.

Déjà selon Weiss, la « plasticité primaire » manifestée par les capacités de régulation et d'adaptation des organismes se doublait d'une autre capacité, celle de « fixer » (par la mémoire ou l'hérédité) en des mécanismes rigides (réflexes et instincts) certaines réactions initialement « plastiques »⁴, ce processus étant toutefois considéré comme « secondaire » :

Nous n'avons pas affaire [avec ces mécanismes] à un état originel, mais à un type de réaction systémique originellement unitaire, secondairement fixée dans toutes les parties : unitaire, c'est-à-dire en tant que tout fermé, ce qui signifie aussi les parties subordonnées au tout⁵.

Se focaliser comme Loeb sur ce seul aspect revenait pour Weiss à s'interdire de comprendre le comportement animal ; car ce serait inverser l'ordre de primauté des « réactions » :

La réaction du tout n'est pas une conséquence des réactions partielles, mais c'est au contraire le cours des réactions partielles qui est déterminé par la réaction d'ensemble⁶.

¹ *op. cit.*, pp. 183-184.

² *op. cit.*, p. 189.

³ Bertalanffy L. von (1937b), p. 13.

⁴ Weiss P.A. (1925), p. 190 et pp. 244-245.

⁵ *op. cit.*, p. 191.

⁶ *op. cit.*, p. 179.

Entre l'action de l'environnement et la « réaction » de l'animal s'interposerait toujours le système organique, cette « réaction » ne pouvant être qu'un produit de ce système. Selon Weiss, l'erreur fondamentale de Loeb, et de tout mécanisme « réactiviste » en général, était de penser que « des formes phénoménales similaires doivent reposer sur un mécanisme similaire », alors qu'elles peuvent n'être que le fait d'« événements systémiques similaires »¹.

Il est indéniable que Weiss a considérablement orienté les problématiques du jeune Bertalanffy. Celui-ci est de lui-même entré en contact avec Weiss lors de son retour à Vienne en 1924 (après ses quatre ans d'études à Innsbruck) et les deux jeunes chercheurs entretenirent au moins jusqu'en 1926 des discussions passionnées dans les cafés viennois concernant le concept de système et son application en biologie². Il n'est dès lors pas étonnant que Bertalanffy cita invariablement Przibram et Weiss dans tous ses premiers écrits biologiques. L'est par contre beaucoup plus le fait qu'il ne mentionna à cette époque jamais Weiss à propos de sa thèse, mais seulement à propos de sa théorie des champs morphogénétiques, et toujours de manière assez succincte. Réciproquement, Weiss semble n'avoir jamais évoqué explicitement les travaux biologiques ultérieurs de Bertalanffy dans ses publications. Leurs relations semblent en fait s'être muées en rivalité lorsque Bertalanffy commença en 1926 à développer sa philosophie « organismique » de la biologie, et s'être brutalement dégradées en 1928 après la publication de sa « théorie critique de la morphogenèse », Weiss laissant entendre que son collègue le plagiait³ (une accusation au moins partiellement injustifiée compte tenu en particulier des divergences entre eux concernant le concept d'équilibre). Il fallut attendre après-guerre pour que leurs relations s'apaisent : Weiss invita manifestement Bertalanffy à tenir une conférence à Austin (université du Texas) en 1952 ; et ce dernier fit publier en 1959 dans le *General System yearbook* qu'il coéditait une traduction anglaise partielle de l'article de Weiss de 1925 : il reconnut ainsi implicitement sa dette intellectuelle, qu'il confirma publiquement en 1969 en affirmant que Weiss devait être crédité d'avoir significativement introduit le concept de système en biologie⁴.

Reste qu'en ce qui concerne le concept de « réaction systémique », Bertalanffy ne se référa jamais à Weiss, mais à Alverdes⁵, un zoologiste allemand spécialiste des comportements animaux individuels et sociaux qui fut lui aussi une grande figure de la biologie holistique contemporaine. Pas plus que Bertalanffy, Alverdes ne pouvait ignorer les travaux de Weiss : tous trois publiaient des articles dans *Biologia Generalis* et firent partie du groupe de biologistes édités par Schaxel. Weiss ne fit pourtant pas plus partie de ses références. Alverdes critiquait lui aussi avec véhémence « l'application non critique [par Loeb notamment] des concepts physiques et chimiques à l'événement biologique ». Et il insistait plus clairement encore sur l'« activité » de l'animal, par opposition à l'idée d'une « réaction passive à une contrainte extérieure », ainsi que sur le « trait holistique [*Ganzheitlichkeit*] du comportement animal » reposant sur les fonctions unificatrices du système nerveux central⁶ :

Tous les modes de comportement des animaux sains ne peuvent être conçus que holistiquement et non sommativement⁷.

Tous les processus partiels que l'on semblait pouvoir isoler dans l'étude de l'activité animale se révélaient donc selon lui « dépourvus de sens » lorsqu'on ne les considère pas dans leur liaison à la totalité. Rejoignant sans le dire la métaphysique holistique de l'individu de von Hartmann, dont l'impact sur Bertalanffy a déjà été dit, Alverdes soulignait d'ailleurs que le concept d'« individualité » ne réfère en aucun cas à l'« indivisibilité » d'un tout, mais à la « fonction holistique et tirée de la totalité [*ganzheitliche und ganzheitsbezogene*] de ses parties ». Ce qui impliquerait que la maxime téléologique selon laquelle « le but détermine le moyen » s'applique au comportement animal, constituant un préalable à sa compréhension⁸.

¹ *op. cit.*, p. 171 et p. 244.

² Brauckmann S. (1997), p. 2; Hofer V. (2000), p. 152.

³ Hofer V. (2000), p. 252 ; voir aussi Khittel S. (2000), pp. 165-166.

⁴ Bertalanffy L. von, in Koestler A. & Smythies J. (1969), p. 54.

⁵ Cette omission est la plus caractéristique dans Bertalanffy L. von (1937b), pp. 136-142, parce que Bertalanffy y utilisa justement les travaux d'Alverdes, et non ceux de Weiss, à l'appui de la justification de son concept d'activité primaire.

⁶ Alverdes F. (1931), p. 314-315, p. 323 et p. 333.

⁷ *op. cit.*, p. 331.

⁸ *op. cit.*, pp. 330-333.

Des approches apparentées de l'organisme se manifestaient à l'époque également de l'autre côté de l'Atlantique, surtout à l'université de Chicago. Ainsi Herrick, professeur de neurologie, ne concevait-il pas l'anatomie du cerveau sans une compréhension profonde des relations entre parties de cet organe et de leur signification fonctionnelle, son fonctionnalisme étant indissociable d'une conception de l'organisme en général qui cherchait un compromis entre les déterminismes environnementaliste et génétique. Inspiré par la définition spencerienne de la vie comme « ajustement de relations internes à des relations externes », Herrick interpréta en effet au début des années 1920 l'organisme comme un « système de forces » qui se maintient par un échange continu d'énergie avec son environnement, préfigurant ainsi en partie le concept de « système ouvert » de Bertalanffy. Sous l'influence de Dewey, il était de surcroît porté lui aussi à ne pas dissocier l'impact de l'environnement sur l'organisme de l'action exercée par le second sur le premier, intégrant cette conception à une philosophie dialectique d'inspiration plus encore héraclitienne et « *naturphilosophisch* » que darwinienne, qui faisait du conflit « la base de toute évolution »¹.

Herrick fut alors amené à converger avec son ami et collègue Child, lui aussi professeur à Chicago, vers une vision de l'organisme en tant qu'entité se créant elle-même en réponse à son environnement, et vers l'extension de cette vision hors de la biologie, en direction de « l'organisme social ». La base en était la théorie des gradients physiologiques, où les processus de différenciation et d'intégration organique apparaissaient comme des réponses à l'action de facteurs externes nécessaires à la préservation et au développement harmonieux de la totalité organique : Child et Herrick interprétèrent le comportement individuel et l'évolution culturelle comme les résultats de gradients formés au contact de l'environnement, de relations de domination et de subordination entre parties contrôlant le développement bien ordonné de la psyché individuelle ou de la totalité culturelle².

Quant au zoologiste Herbert S. Jennings, il anticipa nettement sous l'influence de James et peut-être de Dewey le concept d'« activité primaire » développé par Weiss et Bertalanffy, fournissant des arguments aux critiques précoces des behaviorismes ; l'année même (1906) où Loeb publiait son principal essai mécaniciste, il lui opposait dans son propre ouvrage principal sur le comportement des organismes inférieur que

l'activité ne requiert pas la présence de stimulation extérieure [... Elle est] la condition normale [...] *L'organisme est activité* et ses activités peuvent être spontanées [...] L'énergie, et souvent l'impulsion du mouvement, viennent de l'intérieur, et lorsqu'ils sont libérés par le stimulus, il s'appelle seulement de ce que James a appelé « *trigger action* »³.

1-4-5-7 – Associations biologiques et biocénoses : les « totalités supra-individuelles »

Compte tenu de l'objet de sa thèse, le concept d'« intégrations d'ordre supérieur », où il avança en particulier qu'« une espèce est plus que la somme de ses parties, tous ses membres étant liés par une communauté de sang »⁴, il n'est pas étonnant que Bertalanffy, plus encore peut-être qu'à tous les travaux précédemment discutés, ait été très attentif à ceux concernant la sociologie animale et la biocénologie. Précisément dans les années où il entra sur la scène de la biologie furent publiés tant en Allemagne qu'aux États-Unis et en U.R.S.S. plusieurs articles et traités abordant ces domaines dans une perspective là encore holistique ou, tout au moins, pouvant aisément être interprétée comme telle. C'est par le biais des allemands Alverdes, Friederichs et Woltereck que Bertalanffy prit connaissance de ces développements au tournant des années 1930. Je commencerai donc par évoquer leurs travaux, qui ont nourri certaines de ses réflexions décisives. Je montrerai brièvement ensuite comment la logique holistique imprégna les principales approches américaines et soviétiques de l'écologie. La sous-section suivante s'inscrira dans le prolongement de celle-ci en discutant spécifiquement une première fois les travaux de Lotka : celui-ci fut en effet, comme je l'établirai au 2-4-4, une figure clef de l'histoire du projet de « systémologie générale ».

Alverdes publia en 1925 un essai visant à jeter les bases de ce qu'on pourrait appeler une « psychologie sociale comparée » où, armé de sa conviction de la « grande importance » de la

¹ Kingsland S.E. (1993), pp. 450-453, ainsi que p. 458 : en ce qui concerne Dewey, l'influence fut réciproque dans les années 1920 et 1930.

² *op. cit.*, pp. 454-456.

³ Jennings H.S. (1906), in Thurstone L.L. (1923), p. 367.

⁴ Bertalanffy L. von (1926a), p. 56.

« sociologie animale » pour la sociologie humaine, il cherchait à étudier « dans quelle mesure la vie sociale des hommes diffère de celle des animaux, et dans quelle mesure elle leur ressemble »¹. Un premier moment crucial de sa « sociologie animale » fut l'introduction d'une distinction entre d'une part les simples collections d'individus résultant de leur réunion contingente sous l'effet de facteurs environnementaux, qu'il appelait les « associations » ; et d'autre part les véritables « communautés » existant en vertu de certains instincts particuliers, qui forment des « tous organiques », appelées « sociétés ». Alverdes introduisit une seconde distinction fondamentale, classifiant les sociétés en « communautés (ou sociétés) fermées » et « communautés (ou sociétés) ouvertes » – une distinction qui n'est pas sans évoquer celle, ultérieure et à portée idéologique potentielle aussi considérable, de Karl Popper. Alverdes référait par les premières à des communautés où de nouveaux membres ne sont admis ou ne peuvent se retirer que sous certaines conditions très particulières, et où se manifeste une hiérarchie entre membres (par exemple les « États d'insectes »). Dans ce qu'il appelait « société ouverte », l'admission ou le retrait de membres ne posent aucun problème particulier. Alverdes tendait à superposer à cette dichotomie celle entre « communautés organisées » (où les individus ont un statut bien déterminé) et « communautés inorganisées » (où tel n'est pas le cas), tout en ne faisant pas coïncider ces dichotomies. Le trait caractéristique d'une « société ouverte » serait d'être moins exclusive que les autres ; mais une certaine hiérarchie pourrait aussi bien s'y établir, auquel cas elle deviendrait une « société ouverte organisée ». Dans le cas contraire, elle demeurerait homogène, au sens où aucun statut particulier ne distingue ses membres, formant alors une « société ouverte inorganisée ». Alverdes s'efforça d'illustrer combien les « sociétés fermées » et « ouvertes organisées » dont le monde animal fournit maints exemples « démontrent la vérité du dicton selon lequel le tout n'est pas seulement la somme de ses parties », l'effet collectif obtenu par la coopération des individus ne pouvant « jamais être inféré par une simple sommation des réalisations individuelles » et l'importance de chaque individu dans cet effet dépendant de son rôle dans la communauté². Alverdes visait en fait à exploiter son étude pour, en dépit d'une transgression lexicale, rejoindre et illustrer implicitement par des arguments zoologiques une distinction typiquement anti-moderniste alors à la mode et largement congruente à celle déjà évoquée entre « culture » et « civilisation » : celle effectuée par le sociologue allemand Ferdinand Tönnies entre « société » et « communauté », qui sera considérée plus en détails au 1-4-7-4. Pour Alverdes, la sociologie animale suggérait en effet que l'évolution vers la modernité traduit une dégradation du caractère holistique originel des communautés humaines :

L'homme est une créature vivant en sociétés. Il est plus que probable que ces sociétés furent toujours à l'origine des communautés organisées fermées. Lorsqu'elles se sont développées, ces sociétés ont tendu à devenir moins exclusives et, comme les états et les grandes villes contemporains, à acquérir par certains aspects exactement le caractère d'associations³.

Deux ans après la publication de l'essai d'Alverdes, donc en 1927, parut dans la grande revue allemande *Die Naturwissenschaften* un article de Friederichs qui concernait plus profondément encore les réflexions doctorales de Bertalanffy sur Fechner : il visait, dans les termes de son auteur, à fonder le concept d'« unité de vie d'ordre supérieur » [*Lebenseinheit höherer Ordnung*]. Cet article important dans la genèse des conceptions du Viennois, Friederichs l'inaugura en critiquant la définition d'une biocénose (ou « communauté de vie » [*Lebensgemeinschaft*])⁴ qu'avait fournie P.D. Reswoy en 1924 ; une définition que reprit néanmoins Bertalanffy en 1932 afin d'illustrer l'étendue de la pertinence de son schéma conceptuel du « système ouvert » en « (pseudo-) équilibre dynamique » :

Une biocénose représente un système démographique qui se conserve en équilibre mobile [*in einem beweglichen Gleichgewicht*], lequel s'instaure à partir de relations écologiques données⁵.

¹ Alverdes F. (1925, 1927, 1999), pp. 1-2.

² *op. cit.*, p. 141.

³ *op. cit.*, pp. 202-203. En dépit de la synonymie qu'il posait entre les termes « société » et « communauté », qui allait du point de vue linguistique à l'encontre de la distinction faite par Tönnies, le principe des distinctions effectuées par Alverdes rejoignait celui du sociologue allemand et constituait un motif typiquement holistique, puisqu'il consistait à distinguer les « simples agrégats » des « tous organiques ».

⁴ Karl Möbius semble avoir été en 1877 le premier à utiliser le terme « biocénose », pour désigner « une communauté où la somme des espèces et des individus, étant mutuellement limités et sélectionnés dans les conditions de vie externes moyennes, restent au moyen de la transmission en possession d'un certain territoire déterminé » : voir Volterra V. (1931), pp. 203-210 et Kingsland S.E. (1985), p. 214.

⁵ Reswoy P.D. (1924), in Friederichs K. (1927), p. 153 et Bertalanffy L. von (1932b), p. 278.

Friederichs jugeait cette définition insatisfaisante. Il insista d'abord sur le caractère purement conceptuel, « fictionnel » même, du concept d'équilibre en biocénologie : il réfère à « un état jamais atteint, dont la réalité est toujours très éloignée », ce concept étant de surcroît essentiellement statistique puisqu'il n'a de valeur relative que sur de longues périodes et un espace d'une extension considérable. Mais le problème serait surtout que la définition de Reswoy avait pris la capacité d'autorégulation pour critère caractéristique des « communautés de vie », alors que cette capacité, bien que fondamentale, constituait selon Friederichs un trait universel des « unités de vie » en général, organismes unicellulaires compris :

Une unité de vie est un système biologique qui se maintient par autorégulation¹.

Comment, alors, distinguer les « communautés de vie » des organismes ? En fait, Friederichs ne chercha pas à répondre à cette question, son objectif étant plutôt de démontrer la pleine légitimité de la compréhension holistique des « communautés de vie » comme des « unités » au sens précédent. Un point central de sa discussion, retenu par Bertalanffy, est néanmoins qu'il refusait comme « schème de représentation indéterminé », non-scientifique et stérile l'idée que les « communautés de vie » constituent des « organismes d'ordre supérieur » (et il visait là explicitement Fechner). L'utilisation du concept d'organisme devrait être restreinte aux êtres vivants individuels, sans quoi il deviendrait « vide ». On pourrait certes considérer les « communautés de vie » en se servant de l'image de l'organisme, mais à condition d'y voir un simple « principe heuristique »². Il faudrait se garder de toute identification, et cette nécessité suggéra à Friederichs l'utilisation du terme « organisation (biologique) » pour désigner les « communautés de vie », un choix que Bertalanffy jugea bienvenu³ en 1932. Comme tout être vivant, une « organisation » constituerait une « totalité », mais Friederichs remarqua avec justesse (comme Krüger un peu plus tard) que ce dernier concept est indéfinissable en tant que tel, qu'il est « catégorial » et ne peut donc être appliqué en sciences qu'en étant spécifié⁴. Organisations et organismes auraient certes en commun d'être *des totalités maintenues par autorégulation* (des « unités de vie »), mais bien que cette communauté soit une source d'analogies, elle ne suffirait pas pour les identifier :

Une organisation est une totalité biologique (i.e. composée d'êtres vivants) qui se maintient par autorégulation [... Elle] possède certaines, mais pas toutes les caractéristiques d'un organisme⁵.

Friederichs se faisait ainsi partiellement l'écho de Jakob F. Fries, qui avait au début du XIX^e siècle effectué une distinction significative entre les deux concepts : Fries avait alors cherché à faire de l'« organisation » une catégorie générale sous laquelle des phénomènes très divers pourraient être subsumés, contre Schelling qui assignait ce rôle au concept d'organisme⁶.

On avait affaire avec Friederichs à un point de vue holistique, typiquement axé sur l'association intime entre catégorie de totalité et la notion encore trop indéterminée d'équilibre. Cette perspective conférait une dignité ontologique aux biocénoses au motif que celles-ci seraient assujetties à des lois propres à caractère essentiellement statistique, qui transcendent les comportements particuliers de leurs composants. En Allemagne, c'est avec Woltereck que cette perspective trouva à l'époque son épanouissement, notamment parce qu'il incarnait la volonté de féconder le holisme par des modes « exacts » de pensée. Comme le constata Bertalanffy en 1932 encore, le problème fondamental consistant à déterminer les « lois systémiques » des « organisations » avait en général été éludé par les écologues, leur approche des équilibres biocénotiques ayant souvent un caractère intuitif et « impossible à contrôler numériquement ». Il vit alors dans ceux de Woltereck sur le sujet⁷, publiés en 1928, un « service » considérable rendu au « point de vue systémique », dans la mesure où cet écologue l'avait mathématiquement informé afin de formuler des lois biocénologiques⁸.

¹ Friederichs K. (1927), p. 155 ; voir aussi p. 153.

² *op. cit.*, pp. 155-156.

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 279.

⁴ Friederichs K. (1927), p. 156. Krüger F. (1932, 1953), p. 151.

⁵ Friederichs K. (1927), p. 156.

⁶ Gregory F. (1994), pp. 97-99.

⁷ Woltereck R. (1928).

⁸ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 280-281.

Woltereck tenait les « systèmes écologiques » pour le quatrième terme d'une série dont les trois premiers seraient les systèmes physiques, physiologiques et ontogénétiques. Il voyait ainsi dans un lac un « système écologique » hiérarchisé en quatre niveaux d'entités systémiques : les individus, les populations, les « systèmes N/Z »¹ (i.e. les groupes de population mutuellement dépendants par le biais de relations « proies-prédateurs » et formant par là-même des « tous »), et le « système global » : la biocénose. Il chercha à prouver qu'il est « possible de parvenir à une compréhension du complexe [la 'communauté de vie'] dans son ensemble sans une étude fastidieuse de ses composants »² ; et que les « systèmes N/Z » sont le siège d'équilibres comparables aux « états stationnaires » qu'avait discutés Köhler dans sa « théorie de la *Gestalt* », ayant de ce fait des traits holistiques émergents :

Chacun de ces systèmes a ceci de remarquable qu'il manifeste en tant que tout en équilibre d'autres propriétés et lois que celles qui dérivent de la simple sommation des propriétés de ses parties³.

Woltereck, dont il faut remarquer qu'il n'utilisa pas le formalisme du calcul différentiel pour aboutir à ces résultats, établit que l'évolution de l'effectif N d'une espèce-proie et celui, Z , d'une espèce prédatrice, convergent vers un état d'équilibre où le rapport N/Z est constant et égal à K_Z/P_N , où K_N désigne une « constante de capacité de prédation » caractéristique de la population prédatrice et P_N une « constante de capacité de multiplication » caractéristique de la population-proie. Selon lui, dans ce « système de *Gestalt* écologique » [*ökologisches Gestaltssystem*], tout ce qui affecte un membre se répercute sur l'ensemble, une telle perturbation étant compensée par les autres membres de sorte que l'équilibre global se rétablisse ; la conservation de celui-ci conditionnerait le destin de chacun des membres du système, la totalité primant ainsi sur la partie sans qu'il soit besoin d'invoquer des concepts anthropomorphes tels que l'utilité et la finalité :

Les populations d'un système N/Z forment un tout commun, un tout structuré [*gestalthaftes Ganzes*] ayant des lois propres sur-ordonnées aux événements individuels concernant les composants⁴.

Si Woltereck, Friederichs et Alverdes ont été ici évoqués du fait de leur importance dans la genèse des conceptions de Bertalanffy, d'autres développements biocénologiques eurent lieu avant, hors du monde germanophone. Non seulement ils s'inscrivaient tout autant dans une perspective holistique, mais ils avaient un caractère mathématique bien plus élaboré que ceux même de Woltereck. Selon toute vraisemblance, c'est par l'intermédiaire de Friederichs que ces travaux ont commencé à être connus dans le monde germanophone au début des années 1930. C'est en tous cas ainsi qu'ils l'ont été par Bertalanffy, lequel ne cessa, du milieu des années 1930 à l'après-guerre, de leur accorder toujours plus d'importance⁵.

Un point de vue « organismique » en écologie se trouve dès l'orée du XX^e siècle chez Frederic E. Clements, qui était alors la principale figure américaine de l'écologie des plantes. Très influencé par Spencer, Clements concevait chaque écosystème végétal comme un organisme complexe évoluant tel les organismes individuels selon un cycle de naissance, de maturation et de mort ; et il s'attacha à en décrire l'évolution comme un processus d'interaction continue entre les formes végétales et leur « habitat », interaction vouée à converger vers un état d'équilibre : la « communauté de climax »⁶.

Adams, formé à Chicago, développa à la même époque et tout autant sous l'influence de Spencer le projet d'une écologie théorique hypothético-déductive qui s'appropriait des concepts et principes de la chimie physique (tels celui de Le Châtelier, dont il sera largement question dans ma seconde partie) au service d'une conception des associations biologiques comme des totalités organisées répondant *en tant que telles* aux sollicitations de leur environnement. Dans la méthodologie « dynamiciste » (ou « processuelle ») qu'il exposa en 1913 et qui cherchait à dépasser les approches purement statiques et morphologiques au profit d'une approche fonctionnaliste de l'écologie, l'un des concepts centraux était déjà celui de « système ». Le monde dans son ensemble y était conçu comme

¹ N pour *Nahrung* et Z pour *Zehrung*.

² Woltereck R. (1928), pp. 539-541.

³ *op. cit.*, p. 541.

⁴ *op. cit.*, pp. 544-547. Voir aussi Dotterweich H. (1940), pp. 11-16.

⁵ Dans *Die Grundfragen der Land- und Forstwissenschaftlichen Zoologie* (1930), Friederichs fournit entre autres un résumé des travaux de Lotka et de Volterra. Bertalanffy se réfère déjà à cet essai dans la bibliographie de (1932b), en référence à sa discussion (pp. 274-279) des approches de Friederichs et Woltereck. Mais il ne commença à se référer aux travaux de Lotka et Volterra que dans (1937b), p. 17 puis, d'une manière très détaillée montrant qu'il avait alors vraiment étudié leurs travaux, dans (1942), pp. 320-341.

⁶ Kingsland S.E. (1985), p. 18.

une vaste hiérarchie de systèmes en interaction, les systèmes étant ici encore caractérisés par la capacité de maintenir un état d'équilibre en dépit d'une perturbation extérieure, d'en minimiser les effets. Adams espérait édifier sur la base des concepts de système, de flux énergétique, d'action et de réaction un certain nombre de principes généraux qui permettraient de donner une cohérence à une science écologique alors encore jeune et en proie aux confusions : l'approche systémique constituait pour lui au moins une heuristique permettant de formuler des hypothèses théoriques guidant et structurant la recherche écologique¹. Comme il apparaîtra au 2-3, c'est sur la base de points de vue à maints égards similaires à ceux d'Adams que Bertalanffy développa sa conception de la biologie théorique en général au tournant des années 1930.

Converti dès le début du siècle par Karl Pearson à une vision statisticienne de la nature, le biométricien Raymond Pearl compléta de son côté les conceptions d'Adams en insistant sur l'idée que l'analyse statistique est non seulement un outil important en biologie, mais qu'elle peut être le fondement d'une « science autonome » : la « biologie des groupes ». Pour Pearl, celle-ci devait avoir pour objets certaines caractéristiques quantitatives de nature statistique propres aux populations biologiques conçues en tant que « totalités », telles que les taux de croissance, de mortalité ou de fertilité. Il pensait qu'une telle « biologie des groupes » pourrait dégager des invariants mathématiques communs à ces « totalités » : c'était là une idée cruciale, que nous verrons la biologie théorique « organismique » de Bertalanffy largement vouée à développer et à appliquer. Et ce n'est pas une coïncidence : le Viennois se référa plusieurs fois aux travaux de Pearl sur l'équation dite « logistique »². Pearl souleva d'importantes controverses à partir de 1920 lorsqu'il crut trouver dans cette équation différentielle une « loi » universelle de croissance démographique idéale :

$$\frac{dX}{dt} = aX - cX^2$$

où $a > 0$, $c > 0$ et X est une fonction du temps t qui représente l'effectif d'une population (plus généralement, l'intensité du phénomène étudié). L'intérêt pour Pearl de cette équation, dont les propriétés sont discutées dans l'annexe 1-4-5-7, est que ses intégrales, de courbe sigmoïde sous certaines conditions, ont toujours une croissance limitée par une valeur asymptotique, cette limite inscrite dans les caractéristiques de la population compte tenu de son environnement pouvant s'interpréter comme la traduction la plus simple d'un effet négatif de l'accroissement de population sur cet accroissement lui-même. Pierre F. Verhulst avait appliqué cette équation « logistique » aux problèmes démographiques dès 1844 et le biologiste américain Thorburn B. Robertson se l'était appropriée en 1908 dans ses études de la croissance organique animale et végétale. D'autres travaux réalisés dans les années 1910 l'avaient appliquée avec succès à l'étude des populations de colonies bactériennes. Pearl, qui connaissait les travaux de Robertson (mais, initialement, pas ceux de Verhulst), s'efforça de montrer de nouveau son intérêt pour l'étude de la démographie humaine, en particulier dans le cas de la population des États-Unis : un import à caractère « organismique », donc. Le problème étant, j'y reviendrai aux 2-4 et 2-5, que cette équation n'était satisfaisante ni en démographie, ni dans le domaine de la croissance organique, parce qu'aucune explication convaincante des mécanismes respectifs sous-jacents n'était fournie et que son adéquation était souvent médiocre. L'ambition universaliste de Pearl se révéla donc chimérique³.

Elle contribua néanmoins aux réflexions d'Alfred J. Lotka, dont les travaux se révéleront d'une importance essentielle dans la genèse des conceptions « systémologiques » de Bertalanffy. Cette

¹ *op. cit.*, pp. 19-24.

² Par exemple dans Bertalanffy L. von (1942), p 262-264 et p. 328.

³ Voir Robertson T.B. (1908) ; Lotka A.J. (1925), pp. 68-71 ; Schmalhausen I. (1927a), pp. 456-457 ; Ludwig W. (1929), pp. 742-747 ; Bertalanffy L. von (1934a), pp. 624-625 ; Kingsland S.E. (1985), pp. 56-76. Un problème de l'équation « logistique » était celui du point d'inflexion de la courbe solution, dont la position correspondant à une valeur de la variable X égale à la moitié de celle de l'état asymptotique « final » L n'était pas en général conforme aux observations (voir les annexes 1-4-5-7 et 2-5-1-2). Pearl généralisa pour cette raison l'équation en 1923 : à l'expression de ses solutions sous la forme $X(t) = \frac{L}{1+ke^{-at}}$ (où $k > 0$), il substitua la formule générale

$X(t) = \frac{L}{1+Ke^{-P(t)}}$, où P est un polynôme de valuation 1 qui présente l'avantage de pouvoir faire varier la position du point d'inflexion par rapport à la situation où $P(t) = at$. On lui opposa qu'une telle formule n'a d'autre valeur que celle d'un ajustement arbitraire de données. Les critiques portaient surtout sur l'absence d'explication d'un mécanisme commun aux populations expliquant la prétendue universalité de cette « loi ». Pearl crut la trouver en établissant par des études sur les drosophiles une relation causale entre taux de mortalité et de fécondité d'une part, et densité de la population d'autre part. Mais la généralisation de ses résultats par analogie fut là encore vigoureusement attaquée : la validité empirique de l'équation pour deux types de population n'impliquait pas l'existence d'un tel mécanisme commun.

importance apparaîtra pleinement dans ma seconde partie, où une discussion détaillée des travaux de l'Américain sera entreprise (2-4-3). Je me bornerai ici provisoirement à exposer le cadre holistique dans lequel s'inséraient ces derniers, en pointant ses principales originalités par rapport aux autres développements contemporains d'un holisme biologique ; à savoir la combinaison de sa profonde connexion avec des modes « exacts » de pensée et de sa tendance à une extrême généralité.

1-4-5-8 – *Le cadre holistique de la « biologie physique » d'Alfred J. Lotka : premiers éléments sur l'un des ancêtres directs du projet « systémologique » général*

Lotka quitta l'Europe en 1902, après y avoir étudié la chimie. Il rejoignit les États-Unis, où il travailla comme chimiste dans l'industrie, puis comme statisticien pour une compagnie d'assurances¹. Les travaux de ce scientifique atypique restèrent dans l'ombre jusqu'à la publication en 1925 de ses *Elements of Physical Biology*, qui suscitèrent immédiatement un vif intérêt, surtout en Amérique et en U.R.S.S. (où Vladimir V. Vernadsky, notamment, cherchait à la même époque à développer une approche holistique et « exacte » de l'écologie d'inspiration analogue à celle d'Adams, et connaissait les travaux de Pearl²). Cet intérêt tint au fait que par sa conciliation d'une perspective holistique et des mathématiques, mais aussi par la généralité de ses considérations, Lotka répondait aux attentes de bien des écologues s'inscrivant à la suite de Clements, d'Adams ou de Vernadsky, et à celles de tous ceux qui cherchaient dans l'écologie le vecteur d'une unification entre biologie et sociologie.

Pour Lotka, rien ne prouvait que la complexité des objets biologiques les place hors de portée des sciences physico-chimiques, où la relative absence de structuration des systèmes étudiés ne tiendrait qu'à une « sélection intentionnelle » du scientifique. Ignorant sciemment les controverses entre « mécanicistes » et « vitalistes », il prônait d'une manière générale une « politique temporaire de résignation » qui « renonce à la tentative de définir la vie », le gain possible en étant selon lui le progrès vers l'unité de la science³. Tenant pour légitime de traiter les êtres vivants et leurs associations comme des systèmes *physiques*, Lotka insistait toutefois sur le fait qu'il s'agit de « systèmes ouverts » aux flux de matière et d'énergie (ainsi que Raymond Defay (en 1929) et Bertalanffy (en 1932) les qualifièrent plus tard), capables d'échapper à l'équilibre thermodynamique défini par un maximum d'entropie promis aux systèmes fermés par le Second Principe, et d'évoluer vers une structuration croissante⁴. C'est ce qui l'amena à adopter un « holisme écologique », qui ne concevait pas les organismes indépendamment de leur environnement biologique et physique :

Les organismes qui constituent la population vivante de la Terre, avec leur environnement, constituent un unique système, qui reçoit quotidiennement du Soleil un apport d'énergie libre⁵.

Son holisme, qui incluait l'homme en soulignant son « unité essentielle avec l'Univers » et celle de ses « efforts avec la tendance générale de toute la Nature »⁶, s'inscrivait ouvertement dans la lignée de Spencer et de la « tradition » allemande de *Naturphilosophie*⁷. Dans ce Système unique connectant de manière intime animaux, plantes et matière inorganique, Lotka considérait non seulement que tout composant est lié à tous les autres, mais aussi qu'il est impossible de comprendre le comportement d'une partie sans comprendre le tout :

La vie est un système de relations plutôt qu'une existence positive et indépendante.
La nature doit être considérée comme un tout si l'on veut la comprendre dans ses détails⁸.

D'où le problème central de son œuvre : l'« évolution ». Non celle de tel individu ou telle espèce particulière, ainsi que les biologistes (dont les biométriciens) l'avaient comprise ; mais celle du Système en tant que tel, censée conditionner l'évolution de ses parties :

¹ Kingsland S.E. (1985), pp. 28-29. Israel G. (1996), p. 67.

² Kingsland S.E. (1985), pp. 146-151.

³ Lotka A.J. (1925), p. 18.

⁴ *op. cit.*, pp. 14-15 et pp. 130-131. Voir aussi Bertalanffy L. von (1932b), surtout pp. 190-197, et Prigogine I. (1947), p. 2. Selon Prigogine, c'est Defay, membre de « l'école de Bruxelles » de chimie physique, qui forgea l'expression « système ouvert » en 1929.

⁵ Lotka A.J. (1925), p. 16.

⁶ *op. cit.*, p. 433.

⁷ Lotka se référa aussi bien à Fechner qu'à Hegel, et son contact avec la pensée allemande tient à son séjour à Leipzig en 1901-1902 (voir plus loin). En ce qui concerne la profonde influence de Spencer, voir les analyses de Kingsland S.E. (1985), p. 6 et pp. 28-45.

⁸ Lotka A.J. (1925), p. 77 et p. 20 : il s'appropriait ici des citations, de Sala et de Bunge respectivement.

Nous devrions constamment prendre en considération l'évolution, comme un tout, du système (organisme plus environnement) [...] Ce n'est pas tant l'organisme ou l'espèce qui évolue, mais le système entier, espèces et environnement. Les deux sont inséparables¹.

Il s'agissait pour Lotka de trouver la « loi fondamentale » de l'évolution ainsi entendue. L'une de ses idées les plus originales fut que cette loi holistique prendrait « selon toute probabilité » une forme *plus simple* que celles gouvernant le comportement des parties du système, et plus encore que celle que l'on peinerait à déduire d'une connaissance méristique :

Les biologistes ont plutôt eu l'habitude de réfléchir sur l'évolution des espèces individuelles. Ce point de vue ne porte pas la promesse d'un succès si notre but est de trouver la loi fondamentale de l'évolution. Nous nous en tirerons probablement mieux si nous nous rappelons constamment que l'objet physique qui se présente à nous est un système indivisible, que les divisions que nous y faisons sont des imports plus ou moins arbitraires, psychologiques plutôt que physiques, et qu'en tant que telles elles risquent d'introduire des complications dans l'expression des lois naturelles opérant sur le système comme tout².

S'inspirant d'une interprétation alors classique du second principe de la thermodynamique, Lotka définit l'évolution comme « l'histoire d'un système subissant des changements irréversibles »³. La « loi d'évolution » qu'il cherchait ne pouvait certes pas être fournie par référence à ce principe : l'état stationnaire éventuel des systèmes biologiques n'est pas défini par un maximum d'entropie, puisqu'ils sont ouverts. Mais Lotka voyait ces systèmes comme des « transformateurs d'énergie »⁴, et la « loi » en question était nécessairement pour lui de type énergétique. Ici se marquait l'influence du séjour qu'il avait effectué à Leipzig en 1901-1902 : il y avait étudié la chimie physique auprès de Friedrich W. Ostwald, lequel cherchait alors à faire de l'énergie un concept organisateur commun à la physique et à la biologie. Lotka interpréta la sélection naturelle dans ce cadre « énergétiste » : il l'identifia à un « principe de persistance des formes stables » et l'assimila à un combat pour l'appropriation de l'énergie libre⁵. Et, raffinant les conceptions de Spencer, il put dès 1913 redéfinir en ces termes la problématique de l'« évolution » :

L'évolution d'un système matériel donné est un processus exprimable comme le changement progressif dans la distribution de matière parmi les composants spécifiés dudit système, en une série d'étapes prenant place conformément au principe de persistance des formes stables (survie du plus apte). Chaque changement dans la distribution de matière dans un système donné, dans des conditions données, est accompagné par un changement déterminé d'énergie. Donc les lois qui gouvernent les changements d'énergie sont les lois qui gouvernent l'évolution⁶.

Cette conception tirée de la chimie physique le conduisit à l'énoncé d'une « loi fondamentale » tenant moins de la science que de la philosophie de la nature : l'évolution procéderait en direction d'une maximisation du flux d'énergie à travers le Système global⁷.

Appliquant aux systèmes biologiques cette vision de l'évolution comme « processus de redistribution », Lotka porta surtout son intérêt sur les « associations biologiques » : elles devaient selon lui être étudiées comme le chimiste étudie les agrégats de molécules. Aux espèces chimiques correspondraient les espèces biologiques (ou les cellules⁸) et les matériaux constituant leur environnement ; la croissance organique, la reproduction et les relations de nutrition seraient pour les échanges de matière et d'énergie les analogues des réactions chimiques dont on avait étudié la

¹ *op. cit.*, p. 16. Voir aussi Lotka A.J. (1934), p. 4 : « On ne saurait trop insister sur le fait que l'évolution comprenant un certain nombre d'espèces biologiques doit être conçue comme un tout. Ce n'est point cette espèce-ci ou celle-là qui évolue, mais le système en tant que système entier [...] Ce sont des groupes en dépendance mutuelle qui évoluent, en tant que groupes, et toute étude du problème fondamental de l'évolution qui ignorerait ce fait serait condamnée d'avance à l'insuccès ».

² Lotka A.J. (1925), p. 158. Voir aussi p. 16.

³ *op. cit.*, p. 24.

⁴ *op. cit.*, pp. 325-335.

⁵ Kingsland S.E. (1985), p. 28 et pp. 37-39. pp. 37-38. C'était aussi le cas de Boltzmann.

⁶ Lotka A.J. (1913), in Kingsland S.E. (1985), p. 40. Voir aussi Spencer H. (1862, in Kingsland S.E. (1985), pp. 14-15) : « L'évolution est une intégration de matière et une dissipation concomitante de mouvement, au cours de laquelle la matière passe d'une homogénéité indéfinie, incohérente, à une hétérogénéité définie, cohérente, et au cours de laquelle le mouvement retenu subit une transformation parallèle ».

⁷ Lotka A.J. (1925), pp. 357-358.

⁸ *op. cit.*, p. 70 et p. 76. Lotka réduisait l'individu à une population de cellules, d'où des critiques de Bertalanffy sur lesquelles je reviendrai dans ma seconde partie.

cinétique¹. Il s'agissait ici encore d'un héritage d'Ostwald, qui avait en 1901 mis en parallèle la croissance d'une population de bactéries et la formation de cristaux. Lotka avait en fait suggéré dès 1907 que l'accumulation de substances chimiques dans une réaction pourrait être vue comme un cas particulier de distribution de matière dans tout type d'agrégat². C'est cette analogie qui le conduisit au formalisme de ce qu'il appelait sa « démologie générale », ou encore son « étude analytique des agrégations d'êtres vivants » – le terme « analytique » référant à l'étude de ces « agrégations » au moyen de l'analyse mathématique, du calcul différentiel et intégral³. Il partit du constat que la cinétique d'un système *chimique* comprenant n composants $(C_i)_{1 \leq i \leq n}$ peut s'exprimer sous la forme :

$$\frac{dm_i}{dt} = F_i(m_1; \dots; m_n; V; T) \quad (1 \leq i \leq n)$$

où les $(m_i)_{1 \leq i \leq n}$ sont les masses des $(C_i)_{1 \leq i \leq n}$, $(F_i)_{1 \leq i \leq n}$ des fonctions de $(n + 2)$ variables, V le volume du système et T sa température, supposée unique. Celle d'un système *en général* (en particulier d'une association biologique) constitué de n espèces $(E_i)_{1 \leq i \leq n}$ pouvait dès lors selon Lotka être *a priori* formalisée par le système différentiel qu'il qualifia d'« équations fondamentales de la Cinétique de l'Évolution » :

$$\frac{dX_i}{dt} = F_i(X_1; \dots; X_n; P_1; \dots; P_n; Q_1; \dots; Q_n) \quad (1 \leq i \leq n)$$

où les $(X_i)_{1 \leq i \leq n}$ sont les populations (ou les masses) des espèces $(E_i)_{1 \leq i \leq n}$, les $(F_i)_{1 \leq i \leq n}$ des fonctions données de $3n$ variables, les $(P_i)_{1 \leq i \leq n}$ des paramètres analogues au volume V traduisant l'impact de l'environnement physique sur chaque espèce, et les $(Q_i)_{1 \leq i \leq n}$ des paramètres analogues à la température exprimant l'évolution intra-spécifique. Lotka ne prétendait certes pas que ces équations épuisaient le problème, mais jugeait qu'elles en couvraient une partie significative⁴.

Si Lotka semble ainsi avoir eu une approche physicaliste, la réalité est plus compliquée. Comme Mach, il jugeait que la physique contemporaine était loin de pouvoir traiter tous les problèmes biologiques, et qu'elle devait s'élargir à cette fin⁵ : il visait en fait une science englobant physique et biologie comme moments particuliers⁶. Et s'il ne doutait pas que les lois connues de la physique s'appliquent au vivant, il estimait que les variables en termes desquelles il est « opportun » de définir l'état des systèmes biologiques n'étaient pas celles utilisées habituellement par la physique, selon lui incapable d'appréhender directement ces systèmes « de loin trop compliqués ». Anticipant le concept de « statistique d'ordre supérieur » de Bertalanffy, il prôna la création d'un « instrument entièrement nouveau »

qui envisagerait les unités d'une population biologique comme la mécanique statistique envisage les molécules, atomes et électrons ; qui traiterait d'effets moyens tels que la densité de population, la pression de population et autres, à la manière dont la thermodynamique traite des effets moyens de la concentration d'un gaz, de la pression d'un gaz, etc. ; qui accepterait ses problèmes en termes de données biologiques communes, comme la thermodynamique accepte des problèmes formulés en termes de données physiques ; et qui donnerait la réponse au problème dans les termes où il a été présenté⁷.

Il appela cet instrument la « mécanique générale de l'évolution »⁸. Sa « biologie physique » en constituait une branche (l'autre étant la chimie physique), vouée à l'étude mathématique de l'« évolution » des systèmes biologiques. Le holisme de Lotka s'exprime dans la définition qu'il en donna : « l'application des principes physiques à l'étude des *systèmes* biologiques *en tant que tous* ». Mais elle était logiquement autonome vis-à-vis de la physique : ses objets étaient déjà biologiques. Et,

¹ *op. cit.*, pp. 41-43.

² Y compris les populations humaines. Voir Kingsland S.E. (1985), p. 35 et p. 45. Voir aussi Przigram H. (1906).

³ Lotka A.J. (1934), p. 4. Cette « démologie générale » étant destinée à contenir l'économie comme branche particulière (p. 38).

⁴ Lotka A.J. (1925), pp. 41-51.

⁵ Il cita ainsi Mach : « La physique devra, en dehors même de l'étude de l'organique en soi, créer bien des compréhensions nouvelles [*sehr viel neue Einsichten schöpfen müssen*] avant d'être en mesure d'appréhender aussi l'organique » (Lotka A.J. (1925), p. 280).

⁶ Lotka A.J. (1925), p. 259.

⁷ *op. cit.*, pp. 39-40.

⁸ *op. cit.*, p. 40, p. 49 et p. 53. Lotka utilisait aussi l'expression *Allgemeine Zustandslehre* (« théorie générale de l'état »).

sa construction étant fondée sur une analogie formelle avec la chimie physique (légitimée par l'existence de flux matériels et énergétiques comme réalité commune), il s'agissait en fait d'une *biologie mathématique*¹, dont le vocabulaire et le formalisme étaient certes empruntés à la chimie physique, mais qui n'appliquait aux systèmes biologiques que des analogues de « principes physiques » : elle « mimait » la mathématisation en chimie physique, la transposant à des concepts et problématiques biologiques.

« Macro- » et « micro-mécanique » (ou biophysique), respectivement consacrées aux associations biologiques et aux organismes individuels, se subdivisaient dans cette biologie mathématique en « Stoechiométrie » et « Énergétique », vouées à l'étude des flux de matière et d'énergie. La « Cinétique », régie par les « équations fondamentales », et la « Statique », étaient les deux branches de la Stoechiométrie. Une première subdivision de la Statique, rattachée à la Cinétique, avait pour objets les cas où les dérivées s'annulent dans les « équations fondamentales », et supposait la constance des $(P_i)_{1 \leq i \leq n}$ et $(Q_i)_{1 \leq i \leq n}$. La Statique avait deux autres branches, consacrées aux cas où ceux-ci changent lentement (possibilité d'« équilibres mobiles ») et à ceux où ils changent rapidement (« déplacements de l'équilibre »)². Les parties de l'œuvre de Lotka les plus influentes et les plus significatives du point de vue « systémologique » furent justement la Cinétique, la branche de la Statique qui y était rattachée, et leurs applications en dynamique des populations. Ce sont elles dont l'examen détaillé, très directement pertinent pour la discussion de la genèse du projet de « systémologie générale » de Bertalanffy, sera effectué dans ma seconde partie.

1-4-5-9 – Totalité et téléologie

Après cette revue des différentes problématiques biologiques investies par des perspectives holistiques dans les années 1910 et 1920, il me reste à considérer les discours plus généraux cherchant à légitimer philosophiquement ces dernières. Le trait commun en fut la tentative de tracer une ligne de démarcation entre holisme et vitalisme métaphysique, le plus souvent en justifiant diverses variantes de vitalisme méthodologique. Il s'agissait en effet chaque fois de récuser la domination unilatérale d'approches mécanicistes du monde biologique (fussent-elles inscrites dans une perspective méthodologique renonçant à toute portée métaphysique) tout en conservant un point de vue naturaliste ; de montrer qu'appréhender les entités biologiques en tant que « totalités » ne nécessite pas le recours à de quelconques puissances transcendant la matière organisée ; et qu'il est possible d'y parvenir de manière « positive », avec en général l'idée que l'introduction de concepts holistiques à caractère au moins provisoirement purement biologique est à la fois justifiée et indispensable.

Parmi ces discours, l'un d'entre eux fut d'une importance particulière dans la genèse des conceptions de Bertalanffy et a déjà été mentionné tant à propos des travaux de Driesch, de D'Arcy Thompson, de Weiss et de N. Hartmann que des « révolutions » en physique : il s'agit de la tentative de réduire la téléologie à la catégorie de « totalité », de subsumer les « causes finales » sous des principes systémiques (*via* le concept d'équilibre ou des principes d'optimalité) et par là-même, en termes bertalanffiens, de les « dé-anthropomorphiser ». Cette subsomption fut par exemple des plus claires chez Friederichs. Celui-ci, tout en récusant l'explication téléologique comme « non scientifique », mit explicitement en équation la finalité et « l'activité régulatrice » et fit des termes « finaliste » [*zweckmässig*] et « préservateur de la totalité » [*ganzheitserhaltend*] de parfaits synonymes³. Et ceci, typiquement sans recourir tel que le fit Rignano⁴ à d'hypothétiques « énergies spécifiques », et encore moins à des facteurs non spatio-temporels. En connexion avec son idée déjà évoquée que « tout processus d'équilibre peut être formulé téléologiquement », Bertalanffy s'appropriait intégralement cette subsomption dont le principe même laissait envisager de possibles mathématisations des « totalités » biologiques. Après avoir fait dès 1929 de la tendance de l'organisme à « se maintenir dans son état », à « persister dans sa *Gestalt* », l'une des deux « lois biologiques » les plus générales, il écrivit ainsi en 1932 :

¹ La seconde édition des *Elements of Physical Biology* parut d'ailleurs en 1956 sous le titre *Elements of Mathematical Biology*.

² Voir Lotka A.J. (1925), pp. 50-53.

³ Friederichs K. (1927), p. 157 et p. 186.

⁴ Rignano considérait la téléologie comme la catégorie la plus fondamentale du vivant et la voyait lui aussi comme l'expression d'une « tendance à l'entretien de l'état stationnaire ».

La « finalité » dans le monde vivant signifie seulement que beaucoup ou la plupart des événements y sont ordonnés de telle sorte qu'ils garantissent l'entretien de l'organisme, i.e. du « tout » ou du « système ». Les considérer comme « téléologiques » signifie que nous étudions si et de quelle manière cet entretien s'accomplit¹.

Et ce fut explicitement ou non de ce point de vue que furent solidaires chacune des formulations typiquement holistiques de Bertalanffy dans les questions biologiques :

La caractéristique de l'organisme est premièrement qu'il est plus que la somme de ses parties, et deuxièmement que les processus partiels y sont ordonnés en direction de la conservation du tout [...] La totalité, la forme [*Gestalt*] est le trait primordial du vivant².

[Dans l'organisme], les processus partiels sont soumis à la loi sur-ordonnée de la conservation de l'état du système³.

La nécessité se manifeste toujours plus de considérer et d'étudier l'organisme comme un tout unifié [...] Il constitue un système, dans lequel les éléments et processus sont ordonnés d'une manière déterminée et dans lequel en définitive chaque partie, chaque événement partiel, dépendent de chaque autre partie ou événement partiel. Le comportement d'une partie isolée étant donc en général différent de celui qu'elle manifeste lorsqu'elle est liée au tout⁴.

La thèse d'habilitation de Ungerer, publiée par Schaxel en 1922, joua un rôle important eu égard à l'orientation considérée ici. Elle fut souvent citée par Bertalanffy dans ses premiers travaux biologiques. Plus généralement, la proximité intellectuelle entre les deux biologistes et philosophes perdura jusqu'à la mort de Bertalanffy, Ungerer lui rendant alors un vibrant hommage⁵. Ils collaborèrent : lorsque Bertalanffy accepta fin 1938 la proposition d'un éditeur allemand d'organiser la publication du *Handbuch der Biologie*, une encyclopédie coordonnant le travail d'une cinquantaine de biologistes allemands et autrichiens, ce fut à Ungerer que revint l'honneur d'en rédiger le premier article. Son essai constituait une érudite introduction aux « fondements épistémologiques de la biologie », à « son histoire » et à « son état contemporain »⁶. Et ce fut encore Ungerer qui prit le relais de Bertalanffy après-guerre pour accomplir le projet initié par le philosophe allemand Erich Rothacker d'une histoire philosophique de la biologie⁷, qui approfondit l'article publié en 1942.

La thèse d'Ungerer n'était autre qu'une ré-appropriation critique du point de vue « téléomécaniciste » originel, sous la forme d'une discussion approfondie des vues exprimées par Kant sur le jugement téléologique dans sa « Critique de la faculté de juger » et de « leur signification pour la logique de la biologie ». Ungerer voyait dans le principe kantien de « finalité formelle de la nature » le « porteur de la pensée systémique »⁸. Nul n'a peut-être mieux exprimé à l'époque la subsomption discutée ici, la finalité étant identifiée, comme elle le fut quelques années plus tard chez Bertalanffy, à une expression de la conservation de la « totalité » organique, plus précisément de la reproduction d'un ordre holistique déterminé de processus par-delà le flux héraclitéen caractérisant ses échanges avec son environnement :

¹ Bertalanffy L. von (1932a), p. 69. Voir aussi (1929a).

² Bertalanffy L. von (1928a), p. 74 et p. 225

³ Bertalanffy L. von (1929a), p. 97.

⁴ Bertalanffy L. von (1937b), p. 12.

⁵ Ungerer E. (1973), pp. 101-105.

⁶ Ungerer E. (1942), pp. 1-94.

⁷ Voir Pouvreau D. (2009b), p. 77 et p. 118. Bertalanffy entama fin 1943 une correspondance avec Rothacker à ce sujet. Celui-ci souhaitait que Bertalanffy rédige le chapitre sur la biologie générale de l'histoire philosophique de la biologie qu'il avait en vue. Le 10 novembre 1948, alors que Bertalanffy était à Londres, lui fut expédié un courrier des presses de l'université de Bonn qui lui demandait d'envoyer courant 1949 ce manuscrit. Bertalanffy, dans un contexte où une telle contribution aurait été financièrement bienvenue, avait repris le contact avec Rothacker à ce sujet en 1947, sans pour autant donner suite. Rothacker, qui jugeait l'œuvre de Bertalanffy « brillante » mais ne voyait aucun manuscrit arriver, le relança à ce sujet le 25 juillet 1949 tout en lui conseillant de s'associer avec Ungerer, qui avait déjà fait preuve de sa compétence pour un tel travail. Le texte en question, titré « Histoire du problème de la vie », était supposé constituer le premier volume d'un projet éditorial intitulé *Histories of Sciences in Documents*. Bertalanffy en discuta avec son plus proche ami, le botaniste Fritz Gessner, et en esquissa un plan. Il s'agissait non d'une histoire de la biologie, mais d'une histoire des problèmes épistémologiques et ontologiques de la biologie, qui visait à montrer comment fut posée la question de la différence entre le vivant et le non-vivant d'Aristote à l'époque contemporaine. Mais Bertalanffy, s'il accepta le projet, ne manifesta très vite guère de souci de respecter le moindre délai et se satisfait surtout de travailler à cette histoire pour son plaisir personnel. De sorte que le projet, en suspens jusqu'en 1953, n'aboutit pas avec lui. Et ce fut finalement Ungerer qui se chargea de cette tâche : Ungerer E. (1966), un livre présent dans les restes de la bibliothèque de Bertalanffy.

⁸ Ungerer E. (1922), p. 20.

En quoi la pensée systémique [*Systemgedanke*] a-t-elle à voir avec la finalité [*Zweckmässigkeit*] ? Non seulement sa formulation, mais les conditions de son application sont possibles sans qu'il soit de quelque manière question de « finalité » [...] « Finalité formelle de la nature » signifie : fondamentalement aucune finalité, mais pouvant être présenté par analogie sous forme finaliste [...] Avec la finalité formelle de la nature, le concept d'une totalité qui est plus que la somme de ses parties, plus que la simple collection, à savoir l'unité systématique des parties (si l'on veut une circonlocution de l'ineffable), se substitue au concept de fin. Le danger de chuter de l'arête de la logique (ou de la critique) dans le précipice du psychologisme ou de la métaphysique, qui menace constamment les randonneurs s'appuyant sur le bâton branlant de la « téléologie », ne subsiste alors plus. La « totalité » n'est pas une analogie comme la « finalité », mais une caractérisation [...] Ce qu'est le trait d'ordre propre au vivant, Kant l'a clarifié dans ses études les plus subtiles et significatives : c'est le concept de totalité, absolument autonome et différent des catégories de substance et de causalité [...]

Il y a un ordre déterminé des processus qui se déroulent dans l'être vivant, et cet ordre est conservé en tant qu'ordre holistique [*Ordnungsganzes*] dans les « conditions normales » du monde extérieur en dépit du changement des substances dont cette chose naturelle est constituée, en dépit de l'enchevêtrement des mécanismes de causes et d'effets. Mais même après perturbation de cet ordre dans des conditions « anormales », des processus peuvent à nouveau surgir qui rétablissent l'ordre perturbé dans son caractère holistique [...]

L'application du concept de fin en biologie présuppose nécessairement celui de totalité. Mais d'un autre côté [...], le concept de totalité – à côté des autres catégories de la nature – suffit à caractériser les traits d'ordre du vivant. La perspective finaliste se révèle donc superflue [...] Avec la mise en œuvre du jugement holistique [*Ganzheitsbeurteilung*], la biologie est libérée de cet « étranger aux sciences de la nature » jusqu'à présent considéré avec défiance¹.

Il n'a pas échappé à Bertalanffy non plus, lorsqu'il élaborait sa philosophie biologique, que les physiologistes néerlandais Hermann J. Jordan et Gottwalt C. Hirsch développèrent des considérations apparentées visant à légitimer les approches holistiques de l'organisme en les dissociant de tout finalisme. Le premier, se référant aussi à Kant, chercha à y parvenir en réduisant la causalité et la téléologie à des méthodes de description, égales en dignité, d'une réalité essentiellement systémique. Une réduction déjà repérée chez Bertalanffy en relation avec Leibniz et von Hartmann, qu'Alverdes s'appropriera pour sa part en ces termes :

Les points de vue holistique et finaliste (téléologique) ne peuvent sans reste être identifiés [... Le premier] prend en compte aussi bien l'aspect causal que l'aspect finaliste de l'événement vital. Les points de vue causal et finaliste sont en fait des moments du point de vue holistique².

Jordan, qui définissait la « signification d'une partie » comme « l'influence qu'elle a sur le tout »³ (une définition dont je montrerai aux 1-4-7-6 et 2-2-3-10 la portée du point de vue de l'élaboration d'une herméneutique « systémologique »), considérait quant à lui que

la partie n'a de « valeur » ou de « signification » qu'à l'intérieur du tout. Mais il s'agit là de concepts évidemment dépourvus de toute téléologie ; ce ne sont que des abstractions synthétiques. La même chose vaut pour le concept de « totalité » en tant que dernier moment de cette synthèse dialectique. Ce concept de totalité est dépourvu de toute signification métaphysique, il n'est qu'une abstraction à partir de nombreuses démarches analytiques et synthétiques particulières. Mais pour la connaissance scientifique de l'essence de la vie, ce concept non métaphysique de totalité est de la plus grande signification, car il permet de décrire les processus biologiques les plus compliqués [...] La causalité fut conçue comme une prescription de la nature, à laquelle l'événement futur devrait se conformer. La même erreur de pensée se trouvait au fondement du concept de téléologie [...] Tant la causalité que ce qui correspond à l'ancien concept de téléologie ne sont que des méthodes pour décrire une relation dynamique [...] On ne peut définir scientifiquement l'ordre et le sens que par la possibilité de relier les parties au tout, mais pas comme un système de prescriptions.

D'une part, la finalité en tant qu'intentionnalité devrait donc être éradiquée des sciences de la nature, cependant que la téléologie y aurait sa place en tant que mode de description d'un comportement holistique, d'une « dynamique des structures relationnelles » où le rôle de chaque partie est déterminé

¹ *op. cit.*, pp. 43-46, p. 72, p. 76 et p. 88.

² Alverdes F. (1937a), p. 171.

³ Jordan H.J. (1935), p. 106.

par toutes les autres ; d'autre part, « le concept analytique de causalité » devrait être « élargi au concept d'interaction, par l'étude d'un tout dynamique » :

La pensée interactionniste [*Denken in Wechselwirkung*] doit élargir la pensée causale [...] On doit apprendre à appréhender la réalité de manière pluricausale¹.

Le problème de la téléologie apparente du vivant comme celui de son analyse causale se ramenaient en définitive pour Jordan lui aussi à celui de la conservation de la forme organique en dépit (ou en vertu) du flux héraclitéen dont l'organisme est le siège perpétuel :

Une foule d'événements atteignent durablement un état apparemment stable, comme le courant d'un fleuve peut engendrer une vague déterminée en un lieu déterminé, qui donne à distance l'impression d'être un corps individuel fixé ; et pourtant l'eau qu'elle forme est à chaque seconde une autre².

Hirsch se faisait tout autant l'avocat d'un tel « héraclisme ». Il souligna lui aussi que le biologiste doit étudier les organismes comme des « systèmes vivants en tant qu'ordres de processus ». Par « ordre », il entendait « l'enchaînement des processus individuels dans un système », qui devraient être conçus selon une série hiérarchique, l'organisme dans son ensemble formant un « système d'ordre supérieur ». Et par « processus biologique », il entendait tout processus « servant le tout de l'organisme dans deux directions » constituant deux aspects d'un même événement global : la « forme », entendue comme « situation d'équilibre entre assimilation et dissimilation » de substances ; et le « flux de substances » en tant que tel. L'art du biologiste consistant selon Hirsch à distinguer ces processus de ceux qui sont indifférents pour la préservation de la totalité³. Je montrerai au 2-5-1 qu'il s'agit là de conceptions que Bertalanffy transposa dans sa théorie de la croissance animale.

Notons que la réinterprétation du jugement téléologique dans un cadre holistique trouva peut-être moins ses plus précieux appuis chez les biologistes enclins à la réflexion épistémologique que chez deux des plus éminents représentants de la science reine des « mécanistes », la physique théorique. Le concept de « complémentarité », développé par Bohr et Heisenberg dans le prolongement des « relations d'indétermination », suscita en effet au tournant des années 1930 les spéculations bio-philosophiques, à commencer par celles de ces physiciens. Bohr, qui insista en 1931 sur les « limites essentielles » auxquelles serait soumise l'analyse des phénomènes organiques « au moyen des concepts physiques », posa en des termes que l'on dirait inspirés du fameux mot de Woodworth (« nous tuons pour disséquer ») une antinomie entre le trait holistique du comportement organique et l'ambition de l'appréhender « méristiquement » dans une optique physicaliste :

Si l'on veut pousser l'observation d'un organisme aussi loin que possible au point de vue de la théorie atomique, il faut pratiquer sur lui une intervention qui le tue. En d'autres termes : *l'application stricte des concepts adaptés à la description des phénomènes de la Nature inanimée exclut toute utilisation des lois des phénomènes vitaux* [...] Les caractères spécifiques des phénomènes vitaux, et en particulier l'auto-stabilisation des organismes, doivent être inséparablement liés à l'impossibilité essentielle d'une analyse détaillée des conditions physiques dans lesquelles la vie se déroule⁴.

Aussi Bohr et Heisenberg songèrent-ils dès 1930 à transposer le concept de complémentarité en biologie : il s'agissait justement de faire de la causalité et de la téléologie deux points de vue complémentaires sur le vivant. Dans son essai sur *La partie et le tout*, Heisenberg se remémora en 1969 une conversation qu'il avait eue avec Bohr à ce sujet, où la téléologie apparaît identifiée par le physicien danois à un mode d'interprétation du « caractère d'auto-stabilisation » des organismes :

[Bohr] : Nous pouvons parler de l'organisme en utilisant les concepts qui se sont formés au cours de l'histoire humaine, à partir de la communication de l'homme avec les autres êtres vivants. Nous parlons alors de « choses vivantes », de « fonction d'un organe », de « modification d'une substance », de « respiration », de « processus de guérison », etc. D'un autre côté, nous pouvons poser la question des relations de cause à effet. Alors nous utilisons le langage de la physique et de la chimie [...] Ces deux manières de voir se contredisent. Car dans un cas nous supposons que les phénomènes sont déterminés par les fins auxquelles ils servent [...] Dans l'autre cas, nous pensons

¹ Jordan H.J. (1932), pp. 487-488 et pp. 491-492.

² Jordan H.J. (1913), in Hirsch G.C. (1929), p. 513.

³ Hirsch G.C. (1929), pp. 512-514.

⁴ Bohr N. (1931, 1993), pp. 19-20.

que chaque phénomène est déterminé par le phénomène ou la situation qui l'a directement précédé [...] Mais ces deux modes d'interprétation se complètent aussi mutuellement ; car en réalité, nous savons depuis longtemps qu'ils sont justes tous les deux, précisément parce que la vie existe. [Heisenberg] : Tu n'aurais donc pas tendance à penser qu'il existe, à côté des forces et interactions connues de la physique atomique actuelle, une force supplémentaire quelconque – une sorte de force vitale [...] – qui serait responsable du comportement particulier des organismes vivants [...] Si j'ai bien compris ta façon de penser, les processus typiquement biologiques, pour lesquels il n'existe pas d'analogie dans la matière inorganique, trouvent leur place dans la science grâce à la situation que tu viens de décrire en tant que situation complémentaire¹.

Hors du monde germanophone, maintes sousomptions semblables de la téléologie sous la catégorie de « totalité » s'exprimèrent aussi entre les années 1910 et 1930. Ainsi Woodger se référa-t-il à Ungerer lorsqu'il écrivit en termes fonctionnalistes :

Lorsque nous parlons de but d'une partie d'un organisme, nous voulons signifier que cette partie manifeste un certain caractère tel que sans lui, l'organisme ne *persisterait* pas [...] Mais il n'est pas nécessaire d'utiliser le terme de « but » dans ce contexte, puisqu'il s'agit simplement de l'une des significations du terme « fonction » (le rôle que la partie joue dans l'économie du tout)².

La sousomption s'observe aussi chez le physiologiste américain Cecil D. Murray qui, dans plusieurs articles publiés en 1926, considéra explicitement (contre les « néo-mécanicistes ») l'organisation comme un *problème scientifique* et chercha à montrer comment l'application de deux principes généraux, ceux de « maintien de l'état d'équilibre » et « de moindre action »³, pouvait rendre ce problème accessible à l'expérience et même au calcul⁴. À Chicago, Ralph S. Lillie avait fait de son côté dès 1915 de la prétendue téléologie du vivant un cas particulier du principe de Le Châtelier, auquel il conférait comme Lotka⁵ une pertinence par-delà la chimie physique, en particulier quant au problème des équilibres biocénétiques⁶. Une généralisation du principe de Le Châtelier que l'on retrouve aussi au milieu des années 1920 en U.R.S.S. chez Daniil N. Kashkarov et qui ne passa pas plus inaperçue de Bertalanffy⁷. Mais le thème considéré ici s'épanouit surtout dans les travaux de deux chercheurs de Harvard dont le second fut une figure historique de la cybernétique⁸ : Henderson, et Cannon à sa suite. Seuls les travaux du premier furent connus et cités par le jeune Bertalanffy, dès ses débuts en biologie ; mais Cannon, dont il semble n'avoir découvert les travaux qu'après-guerre, doit aussi être mentionné ici compte tenu de son importance pour la suite de cette histoire.

Formé comme Lotka dans le domaine de la chimie physique, Henderson remarqua dès 1905 l'importance qu'y jouent les concepts d'équilibre et de système⁹. Orientant ses travaux vers l'application des méthodes et principes de la chimie physique à la biochimie, il diversifia progressivement ses centres d'intérêt en direction de la physiologie, de la médecine, de la sociologie et de la philosophie. Centrée sur les concepts de système, d'équilibre, d'organisation et d'« ajustement » [*fitness*], son œuvre conserva néanmoins par ce biais une unité fondamentale. Plus directement que Woodger, Henderson fut exposé à la philosophie néo-hégélienne de Royce¹⁰. Mais il ne partageait pas sa foi en une sorte de téléologie universelle et interpréta la téléologie non comme l'expression d'un plan divin ou d'un but, mais comme celle d'une « unité harmonieuse ». Aussi « leibnizien » à cet égard que D'Arcy Thompson, il s'inscrivait dans le sillage du métaphysicien anglais Bernard

¹ Heisenberg W. (1969, 1990), pp. 155-156.

² Woodger J.H. (1929), p. 434 ; voir aussi p. 327 pour les significations du terme « fonction » selon Woodger.

³ Selon ce dernier, le coût énergétique des processus physiologiques tend toujours vers un minimum dans l'organisme vivant.

⁴ Needham J. (1928b), p. 80.

⁵ Lotka A.J. (1925), pp. 281-289. Lotka critiqua néanmoins avec finesse les abus dérivés de la volonté de généraliser ce principe.

⁶ Needham J. (1928a), p. 38 et (1928b), p. 85.

⁷ Le biologiste Kashkarov publia en 1926 un article dans lequel il tentait d'expliquer par l'intermédiaire du principe de compensation de Le Châtelier certains phénomènes tels que la formation d'un épiderme de corne, d'un pigment, d'un cartilage, d'un tendon, de structures fonctionnelles dans le squelette et d'autres phénomènes d'adaptation. Voir Bertalanffy L. von (1932b), p. 117 et Fries C. (1936), p. 36.

⁸ Cannon était chef du département où travailla Arturo Rosenblueth, l'un des fondateurs de la cybernétique : Helms S.J. (1991), p. 49.

⁹ Henderson L.J. (1905), in Parascandola J. (1971), p. 68 : il publia alors un article montrant que « la chaleur de combustion d'un atome chimiquement lié dans une molécule » dépend étroitement « de la nature et de la position de chaque autre atome de cette molécule », celle-ci fournissant donc un parfait exemple de système intégré.

¹⁰ Parascandola J. (1971), pp. 63-65 et p. 71. Henderson assista au séminaire de logique de Royce en 1908. Tous deux établirent peu après un club informel au sein de l'université afin de discuter les problèmes d'histoire et de philosophie des sciences : il n'y a donc guère de surprise à ce qu'Henderson trouva immédiatement des affinités profondes avec Whitehead lorsque celui-ci arriva à Harvard.

Bosanquet, selon qui la nature, constituant à la fois un tout individuel et une réunion de membres interagissant, devrait toujours être considérée des deux points de vue téléologique et mécaniciste :

L'opposition du mécanicisme et de la téléologie est le fondement même de l'ordre naturel, qui doit toujours être considéré des deux points de vue complémentaires, comme un vaste assemblage de systèmes changeants et comme une unité harmonieuse de lois et de qualités invariantes œuvrant ensemble dans le processus évolutif¹.

C'est un « complémentarisme » que l'on retrouve quelques années plus tard chez Woodger :

Il n'y a aucune antithèse entre téléologie et mécanicisme. Ils représentent simplement deux voies pour considérer une même caractéristique de l'organisme, deux voies également importantes².

Influencé comme Lotka par la conception spencerienne de la vie comme « ajustement continu de relations internes aux relations externes », Henderson en fit plutôt une caractérisation de l'organisation en général et posa comme une loi fondamentale de la nature la tendance de tout système vers un état d'équilibre dynamique traduisant tant son « ajustement » à son environnement que sa relative autonomie³. En ce qui concerne l'organisation biologique en particulier, Henderson ne la voyait pas comme exclusive de principes « mécaniques ». Les structures et processus biologiques seraient bien « mécaniques », mais l'organisation ne serait « en aucun sens un concept mécanique ». Elle exprimerait le caractère simultané de cause et d'effet de chaque processus ou phénomène vital, « aucun d'entre eux n'étant fondamental ou essentiel », mais « chacun étant intégral »⁴. Henderson voyait l'organisation comme une relation rationnelle (i.e. produite par la raison) et téléologique, parce que fonctionnelle :

[L'organisme] est une unité autonome dans laquelle chaque partie est fonctionnellement reliée à toutes les autres et existe en tant que servante du tout⁵.

C'est ce qui l'amena à identifier « téléologie interne » de l'organisme et autorégulation, une identification qui se paracheva dans l'œuvre biologique de Cannon.

Ce dernier avait débuté en physiologie en 1913 par des expériences sur les effets corporels de la peur ; après les avoir conçus comme des phénomènes localisés, il avait fini par les décrire comme des moments d'un processus global mobilisant tout l'organisme dans un combat pour la survie⁶. Ses travaux convergèrent ensuite vers le développement du concept d'« homéostasie », atteignant leur maturité dans un essai publié en 1932, *The wisdom of the body* (« La sagesse du corps »). Cannon y définit alors l'homéostasie comme l'expression des « processus physiologiques coordonnés qui maintiennent la plupart des états stables [*steady states*] de l'organisme »⁷. Il forgea ce terme en réponse à la nécessité de distinguer ces états de ceux caractérisant l'équilibre au sens usuel du terme, un souci similaire à celui que nous retrouverons chez Bertalanffy avec le développement de son concept d'« équilibre de flux » :

Les conditions constantes maintenues dans le corps pourraient être qualifiées d'*équilibre*. Mais ce terme en est venu à avoir une signification relativement exacte en tant qu'appliqué à des états physico-chimiques assez simples, dans des systèmes fermés, où les forces connues sont équilibrées. Les processus physiologiques coordonnés maintenant la plupart des états stables dans l'organisme sont si complexes et si particuliers aux êtres vivants que j'ai suggéré une désignation particulière pour ces états, l'*homéostasie*. Ce terme n'implique pas quelque chose de fixé et d'immobile, une stagnation. Il signifie une condition qui peut varier mais est relativement constante⁸.

La vision centrale de Cannon était une sorte de mariage d'héraclitisme et d'hippocratisme, où la *vix medicatrix naturae*, la capacité du corps à se préserver dans des environnements variables, constitue un trait improbable parce qu'émergeant d'un flux continu :

¹ Henderson L.J. (1917), in Parascandola J. (1971), p. 76.

² Woodger J.H. (1929), p. 450.

³ Parascandola J. (1971), p. 78, 87 et 94.

⁴ Henderson L.J. (1917), in Parascandola J. (1971), p. 87.

⁵ Henderson L.J. (1917), in Parascandola J. (1971), p. 85.

⁶ Young A. (1998), p. 235.

⁷ Cannon W. (1932), in Young A. (1998), p. 240.

⁸ Cannon W. (1939, 1968), p. 258.

Lorsque nous considérons l'extrême instabilité de notre structure corporelle, sa promptitude à la perturbation par la moindre application de forces externes et le rapide début de sa décomposition dès que les circonstances favorables se dérobent, sa persistance au cours de plusieurs décennies semble presque miraculeuse. L'étonnement s'accroît lorsqu'on réalise que le système est ouvert, engagé dans un échange libre avec le monde extérieur, et que sa structure elle-même n'est pas permanente, mais continuellement décomposée par l'usure [*wear*] et la déchirure [*tear*] de l'action, et qu'il se reconstruit par des processus de réparation¹.

Le trait dialectique de ce « quasi miracle », dont j'ai déjà dit l'importance pour Bertalanffy, avait déjà été exprimé par Charles Richet en 1900, que cita Cannon :

L'être vivant est stable. Il doit l'être non pour ne pas être détruit, dissout ou désintégré par les forces colossales, souvent adverses, qui l'entourent. Par une contradiction apparente, il ne maintient sa stabilité que s'il est excitable et capable de se modifier selon des stimuli externes et d'ajuster sa réponse à la stimulation. En un sens, il est stable parce qu'il est modifiable – la légère instabilité est la condition nécessaire de la véritable stabilité de l'organisme².

Si le concept d'homéostasie de Cannon était parent de celui de « milieu intérieur » qu'avait développé Bernard en son temps, c'était surtout en ce qu'il était synonyme de libération, en un sens déjà précisé en 1885 par Léon Fredericq dont j'ai relevé au 1-4-3-5 la présence et l'importance chez Bertalanffy en relation avec les métaphysiques de Smuts et N. Hartmann :

Plus on monte dans l'échelle des êtres, plus nombreux, parfaits et compliqués deviennent ces agencements régulateurs. Ils tendent à libérer l'organisme complètement des influences et changements défavorables se produisant dans l'environnement³.

La « sagesse du corps » au sens plein du terme était ainsi selon Cannon une propriété exclusive des vertébrés supérieurs et le fruit de la longue « lutte pour l'existence ». L'important étant ici que, dans le prolongement d'Henderson, son concept d'homéostasie était censé fournir l'*alpha* et l'*omega* de la « téléologie interne » de l'organisme.

1-4-5-10 – *Émergentisme métaphysique et holisme naturaliste en philosophie biologique : de Montgomery à Woodger*

Dans les années 1920 furent élaborés des discours holistiques plus généraux que ceux considérés précédemment, dont trois types distincts sont repérables. Ils avaient en commun d'une part de chercher à établir l'impossibilité d'une biologie purement « méristique », et d'autre part de se positionner par rapport au problème de l'autonomie de la biologie vis-à-vis des sciences physico-chimiques, c'est-à-dire sur le sens d'une éventuelle position émergentiste, tout en prétendant se démarquer radicalement des vitalismes métaphysiques.

Le principal représentant du premier type de discours au tournant des années 1930 fut Woodger, influencé par les conceptions développées un demi-siècle plus tôt par Montgomery et Haldane. Leur homologue dans la biologie allemande fut August Pütter et leurs positions furent largement congruentes au « matérialisme non réducteur » de Fechner et à la métaphysique de N. Hartmann. Elles se fondaient sur un émergentisme métaphysique pour justifier la légitimité d'une biologie holiste naturaliste, donc non métaphysiquement vitaliste.

J'ai déjà mentionné le fait que Woodger embrassait la doctrine d'inspiration hégélienne des « relations internes », selon laquelle *toute* caractéristique d'une partie d'un organisme est fonction de sa situation dans le tout. Montgomery et Haldane l'avaient déjà fait – le premier n'y voyant toutefois pas un trait distinctif du vivant, contrairement au second :

Les divisions morphologiques distinctes des animaux supérieurs sont en réalité des parties intégrantes et non constituantes. Elles sont spécialisées et différenciées à partir d'un tout pré-existant et ne sont en aucune manière des unités discrètes et indépendantes réunies dans la

¹ *op. cit.*, p. 256.

² Richet C. (1900), in Cannon W. (1939, 1968), p. 257.

³ Fredericq L. (1885), in Cannon W. (1939, 1968), p. 257. Voir aussi Young A. (1998), pp. 240-241.

composition d'une totalité complexe [...] Le tout est en réalité ici antécédent à ses parties. L'organisme est prioritaire sur ses tissus, les tissus prioritaires sur leurs éléments supposés¹.

Les conceptions ordinaires de la science physique sont insuffisantes lorsqu'elles sont appliquées aux phénomènes de la vie, et d'autres conceptions doivent leur être substituées [...] Dans le cas d'un système dont les parties se déterminent réciproquement, chaque partie, bien que déterminée par le reste du système et le déterminant, a une certaine indépendance. Le fait de la considérer comme partie du système n'est pas essentiel à sa propre existence, puisqu'elle a de nombreuses propriétés propres en dehors de sa relation au système. Mais dans le cas d'un système vivant, les parties n'ont pas cette indépendance [...] Les propriétés que nous y pensons inhérentes à une chose en soi, ainsi que ce qui se relie à sa détermination d'autres choses et par celles-ci, sont déterminées, en ce qui concerne la vie d'un organisme, en référence à cette vie comme un tout².

Haldane avait défendu de la manière la plus claire ce que j'ai appelé un « holisme intégral », tout en ne voyant « aucune force mystérieuse dans l'idée du tout déterminant les parties » :

Il n'y a rien dans les parties qui ne soit une manifestation du tout [...] Dans tout ce que font les parties et dans tout ce qu'elles sont, elles ne font que manifester le tout. Il s'ensuit que si nous en parlons comme déterminées par le tout, c'est en un sens très différent du terme « déterminé » que d'ordinaire. Car puisque les parties sont ce qu'elles sont seulement en tant qu'elles prennent part au tout, il ne peut clairement rien y avoir qui leur soit étranger dans leur détermination³.

Il fut ainsi amené à défendre une substitution de la catégorie de « réciprocité » à celle de causalité en physiologie. Nulle partie ou processus ne pourrait se concevoir indépendamment des actions et réactions des autres, d'où l'impossibilité d'exhiber de véritables séries causales indépendantes : Haldane récusait ainsi les vues exprimées par Bernard dans sa défense de la « médecine expérimentale »⁴. Il s'opposait pourtant à l'introduction de facteurs vitalistes, jugeant que les traits systémiques du vivant nécessitent non pas un refuge dans la métaphysique, mais une révision des catégories et méthodes utilisées pour les étudier de manière naturaliste :

Les parties d'un organisme et son environnement forment un système, chacune des parties agissant constamment sur le reste mais ne le faisant qu'en tant que partie du système, dans la mesure où les autres parties agissent simultanément sur elle. Cette conception générale de la nature de la vie ne postule en aucune manière une force vitale, dont l'action est inconnue de la physiologie. Tout ce qui est dit est que lorsque les processus étudiés par la physiologie les uns après les autres sont vus comme un tout, dans leurs relations mutuelles, ces processus doivent être considérés sous la catégorie de réciprocité plutôt que sous celle de cause et d'effet⁵.

Les biologistes vitalistes supposaient de manière injustifiée que quelque chose dans l'organisme vivant interfère de l'extérieur avec les processus physiques. Pour la biologie la plus récente il n'y a pas d'interférence venue de l'extérieur, mais l'intégration caractéristique de la vie est inhérente aux événements perçus et ceux-ci ne peuvent être décrits indépendamment d'elle⁶.

Montgomery distinguait comme trait distinctif du vivant la capacité d'autorégulation, de maintien d'une identité de structure au cours d'un perpétuel processus de désintégration et de réintégration⁷. Haldane y voyait lui aussi une caractéristique essentielle, qui renforçait selon lui l'inadéquation de l'approche « méristique » (« machinaliste » correspondrait à ses termes) et l'exigence de n'exposer ce que l'on sait d'une partie d'un organisme qu'à partir de sa « signification » pour le tout, c'est-à-dire d'étudier sa relation à l'ensemble des autres parties contribuant au maintien de la totalité. Et, anticipant lui aussi la conception bertalanffienne de l'organisme comme « système ouvert », il établissait un lien étroit entre le délicat équilibre dynamique établi par l'organisme avec son environnement et le fait de son organisation :

¹ Montgomery E. (1880), in Phillips D.C. (1976), p. 28. Voir aussi Keeton M.T. (1947), p. 310.

² Haldane J.S. (1884), p. 35.

³ *op. cit.*, pp. 37-38.

⁴ C'est un aspect qu'a bien souligné Woodger J.H. (1929), pp. 243-247.

⁵ Haldane J.S. (1884), p. 33.

⁶ Haldane J.S., in Needham J. (1936, 1943), p. 124.

⁷ Keeton M.T. (1947), p. 310.

La structure de l'organisme vivant n'a aucune ressemblance réelle avec celle d'une machine puisque les parties d'une machine peuvent être séparées sans altération de leurs propriétés [...] Dans l'organisme vivant par contre, aucune séparation ne peut être effectuée de la sorte et la structure est seulement l'apparence donnée par ce qui semble être en premier lieu un flux constant de matière spécifique, commençant et finissant dans l'environnement [...] Ce flux apparent a une persistance et un pouvoir de développement propres dont nous ne pouvons rendre compte par une simple constance de l'environnement physique et chimique¹.

Woodger reprit les conceptions que Haldane avait exposées au sujet d'une « téléologie interne » du vivant qui, précisément, la distinguerait de celle, « externe », des « machines » :

Dans un organisme, un événement partiel donné est *significatif* de quelque chose d'autre que lui-même. La caractérisation d'une partie donnée dépend de celle des autres, et d'autres parties dépendent d'elle de la même manière. Tout ceci est embrassé par le concept d'organisation [...] L'organisme dans sa totalité est un complexe d'événements organisés au milieu du complexe d'événements constituant son environnement, et sa persistance est le résultat de la relation mutuelle de ses parties les unes aux autres et à ces événements environnementaux².

Très influencé par Whitehead et par le physicien Percy W. Bridgman (prix Nobel 1946), lequel assimilait tout attachement à la pensée mécaniciste à un « péché originel » et à une « bigoterie »³, Woodger, qui qualifia en 1929 la maxime holistique « le tout est plus grand que la somme de ses parties » de « jugement synthétique *a priori* » au sens kantien⁴, ne se lassa pas, au tournant des années 1930, de s'attaquer à toutes les formes de mécanicisme biologique, non sans les avoir au préalable minutieusement examinées et classifiées. Plus encore que leurs formes métaphysiques, aisément disqualifiables du point de vue scientifique au même titre que leurs homologues vitalistes, ce furent les mécanicismes « méthodologiques » tels que ceux défendus par Wilson et le jeune Needham qu'il s'attacha à critiquer. Particulièrement lorsque Wilson, tout en reconnaissant l'importance du fait de l'organisation y compris au niveau cellulaire dont il était alors l'un des meilleurs spécialistes, reconnaissait « notre incapacité à définir précisément la signification de ce terme vague » tout en exprimant sa conviction que « la seule voie » vers l'exploration du fait qu'il désigne est « l'hypothèse mécaniciste » que l'organisation des entités biologiques est toujours explicable par les « propriétés physico-chimiques des substances composantes et les configurations spécifiques qu'elles peuvent avoir ». Wilson jugeait même que cette hypothèse d'une détermination du fonctionnement et du comportement d'un système quel qu'il soit par sa composition correspond ni plus ni moins à « notre habitude de pensée scientifique »⁵. Le point de départ de la philosophie biologique de Woodger peut être résumé par sa réponse :

Si le concept d'organisation est d'une importance telle qu'il apparaît l'être, il y a quelque chose comme un scandale à ce que les biologistes n'aient pas encore commencé à le prendre au sérieux et qu'ils se retrouvent contraints de confesser que nous n'en avons aucune conception adéquate⁶.

Sa critique à l'encontre des « néo-mécanicistes » revenait en fait à récuser leur prétention à se dispenser de métaphysique ; car pour lui, ils se reposaient en définitive sur une ontologie qui dénie toute « véritable réalité » aux relations entre parties d'une entité donnée :

Toute la difficulté dans ces problèmes repose très largement, je pense, sur la croyance profondément enracinée selon laquelle seuls les objets scientifiques ultimes en lesquels on croit pouvoir analyser l'organisme sont « véritablement réels » (par exemple les électrons) et que tout le reste n'est qu'une « simple apparence » pouvant être négligé en toute confiance⁷.

Les deux principaux facteurs responsables de l'incapacité à prendre au sérieux le problème de l'organisation en biologie étaient selon Woodger cette croyance et l'incompréhension qui en dériverait

¹ Haldane J.S., in Needham J. (1928a), p. 31.

² Woodger J.H. (1929), p. 437.

³ Bridgman P.W. (1927), in Woodger J.H. (1929), p. 237.

⁴ Woodger J.H. (1929), p. 228.

⁵ Wilson E.B., in Woodger J.H. (1929), pp. 289-290.

⁶ Woodger J.H. (1929), p. 291.

⁷ Woodger J.H. (1930), p. 17.

du concept de « composition » qui, dans tout réductionnisme méristique, ignorerait superbement les notions supposées essentielles de niveaux d'organisation et de hiérarchie :

Les entités étudiées par la physique et la chimie sont en un sens composites et certaines de leurs explications se font en termes des *relata* dans cette relation de composition. Les entités biologiques aussi se trouvent être composites au même sens, et de plus certains des *relata* dans la relation de composition dans les objets physico-chimiques en sont aussi dans les objets biologiques. *Mais* l'analyse des organismes telle qu'entreprise par les biologistes révèle *d'autres relata* en relation mutuelle de composition en un sens différent, i.e. non en composition *chimique* ; par exemple, l'organisme est analysable en systèmes d'organes, organes, tissus, cellules et parties cellulaires. Il y a une hiérarchie de parties composantes ou *relata* dans une hiérarchie de relations d'organisation. Ces relations ne peuvent être étudiées qu'à leur propre niveau et non simplement en termes des niveaux inférieurs car ces niveaux ne constituent pas des *relata d'unités* [*unit relata*]¹.

Dans un organisme, les propriétés d'une partie dépendent de la partie *dont* elle est partie, ainsi que des parties en lesquelles elle est analysable [...] Nous exigeons de concevoir les propriétés d'une partie organique ou composant comme une sorte de « surface » ou d'« intersection » (pour parler métaphoriquement) entre les composants en lesquels elle est analysable et ceux dont elle est un composant. Nous devons donc nous débarrasser de l'habitude de considérer seulement les composants supposés « ultimes » comme « réellement réels »².

Faisant siennes les réflexions de Whitehead sur le « concret mal placé » qui se manifesterait dans l'usage non critique des abstractions utilisées par la science méristique (usage qui la vouerait en définitive à la stérilité)³, Woodger insistait sur le fait qu'abstraire signifie toujours distinguer certains traits de l'expérience et en négliger d'autres, la validité de toute conclusion obtenue sous un mode d'abstraction étant relative à ce mode. D'où l'erreur commise par les tenants d'une biologie exclusivement méristique, dont le mode d'abstraction négligerait l'essentiel dans sa considération des organismes vivants ; à savoir, selon les termes de Bertalanffy, que la vie est un état systémique propre à une « organisation des substances et des processus » organiques et que la mort est la « destruction de cette organisation »⁴ :

Le tout requiert ses composants pour « être en vie » et les parties requièrent le tout pour apporter leur contribution particulière en vertu de laquelle il est « en vie ». Autrement dit, le terme « vivant » s'applique non aux composants en tant que tels, mais aux composants dans les relations d'organisation en vertu desquelles ils manifestent leurs propriétés *relationnelles* particulières⁵.

Que signifie de dire qu'un organisme est vivant ? La biologie moderne [i.e. méristique] n'a aucune réponse à cette question, parce qu'elle est sous l'influence d'un mode d'abstraction qui fait et doit par nature faire abstraction du fait que l'organisme est vivant⁶.

Les holismes naturalistes de Montgomery, Haldane et, d'une manière plus ambiguë, celui de Woodger, furent solidaires d'émergentismes qu'il faut bien qualifier de métaphysiques. Celui de Montgomery pouvait pour ainsi dire être calqué sur l'indéterminisme de Fechner, ce qui n'est probablement pas étranger au fait qu'il fit toutes ses études en Allemagne. Montgomery, qui attribuait l'harmonie des structures et processus organiques à un processus évolutif d'ajustement à l'environnement, voyait en effet lui aussi l'évolution comme perpétuellement créatrice de nouveauté : même la connaissance exhaustive des éléments d'un système dans leurs combinaisons antérieures ne pourrait permettre de prédire le comportement du système, car la « créativité » de l'évolution

¹ Woodger J.H. (1929), pp. 292-293.

² Woodger J.H. (1930), pp. 451-452.

³ Whitehead A.N. (1925, 1994), pp. 77-78 : « L'avantage de limiter son attention à un groupe précis d'abstractions est que vous concentrez vos pensées sur des choses nettement définies, entretenant des relations nettement définies. En conséquence, si vous avez un esprit logique, vous pouvez déduire une série de conclusions respectant les relations entre ces entités abstraites. Qui plus est, si les abstractions sont bien fondées, c'est-à-dire si elles ne détournent pas d'éléments importants pour l'expérience, la pensée scientifique se concentrant sur ces abstractions arrivera à une série de vérités importantes liées à notre expérience de la nature [...] L'inconvénient de concentrer son attention sur un groupe d'abstractions, même bien fondées, est que vous vous coupez du reste. Si les choses exclues s'avèrent pertinentes pour votre expérience, vos modes de pensée se révéleront incapables de les traiter [...] Une civilisation incapable de remettre en cause les abstractions dominantes est vouée à la stérilité après une période de progrès très limitée ».

⁴ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 81-82.

⁵ Woodger J.H. (1930), p. 459.

⁶ Woodger J.H. (1929), p. 319.

consisterait précisément à produire des combinaisons inédites, absolument imprédictibles. Ce qui n'empêchait selon lui en rien que les activités et l'évolution des organismes soient entièrement les effets de causes naturelles et donc sujettes à l'étude scientifique : aucun agent *ad hoc* n'avait à ses yeux besoin d'être postulé pour les expliquer¹. Sans invoquer l'historicité du vivant, Haldane considérait de son côté non seulement que l'ordre holistique des organismes est par définition irréductible à une connaissance, même intégrale, de ses constituants physico-chimiques et de leurs combinaisons, mais il retournait en quelque sorte le réductionnisme physicaliste, suggérant que les concepts et les lois des sciences physico-chimiques se révéleraient à terme n'être que des cas particuliers de ceux nécessaires aux sciences biologiques – un « réductionnisme holistique » déjà évoqué au 1-2-2-1, qui se retrouva par la suite chez Smuts et Meyer-Abich² :

Il n'y a pas à douter que l'on puisse trouver un point de rencontre entre la biologie et la science physique. Mais on peut prédire avec confiance que si ce point de rencontre est trouvé et que l'une des deux sciences est engloutie, ce ne sera pas la biologie³.

La difficulté des positions de Haldane, comme de celles de Montgomery, fut bien résumée par le témoignage de Needham au sujet de la réception des vues du premier :

Ses propres vues étaient toujours un peu obscures et c'est pourquoi d'innombrables biologistes se plaignirent, et se plaignent encore, de ne pas pouvoir comprendre ce qu'il voulait dire. Vous ne voulez rien avoir à faire, disaient-ils, avec une quelconque forme d'esprits vitateux et pourtant vous affirmez qu'il y a là quelque chose qui échappe à l'examen physico-chimique⁴.

Cette incompréhension, et l'échec qui en résulta pour ces conceptions jusqu'aux années 1920, révèlent non seulement les difficultés inhérentes à la simultanéité de l'affirmation de l'émergence irréductible du vivant et de la récusation des vitalismes métaphysiques, mais aussi la distance qui sépare ce qui restait une simple philosophie organiciste de la biologie, en fait non opérationnelle, d'une épistémologie systémique féconde permettant de fonder une théorie scientifique de l'organisation biologique. Les travaux de Haldane en physiologie ne semblent guère avoir traduit « concrètement » son organicisme. Lui comme Montgomery ne concevaient pas encore l'organisation comme un problème : ils s'identifiaient pour l'essentiel à la très classique définition du vivant et au critère qui l'en distingue de l'« inorganique ».

La position de Woodger était plus complexe, et ce qui l'en distinguait le rapprocha nettement de Bertalanffy. Il adopta certes lui aussi un émergentisme métaphysique, ce qui est cohérent compte tenu de son attachement à la doctrine des relations internes. Ses précautions verbales, probablement destinées à ne pas être accusé d'une telle « dérive », trompent d'autant moins qu'il laissait affleurer ses convictions profondes et s'appuyait quant à ces problèmes sur des émergentistes notoires tels que Broad et Lloyd Morgan :

Une entité ayant le type hiérarchique d'organisation tel qu'on le trouve dans l'organisme requiert une étude à tous les niveaux, et l'étude d'un niveau ne peut pas se substituer à la nécessité d'étude de niveaux supérieurs. Et ceci reste vrai indépendamment de la question de la possibilité, dans un futur lointain, de formuler les propriétés de tous les niveaux supérieurs en termes des relatés des niveaux inférieurs, *si tant est que la nature même du cas étudié n'exclut pas une telle possibilité*⁵.

Si l'on ne trouve pas trace chez lui d'un émergentisme purement épistémologique tel que celui défendu par Bertalanffy, Woodger restait comme celui-ci prudent quant à la possibilité d'une réduction physicaliste des concepts (et lois) ayant encore un caractère purement biologique, reprochant d'ailleurs à Haldane de confondre mécanicisme et physicalisme⁶. Par quoi l'on peut au passage déjà observer la possibilité d'un terrain commun avec Lotka :

¹ Keeton M.T. (1947), pp. 311-312 et p. 336.

² Smuts J.C. (1926, 1973), pp. 145-147 par exemple. Meyer-Abich A. (1934) et (1936), p. 210.

³ Haldane J.S., in Needham J. (1928a), p. 31.

⁴ Needham J. (1928a), p. 32.

⁵ Woodger J.H. (1929), p. 316. Les italiques me sont propres. Il cita aussi Broad : « S'il y a de nouveaux types de loi à certains niveaux, il est souhaitable que nous reconnaissons honnêtement ce fait. Et si nous prenons l'idéal mécanistique trop au sérieux, nous courons le danger d'ignorer ou de pervertir des faits de ce genre » ; et Bridgman, qui expliqua que lorsqu'on explore un nouveau domaine, « on doit être préparé à de nouveaux faits, d'un caractère entièrement différent de ceux de notre expérience antérieure ».

⁶ Woodger J.H. (1930), p. 7.

À la question de savoir si les concepts de la physique et de la chimie suffisent à la biologie scientifique contemporaine, la réponse est non [...] À celle de savoir si l'on pourra un jour se dispenser des concepts purement biologiques actuels et si leur place sera prise par des concepts purement physiques ou chimiques, la réponse évidente est : attendre et voir¹.

Mais Woodger n'orienta nullement ses travaux « bio-logistiques » vers un élargissement de la théorie physique permettant d'embrasser les problématiques biologiques (ce qui fut en partie le cas de Bertalanffy) ; ils restèrent au contraire de part en part circonscrits par son relationalisme et par un émergentisme qui se révéla par là-même en fin de compte aussi radical que ceux de Montgomery et Haldane, tout en débouchant sur la même prétention :

Une attention *exclusive* à ce qu'on appelle des explications mécanicistes n'est pas souhaitable en biologie, [mais] le vitalisme n'est pas la seule alternative, car des *explications purement biologiques* sont aussi possibles².

Des « explications purement biologiques », c'est-à-dire respectant l'exigence d'être naturalistes tout en étant élaborées de manière autonome vis-à-vis des autres sciences. Woodger opposait à l'« usage intolérant d'abstractions » des tenants d'une science méristique que l'explication d'un « tout » par ses parties n'est pas le seul mode légitime d'explication, et qu'il est même secondaire au sens où la « mise en relation » en est un autre³, plus fondamental de surcroît puisque la construction de cet objet qu'est la « partie » en dérive et s'y soumet encore lorsqu'il s'agit d'appréhender le « tout ». Et c'est après avoir énuméré ce qu'il tenait pour les relations biologiques fondamentales⁴ que Woodger prôna ainsi une « *biologie pure* », capable « d'établir sans la moindre théorie sur ce qu'est un organisme les fondamentaux de la connaissance biologique par référence à un tel schème de relations fondamentales et aux relations qu'on y trouve entre elles, exactement comme il est possible d'établir les résultats de la physique sans théorie métaphysique sur ce que sont la 'matière' ou l' 'énergie' »⁵.

Ce qui distinguait en fin de compte Woodger de Montgomery et Haldane était que l'organisation biologique ne devait pas pour lui être admise comme un axiome de la recherche, comme l'avaient du reste fait les « téléo-mécanicistes » allemands du XIX^e siècle : il s'agissait d'en faire un *problème* et de se donner les moyens conceptuels de l'appréhender. Et un vitalisme s'imposait selon lui à cet égard qui, bien que métaphysiquement enraciné dans un émergentisme, se devait de rester purement logique et méthodologique.

1-4-5-11 – *Vitalisme méthodologique et biologie holistique : Ungerer*

Woodger demeurait inévitablement ambigu et une position à la fois plus claire, débarrassée de métaphysique émergentiste et convergeant néanmoins vers la même conclusion fut défendue quelques années avant lui par Ungerer, dans le sillage de ses réflexions sur le « téléo-mécanicisme » kantien. Ungerer considérait que ce que Kant avait appelé « l'événement vital » [*Lebensgeschehen*] se caractérise par un « trait d'ordre » [*Ordnungszug*] holistique ayant une spécificité par rapport aux processus ayant cours dans la nature « non-vivante » ; le constat de son existence n'ayant rien d'un anthropomorphisme ni rien de « subjectif », et sa négation constituant par contre un « renoncement » à la condition primordiale de la recherche, à savoir selon lui « l'absence de présupposé ». Ce « trait d'ordre » serait pour Ungerer aussi que l'être vivant se conserve en tant que totalité en dépit de l'action continue de son environnement et du changement ininterrompu du matériel dont il est composé. Et il justifierait pleinement le recours à des concepts holistiques en biologie, dont les tenants d'une biologie méristique ne pourraient en fait pas se dispenser :

Nulle part la recherche biologique n'est en réalité parvenue à présenter ses résultats sans concepts holistiques [*Ganzheitsbegriffe*]⁶.

¹ Woodger J.H. (1929), p. 325 ; voir aussi Bertalanffy L. von (1932b), pp. 112-113 et p. 115, qui cita justement Woodger.

² Woodger J.H. (1929), p. 317. Les italiques me sont propres.

³ Woodger J.H. (1929), p. 273 : « Le processus d'explication consistera soit à exhiber la relation de ce qui est à expliquer à quelque chose d'autre, soit à diminuer sa complexité en l'analysant ».

⁴ A savoir celles : (1) entre l'organisme et son environnement ; (2) entre organismes (intra- et inter-spécifiques) ; (3) entre parties d'un organisme, abstraction faite du reste ; (4) entre une partie et l'organisme dans son ensemble.

⁵ Woodger J.H. (1929), p. 277.

⁶ Ungerer E. (1927), p. 9.

Schaxel avait d'ailleurs avancé cette critique dès 1919 sous la forme d'une question, après avoir lui aussi souligné que même les prétendus « mécanistes » sont contraints de travailler avec des problématiques étrangères à celles suscitées par le monde « inorganique » :

Avec quel droit le mécaniste parle-t-il d'adaptation et d'utilité, d'individualité, de tout et de ses parties, de l'unité de l'organisation, d'harmonie, de régulation, d'activité, d'autonomie, et en définitive de l'organisme en général ?¹

L'originalité de Ungerer fut d'affirmer clairement que les traits holistiques du vivant posent un *problème* échappant aux approches méristiques, et d'en conclure que le holisme doit non se limiter à être un mode de description, mais engendrer un cadre théorique où seraient précisés les concepts permettant d'appréhender ces traits, et qui en formulerait les lois. S'il fallait embrasser un vitalisme, c'était en résistant à la tentation d'introduire des « facteurs holistiques » tels que l'entéléchie de Driesch, qui conduisait selon lui à un « vitalisme négatif » n'exprimant en définitive qu'une « nescience » [*Nichtwissen*]. Le seul vitalisme acceptable était pour lui un « vitalisme positif », ou « hypothétique » ; c'est-à-dire purement méthodologique, complémentaire à l'analyse mécaniciste du vivant, et qui renoncerait définitivement à se prononcer sur son « essence » tout en élaborant des concepts et des hypothèses relatifs à ses traits holistiques en vue d'en déterminer les lois :

La dérivation des lois à partir de postulats ultimes n'est pas propre au « mécanisme » (la recherche des causes *isolées*), mais constitue la tâche supérieure de toute étude de la nature en général, dans laquelle il faut inclure le caractère holistique des processus vitaux. Le trait holistique de l'événement organique pose à la recherche causale un *problème* inévitable : celui de savoir à partir de quels postulats il serait explicable, et si ceux de la physique générale suffisent ou non à cet égard [...] La recherche biologique a une tâche très générale et incontournable : l'analyse causale de l'événement holistique, [...] nécessaire et fertile eu égard à tous les problèmes particuliers [...] *Non seulement des hypothèses vitalistes sur le caractère holistique de l'événement doivent être permises, mais elles sont inévitables dans la situation épistémologique actuelle [... Mais] la recherche doit être orientée vers la détermination progressive toujours plus précise des lois holistiques, sinon l'hypothèse vitaliste demeure un simple « remplissage » sans fécondité* pour la recherche².

Ungerer formulait là l'essentiel de ce que Bertalanffy présenta peu après lui comme le programme « organismique » en biologie. Nous verrons toutefois au 2-3 et au 2-6 que le Viennois avait une vision plus ouverte qu'Ungerer des rapports entre biologie et sciences physico-chimiques, de sorte que son vitalisme méthodologique, bien que pour l'essentiel identique, allait chez lui de pair avec la quête d'un élargissement des secondes qui pourrait inclure la problématique de la totalité organique.

Une troisième position contemporaine importante de bio-philosophie holistique doit justement être évoquée maintenant, parce qu'au lieu de chercher à fonder la biologie holistique sur un émergentisme métaphysique ou à l'inscrire dans la seule perspective d'un vitalisme méthodologique, elle cherchait dans la physique les ressources pour développer cette biologie, avec en ligne de mire une théorie générale embrassant physique et biologie.

1-4-5-12 – Philosophie biologique et « théorie de la Gestalt »

Cette position s'enracinait dans la théorie des « *Gestalten* physiques » de Köhler. Dès l'introduction à son livre sur ce sujet publié en 1920, il avait suggéré la pertinence de cette théorie tant pour la compréhension de l'ordre holistique des organismes vivants que pour la réfutation des thèses vitalistes ; et il y avait émis l'idée que c'est par l'étude des problèmes posés par cet ordre que la physique gagnerait l'extension nécessaire pour en rendre compte :

On trouve que se pose pour la biologie en général un problème dans une certaine mesure similaire au problème de la *Gestalt* en psychologie. Cette parenté se dévoile lorsque les vitalistes postulent pour expliquer les phénomènes caractéristiques de la vie des forces biologiques du même type et de mêmes modes d'action que, justement, les facteurs psychiques supérieurs [...] Le besoin de faire de configurations [*Gebilde*] et de processus ayant une nature de *Gestalt* des objets de pensée esquissés avec précision [*scharf umrissen*] subsiste ainsi dans toute la biologie. La réponse spécifiquement vitaliste à ces problèmes exclut d'emblée la possibilité de véritables *Gestalten* physiques. Mais si

¹ Schaxel J. (1919), p. 85.

² Ungerer E. (1927), p. 157, p. 161 et pp. 164-165. Les italiques en fin de citation me sont propres.

l'on en cherche, il semble que ce soit comme si les propriétés typiques de l'événement vital fournissaient une indication sur la direction dans laquelle la physique devrait chercher pour trouver éventuellement en elle des *Gestalten* ; des configurations physiques devraient en effet montrer quelque chose de l'ordre unitaire du monde organique¹.

Deux biologistes s'intéressèrent très vite à ces suggestions, soulignant presque simultanément en 1923 l'opportunité que représenterait la théorie des *Gestalten* physiques pour le renouvellement de la philosophie biologique : Przibram et Pütter.

Avec une inspiration non physicaliste qui le rapprochait d'un émergentisme tel que ceux défendus par Montgomery et Woodger, Pütter s'efforça ainsi de reconstruire toute la physiologie sur le concept de *Gestalt*. Il se représentait l'organisme vivant comme une hiérarchie de *Gestalten* allant de l'électron à l'organisme dans son ensemble en passant par l'atome, la molécule, la cellule, le tissu et l'organe. A chaque niveau de cette hiérarchie, les *Gestalten* correspondantes présenteraient des propriétés spécifiques qui ne sont pas la simple résultante de celles des *Gestalten* de niveau inférieur et qui, au contraire, conditionneraient les propriétés de ces dernières :

Une *Gestalt* n'est pas une somme de parties, mais l'ensemble des « moments » qui se supportent mutuellement et n'ont d'existence que dans la mesure où ils sont des « moments » de la *Gestalt*. En ce sens, la cellule est une *Gestalt* car ses plus petites parties sont incapables d'exister par elles-mêmes ; non seulement elles ne manifestent pas à l'état séparé les propriétés du tout, mais elles se modifient par rapport à l'état qu'elles avaient en tant que « moments » de la *Gestalt*.

L'approche physico-chimique du vivant ne serait pertinente qu'aux trois premiers niveaux de *Gestalten* : dès que l'on passe au niveau de la cellule, des concepts spécifiquement biologiques seraient nécessaires, qu'il serait vain de chercher à réduire à des concepts physiques – sauf à considérer une physique élargie au monde « organique » et incluant des catégories, des concepts et des lois inconnus de la physique du monde « inorganique » :

Dès lors que l'on se rend compte qu'il y a au fondement de tous les processus biologiques un système ayant des propriétés de *Gestalt*, toute tentative de vouloir comprendre l'essence de la vie par l'étude de tous les composants isolés [...] perd son sens. Il est dans la nature de la vie en tant qu'événement structuré [*gestaltet*] qu'elle ne peut être comprise comme la somme de ses composants isolés. C'est pourquoi on ne trouve dans aucun des groupes de tissus constituant les systèmes vivants la moindre propriété entièrement spécifique qui rende la vie compréhensible ; c'est pourquoi encore on ne peut trouver aucune propriété physique isolée qui distingue les systèmes vivants des non-vivants ; c'est pourquoi enfin l'on peut aussi prédire qu'aucune découverte physique ou chimique nouvelle ne nous donnera soudainement la clef des secrets de la vie².

Pütter tenait finalement le concept de *Gestalt* pour la clef permettant de penser l'organisation biologique et, en physiologie, d'élaborer une théorie des systèmes vivants *en tant que systèmes* :

Ce sont non la somme des processus isolés ni la somme des substances que nous avons découvertes par la chimie et celles que nous découvrirons encore qui constituent le fondement de ce que nous appelons la vie [...] C'est précisément l'espèce particulière d'association des substances et des processus, leur ordre spatial et temporel, qui constitue ce que nous appelons la vie [...] Il n'est peut-être pas exagéré de dire que ce que la physiologie fournit aux systèmes vivants en dehors de la physique et de la chimie, c'est la théorie des propriétés de *Gestalt* de ces systèmes³.

Mais tandis que Pütter tirait la théorie de la *Gestalt* vers la justification d'un vitalisme logique et méthodologique, Przibram en conçut très différemment la signification. Avant la publication de cette théorie, les travaux de ce dernier (dont ses analogies « cristallographiques » de l'organisme) avaient été guidés par l'idée que les traits holistiques du vivant ne sauraient servir d'argument *a priori* pour avancer l'irréductibilité des lois biologiques aux lois physico-chimiques, car ils se manifestent aussi dans des entités non biologiques. On peut parler chez lui de physicalisme méthodologique :

J'ai toujours eu comme principe directeur de rechercher des formules générales en tant qu'analogies des formes inorganiques de phénomènes, là où un phénomène physique ou chimique déterminé dans

¹ Köhler W. (1920, 1924), pp. XIII-XIV.

² Pütter A. (1923), in Bertalanffy L. von (1929b), p. 84.

³ Pütter A. (1923), in Bertalanffy L. von (1929b), p. 85. Voir aussi Sapper K. (1926), pp. 343-344.

l'organique nous est inconnu [...] Je m'en suis toujours tenu aux concepts physiques généraux en cherchant même pour les phénomènes biologiques à partir des lois physiques les mieux connues¹.

Et lorsque Köhler étendit la portée de la théorie de la *Gestalt* à la physique, Przibram fut renforcé dans ses positions. S'il se disait « agnostique » sur la question de la réduction des lois biologiques à celles des sciences physico-chimiques *contemporaines*, sa conviction était qu'une « insertion » serait possible si l'on parvenait à élargir assez la physique en direction des lois des *Gestalten* physiques – la « physique » tendant dès lors à s'identifier à *toute la science de la nature*. D'où son invitation à dépasser la querelle entre « mécanicistes » et « vitalistes » :

Les conceptions vitalistes me semblent parfaitement conciliables avec les conceptions mécanicistes, pour autant que d'une part les avocats des secondes admettent qu'outre les parties, un « tout » ne consistant pas en une simple sommation de résultats puisse jouer un rôle, et que les vitalistes reconnaissent que l'existence de propriétés holistiques ne résultant pas de la seule sommation des parties ne sont aucunement limitées au monde organique [...] Si nous renonçons à la partition en organismique et inorganismique, alors nous pourrions entreprendre avec un succès surprenant l'insertion [*Einreihung*] des lois du vivant dans le canon de la physique².

Son ambition, que nous verrons au 2-4-2-1 anticipée par D'Arcy Thomson, était en fait la constitution de ce qu'il appela en 1928 une « morphologie générale » (ou encore, en 1923, « *théorie générale des Gestalten* ») unifiant les mondes « organique » et « inorganique », qui consisterait à « chercher ce qui est commun aux données des sciences individuelles et à le capturer dans des règles »³. Une « morphologie générale » dont seraient dérivables toutes les lois réglant les phénomènes inorganiques et organiques, celles gouvernant les premiers s'appliquant aux seconds mais la réciproque étant fautive car « les organismes représentent des systèmes compliqués où des conditions systémiques sont réalisées qui ne se trouvent nulle part ailleurs »⁴. Przibram développait ainsi un projet *a priori* paradoxal : celui d'un physicalisme méthodologique mis au service de son propre dépassement, dans une direction préfigurant malgré tout sensiblement le projet bertalanffien de « systémologie générale ».

Il fut en cela très proche de Köhler. Celui-ci commença lui-même, en 1924 et 1925, à discuter moins allusivement qu'en 1920 le problème de la totalité organique. Son hypothèse était que la tendance des *Gestalten* physiques à la régularité et à la simplicité (le principe de « prégnance ») s'applique aux processus organiques et aux interactions de l'organisme et de son environnement, et que s'y manifeste une direction des « forces intérieures » vers la création d'équilibres dynamiques. Köhler avançait alors une position franchement physicaliste puisqu'il pensait qu'aussi bien la coordination des organes et des processus vitaux que le comportement finalisé des êtres vivants sont des conséquences du second principe de la thermodynamique⁵ – une position pour le moins paradoxale, à une époque où les phénomènes biologiques apparaissaient en contradiction flagrante avec ce principe.

Parallèlement aux critiques issues du domaine de la psychologie, déjà discutées au 1-4-4-5, ce physicalisme holistique suscita en Allemagne autant de critiques véhémentes que d'enthousiasme chez les biologistes, nourrissant les controverses entre « vitalistes » et « mécanicistes ». D'un côté, des biologistes comme Meyer-Abich et Max Hartmann (que Needham décrivit de manière assez contestable comme un représentant typique du « néo-mécanisme »⁶) s'empressèrent d'y voir la preuve que les traits holistiques du vivant ne sauraient justifier le moindre vitalisme :

[Les travaux de Köhler] ont fourni la preuve stricte et rigoureuse du fait que le vitalisme est intenable, même dans la forme hautement logique que Driesch lui a donné [...] La prétendue contingence des théories entre biologie et physique n'existe donc plus [...] L'ensemble de la science de la nature est aujourd'hui non seulement du point de vue terminologique mais aussi logiquement

¹ Przibram H. (1923), p. 52.

² Przibram H. (1923), p. 60. Voir aussi son essai sur « les domaines inorganiques frontières de la biologie » : Przibram H. (1920).

³ Przibram K. (1928), in Coen D.R. (2006), p. 507 et plus généralement pp. 513-518. Przibram utilisa l'expression « théorie générale des *Gestalten* » [*allgemeine Gestaltenlehre*] dans (1923), pp. 21 sq.

⁴ Przibram H. (1923), pp. 52-53.

⁵ Köhler W. (1925) et Ash M. (1995), pp. 253-254.

⁶ La philosophie biologique de Max Hartmann avait en fait de très nombreuses convergences avec celle de Bertalanffy et elle ne cadre pas avec une telle caractérisation. Les convergences en question seront pointées dans ma seconde partie, en particulier au 2-3.

et théoriquement un organisme certes utilement pourvu de divers membres, mais complètement homogène, plus homogène en tous cas qu'à n'importe quelle époque antérieure¹.

Meyer-Abich avança à cette occasion l'idée que la différence entre « causalité mécaniste » (i.e. les formes « méristiques » de causalité) et « causalité holistique » ne serait pas de principe mais de degré, la première n'étant qu'un « cas limite » de la seconde² – une idée déjà rencontrée chez Smuts et qui finit en fait une décennie plus tard par le ramener vers la conception d'Haldane des lois physiques comme cas limites des lois biologiques.

D'un autre côté, Driesch réagit par deux articles publiés en 1926, qui attaquaient frontalement Köhler. Sa critique fut radicale : Köhler aurait certes montré l'existence d'« unités d'action » [*Wirkungseinheiten*] dans le monde purement physique, mais pas celle de *Gestalten* proprement dites. Le problème serait en effet que dans sa théorie, la *Gestalt* physique présuppose une forme spatiale statique produite par l'intelligence du physicien, une topographie préalable dans laquelle elle se manifeste. Et ces conditions aux limites, en tant que contraintes externes, distinguaient pour Driesch les entités considérées par Köhler des seules « véritables » totalités, à savoir les organismes vivants ; il leur manquerait en effet la capacité de se développer et de se régénérer par elles-mêmes, « à partir de forces propres » :

Les structures physiques non-vivantes ne sont pas des totalités à partir d'elles-mêmes, à partir de leur propre essence. Elles ne sont de ce point de vue que des unités d'action [...] Dans ce que Köhler appelle une structure ne se manifeste aucune totalité à partir de « forces internes », à partir d'une « dynamique interne spontanée »³.

Dans la nature non-vivante, aucune véritable totalité ou « *Gestalt* » ne joue jamais de rôle et l'opposition fondamentale entre vivant et non vivant persiste en dépit des analyses de Köhler [...] Des formes physiques données y sont la condition indispensable de tout ordonnancement spécifique [...] Dans la nature organique, la création de forme (ou de *Gestalt*) est un principe élémentaire⁴.

Driesch accusa Köhler de chercher à éliminer le vitalisme d'une manière néo-aristotélicienne (car appliquant son concept de « forme » à toute la nature), et de vouloir en fait dépasser le vitalisme par un « pan-vitalisme »⁵. Ungerer estimait quant à lui que les *Gestalten* physiques ne fournissaient que des analogies des processus organiques holistiques ayant certes une valeur heuristique, mais ne constituant aucune preuve de l'absence de spécificité de ces processus⁶.

Köhler réagit toutefois en 1927 par la publication d'un article très important du point de vue de la genèse du projet « systémologique » bertalanffien, où il approfondit considérablement ses réflexions sur les « problèmes de la vie ». Sans répondre directement aux critiques de Driesch, il s'y attaqua frontalement à lui en abordant du point de vue de la théorie de la *Gestalt* le problème de la régulation organique, où le vitaliste avait justement puisé ses arguments centraux. Dépasser les controverses entre « mécanicistes » et « vitalistes » était son but explicite – mais il faut voir que le physicalisme n'entraînait pas en tant que tel dans sa conception du « mécanisme ». Il jugeait inacceptable la manière dogmatique dont les seconds posaient *a priori* l'autonomie du vivant, tout en reconnaissant l'inadéquation profonde d'une conception « machinaliste » eu égard aux capacités de régulation du vivant, qu'il qualifia d'« intenable ». Ainsi résuma-t-il ses ambitions deux ans plus tard :

Nos concepts dynamiques pourront servir à l'avenir à traiter des objections que le vitalisme a élevées contre l'interprétation mécaniste de la vie. Si cela se produit, les théories mécanistes de la vie perdront leurs bases – après tout, les arguments vitalistes contre ces théories ont parfois été des plus convaincants. Mais le vitalisme n'en profitera pas, car il a conclu à tort de ces objections aux théories mécanistes que les problèmes principaux de la biologie ne pouvaient être résolus en termes de sciences naturelles. Nos concepts proposent justement de nouvelles façons de les concevoir⁷.

¹ Meyer-Abich A. (1926), p. 224. Sur Hartmann, voir aussi Sapper K. (1926), pp. 910-912 et Hartmann M. (1937), pp. 32-44.

² Meyer-Abich A. (1926), p. 225

³ Driesch H. (1926a), p. 5 et p. 7.

⁴ Driesch H. (1926b), pp. 285-286.

⁵ Driesch H. (1926a), p. 1.

⁶ Ungerer E. (1927), pp. 160-161.

⁷ Köhler W. (1929, 2000), p. 140.

Comme en réponse aux critiques d'Ungerer, un aspect essentiel des réflexions de Köhler est qu'elles allaient de pair avec le fait qu'il ne se satisfaisait pas des analogies que des Leduc ou Rashevsky s'étaient contentés d'exhiber entre phénomènes biologiques et physico-chimiques en opposition aux thèses vitalistes. Rejoignant largement Przibram sur ce point, il considérait qu'il fallait plutôt discerner les *principes généraux* à l'œuvre dans de tels systèmes physiques expliquant les similitudes de leur comportement avec les systèmes biologiques :

Nous ne nous intéressons pas à des similitudes pour ainsi dire fortuites, mais voulons comprendre en principe sous quelles conditions et en vertu de quelles propriétés des systèmes inorganiques exhibent et doivent exhiber les types de comportement qu'ont les systèmes organiques – s'il y en a.

Et non seulement Köhler utilisa dans son article un concept très général de système, mais il y jugea que seule cette étude systémique générale, déjà qualifiée de « *systémologie* » [*Systemlehre*], permettrait de dépasser la controverse entre mécanismes et vitalismes :

Une telle *systémologie* [*Systemlehre*] semble seule apte à mener hors de l'état actuel dans lequel les deux partis se combattent comme dans l'obscurité. Si l'on commence par savoir quel aspect des événements naturels implique en principe et de manière rationnelle [*verstandenerweise*] un rapprochement des conditions organiques, alors on pourra aussi reconnaître plus facilement s'il existe dans l'inorganique une limite supérieure de la qualité systémique [*Systembeschaffenheit*] en question, qui exclut nécessairement le passage au comportement organique. Une telle systémologie devrait ainsi rencontrer l'intérêt des vitalistes comme celui des mécanistes, bien qu'elle ne recherche pas de phénomènes biologiques censés prouver l'autonomie du vivant, mais vise au contraire à déterminer, partant d'un aperçu général du comportement systémique rencontré dans l'inorganique, ses possibilités positives, et par là même ses limites compréhensibles¹.

Köhler s'efforça donc de « préparer au moins sur quelques points » cette « systémologie » dont il estimait qu'elle deviendrait « toujours plus indispensable ». Il n'avait certes pas la prétention d'élaborer une « théorie positive » de la régulation organique : son objectif était de « rechercher les principes généraux des événements inorganiques qui peuvent en général être pris en considération lorsqu'il s'agit de comprendre les processus de régulation »².

Köhler remarqua d'abord que le problème de la régulation concerne la direction dans laquelle s'effectuent les transformations d'un système. Or, la physique ne connaissait à son époque qu'un seul principe à cet égard : le second principe de la thermodynamique. Mais, reniant ses premières conceptions, Köhler constata que si ce principe, compte tenu de son interprétation statistique « boltzmanienne », était le seul du genre, il faudrait renoncer à comprendre sur la seule base des principes physiques la direction des processus organiques, caractérisée par une différenciation structurale croissante. En se fondant sur ses propres travaux au sujet des *Gestalten* physiques, il en conclut que le second principe ne dit pas tout, même dans le cas de certains systèmes inorganiques, de la direction de leur évolution :

Un équilibre n'est atteint dans des systèmes physiques que dans la mesure où l'entropie y a atteint un maximum. Mais l'état spécifique du système en lequel consiste l'équilibre ne peut être compris à partir du seul second principe lorsqu'il s'agit d'un équilibre reposant sur des principes dynamiques³.

Le second principe ne s'applique qu'aux processus irréversibles. Or, Köhler jugeait impossible de nier que certains processus réversibles aussi sont orientés. Par exemple, dans un système mécanique conservatif où les forces dérivent d'un potentiel vaut le principe selon lequel « l'action des forces est globalement et continuellement orientée vers le rapprochement du système de sa distribution d'équilibre »⁴ (i.e. vers une minimisation du potentiel). Et ce principe n'a rien à voir avec celui qui concerne l'entropie : n'étant pas de nature statistique, l'irréversibilité n'y joue par définition aucun rôle. D'une manière plus générale, appliquant à cet égard son concept d'« auto-distribution dynamique », Köhler souligna que les interactions dans un système tendent spontanément à établir un ordre, à orienter son évolution vers un état d'équilibre et donc à soumettre chaque événement local à la logique de la totalité. De sorte que l'état final de chaque partie est indépendant de son état initial et de

¹ Köhler W. (1927), p. 316.

² *op. cit.*, p. 317.

³ *op. cit.*, p. 318.

⁴ *op. cit.*, p. 321.

la manière dont il a été atteint, n'étant déterminé que par les propriétés globales du système et la nature des forces qui s'y exercent – un principe qu'il avait déjà énoncé pour les *Gestalten* physiques¹.

Köhler, qui s'opposait par là-même aux conclusions vitalistes que Driesch avait tirées de ses observations de ce phénomène dans les œufs d'oursin, anticipait ainsi l'un des concepts centraux de la théorie des « systèmes ouverts » de Bertalanffy auquel j'ai déjà fait allusion : celui d'« équi-finalité ». Tel était même, certes dans une moindre mesure, le cas de l'idée de la nécessité d'une telle théorie dans son ensemble. Köhler nuance en effet le principe général qu'il cherchait à dégager en effectuant une distinction entre les concepts de « système » et d'« organisme » qui le conduisit déjà à poser le problème de la caractérisation de l'organisme comme « système ouvert », à cette importante différence près qu'il opéra cette caractérisation seulement en termes d'échanges énergétiques et non aussi en termes d'échanges matériels ; c'était en fait non à l'organisme, mais au système organisme-environnement que le principe de minimisation du potentiel pouvait selon lui être appliqué :

Le concept de système [...] ne doit pas être directement mis en parallèle avec celui d'organisme, car il réfère à un domaine où n'entre en considération ni l'absorption ni le dégagement d'énergie [...] Ce que nous avons appelé « système », c'est en fait l'organisme avec son environnement, entre lesquels s'entretient un échange notable d'énergie. Une tâche urgente consistera à étudier des cas physico-chimiques où, de manière semblable à l'embryon dans la morphogenèse, un système non fermé (du point de vue énergétique) s'isole clairement à l'intérieur du système fermé dans son ensemble².

Lorsqu'il eut pris connaissance des travaux de Cannon, Köhler réitéra par la suite cette caractérisation, à une époque où Bertalanffy avait toutefois largement développé le sujet³. Mais l'essentiel était pour lui que les organismes, comme toute *Gestalt* physique (telle que la structure d'un champ électrique, capable de se reconstituer spontanément dans un conducteur après qu'une partie de sa charge y ait été prélevée), manifestent par le seul jeu des interactions dont ils sont le siège des capacités de régulation⁴. Köhler s'estima donc fondé à avancer un principe très général, dont on retrouve un *avatar* deux ans plus tard chez Bertalanffy lorsque ce dernier, se référant à Köhler, fit de la « persistance du vivant dans sa propre *Gestalt* », de sa faculté d'« auto-conservation », l'une des lois fondamentales de la « *Gestalt* organique »⁵ :

Tant que des systèmes inorganiques sont laissés à leurs propres forces [...], ils se modèlent en suivant la direction d'une réduction du potentiel. De plus, dans le cas où les conditions données des systèmes leur permettent d'atteindre un état d'équilibre, ce dernier est le même pour la situation finale de parties complètement différentes, c'est-à-dire que les systèmes se « régulent » [...] À côté de la légalité purement statistique (comme celle de la diffusion, de la propagation de la chaleur, etc.), c'est le seul principe de direction qu'il y ait à découvrir dans l'inorganique⁶.

Et, soulignant la proximité de ce principe avec celui de Le Châtelier tout en notant les progrès réalisés par rapports aux « spéculations » d'un Fechner, Köhler pensait qu'il frayait avec lui l'unique voie dans laquelle devait s'engager l'étude de la régulation organique :

S'il faut établir si les phénomènes de régulation organique peuvent être compris scientifiquement, une telle recherche doit développer et tester les possibilités qui découlent de ce principe de direction (ainsi que celles qui découlent de la loi purement statistique). Il n'y a pas d'autre voie ouverte.

Il n'avait toutefois pas la prétention d'avoir résolu ce problème biologique, seulement d'avoir fourni un élément dans la perspective de sa résolution. De plus, sa position n'était plus vraiment physicaliste,

¹ Köhler W. (1920, 1924), p. 167.

² Köhler W. (1927), p. 332.

³ Köhler W. (1938), p. 61 et p. 64 : « Une théorie de l'équilibre pour la régulation organique serait entièrement trompeuse [...] L'état standard d'un organisme n'est pas un état d'équilibre au sens commun du terme, et les processus organiques dans leur totalité ne tendent en général pas à s'approcher d'un tel équilibre [...] Ces systèmes ne sont pas [énergétiquement] fermés [...] Du point de vue de la physique, il est donc simplement impossible de poser comme règle que les transformations dans les organismes se produisent dans la direction de l'équilibre [...] L'organisme n'est pas un système fermé, il fait partie d'un contexte fonctionnel plus large ».

⁴ À condition que les perturbations auxquelles ils sont soumis ne dépassent pas un certain seuil et que les transformations irréversibles ne s'y opposent pas d'elles-mêmes à l'atteinte d'un équilibre déterminé *a priori* par les conditions du système.

⁵ Bertalanffy L. von (1929a), p. 87. Je reviendrai sur ce point au 2-3.

⁶ Köhler W. (1927), p. 330.

même si l'inspiration de sa méthodologie le demeurait ; il concédait en effet aux vitalistes que la question de la spécificité des lois biologiques devait rester ouverte :

Il ne s'ensuit pas que les régulations organiques reposent sur les mêmes principes [que celles de l'inorganique]. Car elles ont encore des particularités dont il n'a pas été question dans nos considérations et à cause desquelles on pourrait peut-être être contraint de recourir à d'autres principes que ceux de la physique¹.

Par-delà ce problème, l'aspect fondateur de l'article de Köhler est ce qui importe le plus, la critique de Driesch l'ayant bien pointé sans en saisir le sens ou, tout au moins, en le récusant : car c'est bien le projet d'une « systémologie générale » qu'esquissait déjà cet article en 1927. Même si seuls des principes essentiellement physiques y étaient invoqués et si aucun formalisme n'y était mis au service des ambitions universalistes, il suffit de le mettre en relation avec les réflexions et usages antérieurs de Köhler sur les analogies mathématiques entre phénomènes de flux pour s'en convaincre. Bertalanffy, s'il minora sensiblement ce qu'il devait à Köhler (à commencer par le terme *Systemlehre*), ne fut pas totalement ingrat, puisqu'il lui reconnut plusieurs décennies plus tard des mérites dans l'histoire du projet de « systémologie générale », en qualifiant ses travaux de « préliminaires » :

Avec ses « *Gestalten* physiques » (1919, 1924), Köhler allait dans cette direction mais ne s'occupait pas du problème dans toute sa généralité, restreignant le sujet aux *formes* en physique (et aux phénomènes biologiques et psychologiques qui pouvaient s'interpréter sur cette base). Dans une publication ultérieure (1927), Köhler énonça le postulat d'une théorie des systèmes, désirant élaborer les propriétés les plus générales des systèmes inorganiques ; ce besoin fut dans une certaine mesure satisfait par la théorie des systèmes ouverts².

1-4-5-13 – Bilan de l'impact sur Bertalanffy de la réaffirmation de perspectives holistiques en biologie

La présente section n'a cessé de suggérer qu'il est possible d'établir une filiation (plus ou moins forte et explicite) entre chacun des aspects significatifs des travaux biologiques de Bertalanffy et l'un voire, le plus souvent, plusieurs des scientifiques impliqués dans les développements, contemporains de sa jeunesse, de biologies holistiques : mes chapitres 2-3 et 2-5 en achèveront la démonstration lorsque ces travaux seront spécifiquement considérés dans leurs détails. Notons que ceci ne dévalue en rien leur originalité ni leur intérêt : que Bertalanffy ait construit son œuvre biologique en se fondant sur des problématiques, des thèmes et des schèmes conceptuels que d'autres biologistes avaient au moins explorés et parfois substantiellement développés avant lui ne l'empêche pas de les avoir interprétés et, surtout, organisés d'une manière qui fut à maints égards novatrice.

Outre bien sûr la grande diversité des domaines biologiques investis par des logiques holistiques (y compris des domaines *a priori* improbables tels que la théorie de l'évolution et celle de l'hérédité), un premier aspect marquant du contexte que j'ai examiné ici est la récurrence de certains thèmes et schèmes conceptuels spécifiques qui, justement, structurèrent la pensée « organismique » de Bertalanffy. Ils furent certes pour une large part des réactivations de ceux que j'ai mis en évidence tant dans la « tradition » de *Naturphilosophie* que dans la biologie « téléomécaniciste » allemande du XIX^e siècle, et trouvaient en parallèle leurs expressions dans les métaphysiques holistiques contemporaines, particulièrement chez Smuts, Whitehead et Hartmann. Le Viennois ne manqua d'ailleurs pas d'opérer lui-même ces connexions. Il y avait toutefois aussi dans ces thèmes et schèmes « bio-holistiques » des prolongements et des « concrétisations » inédits, qui se marquaient (et influencèrent de manière décisive Bertalanffy de ce point de vue) par un souci naturaliste de se dissocier de tout vitalisme métaphysique et de développer des approches holistiques de la réalité biologique qui soient opérationnelles, effectivement capables de structurer la recherche tant au niveau expérimental qu'au niveau théorique.

Un premier thème holistique transversal fut celui des lois immanentes de développement et d'organisation que l'entité biologique, quelle que soit sa nature (cellule, organisme, biocénose, etc.) et indépendamment de son environnement, manifesterait en tant que « totalité ». Des principes tels que ceux d'« activité primaire », de codétermination « bionomogénétique » de toute évolution par des

¹ *op. cit.*, p. 331.

² Bertalanffy L. von (1968a), pp. 9-10.

facteurs « organismiques » internes, ou encore de caractérisation du développement par une différenciation structurale et fonctionnelle, une hiérarchisation et une « mécanisation » progressives, ne furent certes pas nés dans l'esprit de Bertalanffy au seul contact des nombreuses variations sur ces thèmes que la biologie holistique contemporaine lui donnait à voir. Mais au moins put-il y trouver une riche matière à inspiration et à argumentation. Il en va de même d'un autre thème transversal, qui convergeait avec la tendance « gestaltiste » en psychologie : celui de la réhabilitation des concepts téléologiques sous la forme de leur réduction à l'expression des conditions de conservation et de reproduction d'ordres systémiques. Et ce d'autant plus si l'on tient compte de la connexion intime déjà établie par certains tels que Hirsch entre ces conditions et l'existence de processus métaboliques qui, certes là encore en conjonction avec d'autres influences telles que celle de N. Hartmann et des anciens *Naturphilosophen*, pavait la voie du modèle bertalanffien du « système organisé » comme « ordre hiérarchique de systèmes ouverts en équilibres de flux ».

Un second aspect majeur de l'influence sur Bertalanffy des biologies holistiques contemporaines concerne leurs relations inédites avec l'idéal d'une science nomothétique « exacte ». Très importants furent à cet égard certains discours biophilosophiques, notamment celui de Woodger et la révision critique du « téléomécanicisme » kantien par Ungerer, qui visaient à établir l'organisation biologique comme *problème scientifique* légitime, ainsi que la possibilité et la nécessité d'un cadre théorique permettant de formuler les lois des systèmes biologiques dans la perspective d'un vitalisme purement méthodologique. Lotka avait pour sa part déjà fourni tous les éléments de l'interprétation de telles lois comme des « statistiques d'ordre supérieur », que nous verrons Bertalanffy opérer en 1932. Il avait plus généralement, dans le prolongement du projet d'écologie hypothético-déductive d'Adams et de la « biologie des groupes » de Pearl, élaboré une voie de constitution d'une biologie holistique *et* mathématique. Je montrerai dans ma seconde partie que ses travaux contribuèrent très significativement, aux côtés d'autres tels que l'effort entrepris par D'Arcy Thompson afin de concilier l'approche morphologique goethéenne avec les mathématiques, à convaincre Bertalanffy de la possibilité d'édifier une science « exacte » des « systèmes organisés ».

Il y avait néanmoins chez Lotka une ambition qui dépassait le cadre strictement biologique. Certes déclinée avec des inspirations et sous des formes diverses, c'est à Vienne au contact de Weiss et Przibram, et plus encore à Berlin au contact de Köhler, que Bertalanffy la découvrit d'abord dans la seconde moitié des années 1920 : il s'agissait d'élaborer une « systémologie » [*Systemlehre*] ayant pour vocation de formuler des principes et des « lois systémiques générales ». Et bien que Bertalanffy ne se soit pas limité, loin s'en faut, à plagier ces scientifiques à ce sujet, il est clair, ce qu'il reconnut lui-même laconiquement à plusieurs reprises, que c'est cet aspect du « mouvement holistique » en biologie dont l'impact sur la genèse de son projet « systémologique » fut le plus profond.

1-4-6 – *Perspectives holistiques en médecine en général et en psychiatrie en particulier*

Au cours du premier tiers du XX^e siècle, surtout dans les années 1920, bon nombre des thèmes holistiques que nous avons vus développés en psychologie et en biologie le furent tout autant dans un champ qui se vouait par là-même à incarner le lieu de confluence de ces deux sciences, voire aussi des sciences sociales : celui de la médecine. Bertalanffy ne fut pas moins attentif à ces développements qu'aux autres : il les commenta périodiquement à partir de 1930, certes dans une mesure moindre que ceux concernant la biologie, mais presque autant que ceux concernant la physique et la psychologie¹.

Cette présence de modes holistiques de pensée en médecine est à vrai dire d'autant moins surprenante qu'ils y furent jusqu'au milieu du XIX^e siècle traditionnels, dominant son histoire antérieure de manière plus marquée encore qu'ils ne le firent en biologie². La médecine holistique remonte en effet à Hippocrate et se définissait déjà chez lui par trois thèmes qui, justement, furent remis sur le devant de la scène médicale au début du XX^e siècle : le thème « organismique » et « naturopathiste » de la « sagesse » intrinsèque du corps³ (« la nature seule guérit, non le médecin ») ;

¹ Pour l'avant-guerre, voir Bertalanffy L. von (1930a), pp. 33-34 ; (1933c), p. 261 ; (1937b), pp. 126-133 ; (1940a), p. 57 et (1941d), p. 338. Pour l'après-guerre, voir notamment son essai « Biologie et médecine » publié en 1946 : Bertalanffy L. von (1946a).

² Rosenberg C.E. (1998), p. 336.

³ Un thème que nous n'avons pas vu par hasard titrer l'essai majeur publié par Cannon en 1932 (« *The wisdom of the body* »).

le thème de l'unité psychophysique, où « esprit » et « corps » sont conçus non comme des entités distinctes, mais comme des manifestations différentes d'une même réalité ; et le thème « écologique » de la dépendance de la santé, qu'il s'agisse des processus « normaux » ou « pathologiques », aux conditions environnementales – l'environnement incluant ici le contexte physique, mais aussi et surtout le contexte social¹.

Ces thèmes ressurgirent après plus d'un demi-siècle d'éclipse relative, pendant lesquels le combat anti-vitaliste en biologie avait eu son pendant en médecine. Plus encore que l'approche causaliste de la « médecine expérimentale » prônée par Bernard, c'est la « pathologie cellulaire » de Virchow qui fut l'emblème de cette période où la médecine, surtout avec l'avènement de la bactériologie et de la virologie, s'était caractérisée par son souci d'explication et de classification des maladies sur la base d'une analyse du corps en parties relativement indépendantes dont la cellule faisait figure d'« atome », et des principes de localisation des fonctions organiques et des affections. En règle générale, la maladie en était venue à être réduite à l'expression d'une réaction entre un agent pathogène bactérien ou viral et un complexe cellulaire². Particulièrement en Allemagne et aux États-Unis, les insuffisances de cette médecine, que l'on peut bien qualifier de mécaniciste puisqu'elle était fondamentalement méristique, déterministe et réactiviste, ne tardèrent pas à susciter de vives critiques, le fameux « *Sturm und Drang* de l'ère analytique » dont il a déjà été question³.

1-4-6-1 – *Résurgences naturopathistes*

La conception hippocratique de la tâche du médecin (aider le patient à recouvrer sa « force ») ressurgit principalement dans les travaux des allemands Kurt Goldstein et Karl Kötschau. En ce qui concerne ceux de Goldstein, qui seront examinés plus en détails au 1-4-6-3, il suffit pour l'instant d'en dire qu'ils s'enracinaient dans des études réalisées pendant la première guerre mondiale, au cours desquelles le neuropsychiatre avait montré la capacité du cerveau significativement lésé à établir des stratégies de compensation. Un thème « organismique » dont nous avons déjà pu observer les multiples manifestations dans d'autres disciplines se retrouve au cœur de ses recherches ultérieures : celui de l'aptitude du cerveau, et plus généralement de l'organisme, à développer spontanément des mécanismes de coordination et de régulation permettant la restauration d'un équilibre en cas de perturbation. La tâche du psychiatre consisterait dès lors non à obtenir une « guérison » du patient (impossible si ses lésions sont histologiquement irréversibles), mais à réaliser un accompagnement procédant d'une identification compréhensive qui permette d'instaurer des conditions favorables à ce développement : la santé et la maladie ne seraient pas simplement une question de fonctionnement ou de dysfonctionnement d'organes, mais avant tout des « valeurs » relatives à un état de cohérence intérieure en voie ou non d'actualisation⁴.

Parce qu'il le servait idéologiquement⁵, le naturopathisme eut un succès particulièrement marqué dans les premières années du III^e Reich (et plus durablement encore chez Heinrich Himmler), sous l'impulsion de Kötschau. Celui-ci prétendait faire converger vers ce qui s'autoproclama en 1935 une « nouvelle thérapie allemande » (ou « médecine hippocratique complète »), les connaissances issues de la science biologique la plus avancée et les approches de la « vieille médecine » et de la « médecine populaire », en particulier l'homéopathie et l'herbalisme – une « thérapie » qui finit par trouver à Dachau un bien sinistre terrain d'expérimentation⁶. L'alchimiste médiéval Paracelse, dont la philosophie médicinale avait elle aussi consisté à exalter les pouvoirs de guérison naturels du corps, fut logiquement érigé en figure tutélaire de ce néo-hippocratisme, en raison supplémentaire de ses origines germaniques et de son opposition aux abstractions scolastiques contemporaines⁷.

¹ Voir par exemple Ungerer E. (1942), pp. 12-13 et Rosenberg C.E. (1998), pp. 339-341.

² Prüll C.R. (1998), pp. 46-47.

³ Rappelons que cette expression est justement issue d'un congrès de médecine tenu en 1932.

⁴ Goldstein K. (1934, 1983); Ash M. (1995), p. 281; Harrington A. (1996), p. 147 et pp. 150-151.

⁵ Dans l'idée : il ne sert à rien de chercher à guérir ou protéger les « faibles » et les malades, mieux valant au contraire effectuer un travail de prévention et d'éducation à l'intention des seuls « forts », afin qu'ils puissent contribuer à la « santé du peuple ».

⁶ L'herbalisme et l'homéopathie passionnaient Himmler à un point tel que le camp de concentration de Dachau fut au début des années 1940 le lieu de culture d'herbes médicinales diverses et de tests expérimentaux de leur action.

⁷ Harrington A. (1996), pp. 186-187.

L'importance de ce thème holistique doit toutefois être minorée ici en comparaison à celle des deux autres mentionnés plus haut, qu'il me faut considérer plus substantiellement.

1-4-6-2 – « *Pathologie constitutionnelle* », « *typologie constitutionnelle* » et *médecine psychosomatique*

Bertalanffy remarqua en 1930 qu'une transformation significative du point de vue médical s'était opérée au début du siècle, dont d'importants développements avaient eu lieu dans les années 1920. Elle consistait à dire que la médecine n'a pas affaire à la « maladie », mais à des hommes malades ; que son objet véritable est la « constitution » psychophysique du patient, sa « personne » en tant que « totalité »¹ ; et que ceci suppose une attention particulière à ses environnements naturel, social et culturel, abstraction faite desquels cette totalité reste incompréhensible.

Le grand instigateur de cette approche fut Ludwig Aschoff, l'un des pathologistes allemands majeurs de la première moitié du siècle, qui définissait justement la santé comme une fonction de ces environnements et la capacité à s'y adapter – en liant étroitement la santé de l'*individu* et celle de la *nation*, son influence considérable tenant en partie à la possibilité de justifier les politiques d'« hygiène raciale » sur cette base². Si Bertalanffy rattacha explicitement ses conceptions à celles d'Aschoff, il vit toutefois non sans raison dans les travaux de Friedrich Kraus le point culminant de cette « pathologie constitutionnelle » selon lui congruente au point de vue « organismique » qu'il cherchait à promouvoir en biologie. Kraus, dans un essai monumental publié en 1923, avait en effet cherché à synthétiser les diverses tendances « constitutionnalistes » et à transformer la médecine en une « biologie de la personne » appréhendant le patient dans sa personnalité psychophysique globale³. La « typologie constitutionnelle » du psychiatre Ernst Kretschmer, publiée en 1929, fut une expression aussi particulière qu'influente de cette approche, que Bertalanffy en vint une décennie plus tard, pour des raisons certes largement « opportunistes » qui seront expliquées à la fin de ce chapitre, à rapprocher de sa théorie de la croissance organique relative. Le principe en était la distinction de trois types de constitution morphologique (« leptomorphe », « athlétique » et « pyknomorphe »), puis leur mise en correspondance avec des tendances psychiques et des pathologies mentales déterminées : ainsi en irait-il de la schizothymie (et de la schizophrénie) pour les « leptomorphes », et de la cyclothymie (et de la démence maniaco-dépressive) pour les « pyknomorphes »⁴.

Bertalanffy se référa aussi favorablement à Theodor Brugsch, l'un des leaders de la « pathologie constitutionnelle » qui, aux côtés de Goldstein et de Viktor von Weiszäcker, fut en Allemagne l'un des principaux artisans contemporains de la réintroduction d'une approche psychosomatique dans le diagnostic et la thérapie médicale. Symptomatique de ces orientations fut la fondation en 1928 du journal *Der Nervenartz* (« le neurologue »), dont le sous-titre annonçait son « attention particulière aux relations psychosomatiques ». Goldstein, dont Bertalanffy discuta aussi substantiellement et très favorablement les travaux (quoique plus tardivement⁵), publia en 1931 un article-manifeste à ce sujet, où il dénonça la « médecine somatique » et la psychanalyse comme les produits de « la pensée atomistique-matérialiste qui avait dominé la médecine au tournant du siècle »⁶. Selon lui, toutes deux étaient fondées sur des hypothèses intenable : que les organismes sont constitués de parties ou régions autonomes ; et que les processus psychiques et somatiques sont des processus interagissant certes, mais ontologiquement distincts. Alors que « corps » et « esprit » ne représenteraient pas de véritables entités, mais des produits de l'abstraction, des « symboles » d'une réalité « organismique » une et indivisible. Sans que Fechner ne soit mentionné par Goldstein, il est tentant de voir là une réactualisation de sa doctrine « synécologique » :

Le psychique n'agit pas sur le physique, ni le physique sur le psychique [...] Il ne s'agit jamais que de la réaction de l'organisme, que nous considérons tantôt dans sa dépendance à ce que nous appelons psychique, tantôt à ce que nous appelons physique [...] « Esprit », « âme » et « corps » ne

¹ Bertalanffy L. von (1930a), p. 33.

² Prüll C.R. (1998), pp. 47-52.

³ Voir Bertalanffy L. von (1930a), pp. 33-34 ; (1933c), p. 261 et (1941d), p. 338.

⁴ Bertalanffy L. von (1940a), p. 57 ; Ash M. (2002), p. 236.

⁵ Seulement à partir de (1937b), pp. 130-132, mais surtout après-guerre. La judéité de Goldstein joua probablement un rôle dans ce caractère tardif des références de Bertalanffy.

⁶ Goldstein K. (1931), p. 4. Voir Harrington A. (1996), p. 161.

sont pas trois sphères isolées de l'être [...] Ce sont des abstractions qui représentent chacune un moment isolé artificiellement du processus organismique total¹.

Ce qui impliquerait que la distinction clinique entre désordres mentaux et désordres organiques est fondamentalement erronée, et que le soin doit simultanément les prendre en compte afin d'aider l'organisme à rétablir un fonctionnement ordonné.

Ces réorientations étaient loin d'être propres au monde germanophone. La « Société internationale de psychothérapie », co-fondée en 1927 par Goldstein, visait à promouvoir une approche interdisciplinaire et psychosomatique de la maladie². Et aux États-Unis, le très réputé neuropsychiatre James J. Putnam avait dès 1899 lancé le mot d'ordre : « non seulement la maladie, mais aussi l'homme » : il s'efforça de montrer dans les premières années du XX^e siècle à quel point les désordres psychiques et somatiques sont liés, cherchant en particulier à exhiber le « pouvoir transformateur que l'esprit peut exercer »³. Quelques années plus tard, en 1929, la construction d'un département de psychiatrie fondé sur un programme de recherche interdisciplinaire d'inspiration holistique avec d'importantes implications sociales devint une priorité à l'université de Chicago. Il s'agissait de promouvoir une « psycho-neurologie » couvrant tous les aspects du psychisme humain, de l'étude des tissus nerveux à celle du comportement. Ce projet fut mis en échec par divers facteurs institutionnels et des conflits d'intérêt, mais suscita pendant quelques années nombre de travaux neuropsychiatriques instaurant un dialogue parfois fécond entre biologie, psychologie et médecine. Son importance dans l'histoire de la « systémologie générale » de Bertalanffy n'est de ce fait pas négligeable, surtout si l'on tient compte du fait que c'est à Chicago qu'il en fit la première publicité : contribuèrent à ce mouvement aussi bien Herrick que Weiss (alors émigré aux États-Unis), Edna W. Bailey (défenseur aux côtés de Ritter de la conception « organismale » de la vie), Ralph W. Gerard (cofondateur avec Bertalanffy de la *Society for General Systems Research* en 1954) et Roy R. Grinker (l'un des promoteurs de l'approche bertalanffienne de la psychologie et de la psychiatrie dans les années 1960). Le psychanalyste Franz Alexander, que nous retrouverons également un temps après-guerre aux côtés de Bertalanffy aux premiers rangs du mouvement systémique, contribua aussi à ce projet au cours de son séjour dans l'université en 1930-1931 : il y fonda un institut en partie voué au développement de la médecine psychosomatique⁴.

Ce développement fut favorisé aux États-Unis par d'autres voies à partir du début des années 1930, du fait des orientations programmatiques de la Fondation Rockefeller. Celle-ci jouait à l'époque un rôle considérable dans le financement de la recherche scientifique. La mission proclamée de cette Fondation dite philanthropique avait toujours été de promouvoir le progrès du « bien-être humain », mais il s'agissait désormais pour elle d'y contribuer « scientifiquement ». Soutenir la recherche médicale en général et au premier chef le développement de la psychiatrie devint alors sa plus haute priorité. Et elle le fit en suivant le même principe holistique que celui énoncé par Goldstein, que son président Raymond Fosdick formula en ces termes : « esprit et corps ne peuvent être séparés dans le but du traitement », car « ils forment une unité indivisible »⁵. Il s'agissait non seulement de faire de la psychiatrie une science à part entière, mais aussi en quelque sorte de guérir la médecine de l'hémiplégie où elle s'était enfoncée en se limitant exclusivement au somatique. Et toute une école de médecine psychosomatique, auto-proclamée « psychobiologie », prospéra au cours des années 1930 sous l'impulsion d'Alan Gregg, avec des contributions analogues à celles qu'on trouvait en Allemagne telles que la tentative de corrélation entre types morphologiques et types de personnalité de George Draper. Elle eut au moins le mérite de permettre à la psychiatrie de rompre l'isolement qui l'avait jusqu'alors caractérisée aux États-Unis, en l'intégrant aux hôpitaux et aux écoles médicales. L'éminent neurologue Stanley Cobb, un représentant majeur de cette « psychobiologie », fit beaucoup à cet égard en développant à Harvard un programme dont la mission était de « lier la psychiatrie au reste de la médecine », qui montra concrètement la pleine légitimité de l'étude des troubles mentaux en tant qu'entreprise médicale et intégra les consultations psychiatriques à la pratique hospitalière⁶.

¹ Goldstein K. (1931), p. 6 et (1934, 1983), p. 265 et p. 271.

² Harrington A. (1996), p. 160.

³ Pressman J.D. (1998), pp. 198-199.

⁴ Bluestein B.E. (1993).

⁵ Pressman J.D. (1998), pp. 190-191 et p. 202.

⁶ *op. cit.*, pp. 193-198.

Nous verrons à la fin de ce travail comment Bertalanffy, dans le cadre de son approche systémique de la psychiatrie et de la mise en œuvre de son anthropologie philosophique, s'appropriera ces thématiques holistiques associées de l'unité psychophysique et de la nécessité d'une appréhension « écologique » de la maladie. Il suffira ici de mentionner leurs différentes manifestations chez lui. La première s'observe dans un essai publié en 1957 sur le problème alors très discuté de la nature de la schizophrénie, à une époque où l'usage de psychoso-mimétiques tels que le L.S.D. tendait à susciter des approches physicalistes de cette maladie : il développa alors l'idée qu'il s'agit d'une maladie « intimement liée à l'activité symbolique de l'homme », étant pour cette raison même « spécifiquement humaine »¹. Il ne cessa ensuite, au cours des années 1960, d'approfondir l'idée plus générale que « la maladie mentale est un phénomène spécifiquement humain » qui « dépend de la culture », celle-ci constituant dans ces conditions « un important facteur psycho-hygiénique »². Il consacra aussi dans les années 1960 plusieurs essais au « problème psychophysique », qu'il avait évoqué dès ses premiers écrits tant en relation avec la doctrine « synécologique » de Fechner qu'avec la philosophie « fictionaliste » de la connaissance de Vaihinger, en y laissant déjà entrevoir ses conceptions ultérieures³. Il s'efforça dans ces essais de montrer que le dualisme cartésien ne pouvait être maintenu « ni par rapport à l'expérience immédiate, ni par rapport à la physique et à la psychologie contemporaine ». Il s'appuya notamment, je le montrerai plus amplement au 2-1, sur les psychologies « génétiques » développées au cours des années 1930 par Piaget et Werner et où il put retrouver l'expression des principes « organismiques » de « différenciation » et d'« individualisation progressives » qu'il avait alors mis en œuvre en biologie : la différenciation entre le « moi » et le monde « extérieur », l'apparition de la conscience et de fonctions mentales spécifiques, y étaient conçues comme les expressions d'un « long développement » initié à partir d'un état syncrétique, d'un « flux expérientiel indifférencié »⁴. Bertalanffy chercha par ailleurs, toujours dans les années 1960, à montrer que la solution du problème psychophysique, si elle ne pouvait être cherchée en termes substantialistes, pouvait l'être en termes formels s'intégrant aux objectifs de sa « systémologie générale » : par un « isomorphisme entre les constructions de la psychologie et de la neurophysiologie », qui n'impliquerait aucun lien substantiel entre les processus concernés dans chaque discipline mais devait être pensé en terme de « code » commun, de constructions abstraites « généralisées par rapport aux deux domaines » et les incluant par spécification⁵. Il me paraît clair que ces conceptions s'enracinaient chez Bertalanffy tant dans ses propres études précoces de la pensée fechnerienne que dans son vif intérêt pour les travaux effectués dans l'entre-deux-guerres que j'ai évoqués dans cette sous-section. En témoigne le fait que bien avant qu'il ne commence à développer ces conceptions dans ses publications, il écrivit en 1946 dans un essai consacré aux liens entre médecine et biologie (en se référant à Weiszäcker) :

En dernière analyse, toute thérapie est à vrai dire dans une large mesure une psychothérapie [...] Ce que l'on désigne par le « corps humain » du point de vue physiologique et ce que nous éprouvons intimement [*erleben*] comme notre « âme » [*Seele*] sont en définitive un, lequel est tantôt exprimé dans les concepts de la science objective de la nature, et nous est tantôt donné immédiatement. Ainsi s'explique l'existence d'une uniformité, d'une « isomorphie » des lois entre biologie et psychologie, bien qu'elles se meuvent à différents niveaux de réalité⁶.

1-4-6-3 – *Holismes organismiques en neuropsychiatrie*

La neuropsychiatrie fut d'autant plus investie par des modes holistiques de pensée entre les années 1910 et les années 1930 qu'outre le « holisme psychophysique » solidaire des approches psychosomatiques de la maladie, s'y manifestèrent de multiples tentatives de démontrer la nécessité d'une compréhension « organismique » du fonctionnement cérébral. Cette orientation, déjà brièvement

¹ Bertalanffy L. von (1957e), p. 12 en particulier. Voir aussi (1971b), pp. 106-107.

² Bertalanffy L. von (1964c), p. 14 et (1965c), p. 1107.

³ Bertalanffy L. von (1926a), pp. 6-19 sur la doctrine « synécologique » ; et (1932a), pp. 71-72, où il tira notamment argument de la « disparition » du concept de matière au sens de « l'ancienne physique » pour montrer que le problème psychophysique doit être appréhendé de manière nouvelle : il ne pourrait plus consister à savoir comment « l'esprit » agit sur la « matière » et réciproquement.

⁴ Bertalanffy L. von, notamment (1964c), p. 5 ; (1965a), pp. 56-60 et (1965c), p. 1103.

⁵ Bertalanffy L. von (1964c), p. 1 et p. 12 en particulier.

⁶ Bertalanffy L. von (1946a), p. 21.

évoquée avec Goldstein, fut loin de lui être propre, même s'il en fut l'un des représentants majeurs. Son importance dans le développement des idées de Bertalanffy impose de retracer ici les grandes lignes de son histoire : il en tira non seulement des justifications à l'appui de sa biologie « organismique », mais aussi maints arguments dans sa critique ultérieure du « modèle du robot » en psychologie et en psychiatrie¹.

J'ai déjà discuté au 1-4-4-1 le fait que la neurologie avait depuis le dernier tiers du XIX^e siècle été dominée par une approche méristique, déterministe, réactiviste et statique du cerveau, incarnée dans les travaux de Broca et Wernicke. À partir des années 1910, le scepticisme ne cessa de croître à l'encontre de cette compréhension mécaniciste d'un fonctionnement cérébral réduit à des arrangements structuraux. Les objections se multiplièrent d'autant plus facilement que maints blessés au cours de la guerre purent fournir des exemples du dynamisme et des traits holistiques de ce fonctionnement, en manifestant la capacité de compenser progressivement des fonctions cérébrales dans un premier temps perdues du fait de lésions localisées. Les Autrichiens Sigmund Freud et Otto Pözl furent parmi les premiers grands critiques de ce mécanicisme². Ce n'est pas anecdotique, puisque le second fut par la suite un ami de Bertalanffy et l'un des tous premiers intellectuels à l'encourager à publier ses idées sur le projet de « systémologie générale »³. La charge vint toutefois surtout du neuropsychiatre suisse d'origine russe Constantin von Monakow qui, dans un essai publié en 1914, s'attaqua systématiquement au mécanicisme de ses prédécesseurs avec des arguments expérimentaux. Et c'est explicitement en s'appuyant sur lui que Goldstein développa dans les années 1920 et 1930 sa philosophie « organismique » de la neuropsychiatrie. Une philosophie qui convergeait par ailleurs avec les travaux du neurophysiologiste allemand Albert Bethe, lequel ne fut pas par hasard non plus l'un des premiers et des plus ardents défenseurs de la philosophie « organismique » de la biologie développée par Bertalanffy⁴.

Pour ces chercheurs, il fallait certes reconnaître que certaines régions cérébrales sont affectées de manière privilégiée à certaines fonctions perceptives ou motrices. Mais cela ne signifiait pas que l'on puisse « attribuer à des territoires circonscrits une signification spécifique qui les relie à des opérations particulières » : on ne pourrait « juger correctement » un processus cérébral, en particulier les conséquences d'un stimulus, « qu'en fonction du tout »⁵. La grande signification des travaux cliniques de von Monakow et de Goldstein était en effet que l'apparition de symptômes liés à une lésion n'est pas une simple fonction de sa localisation ; que l'état dans lequel se trouve le reste du cerveau, voire celui de « l'organisme entier », doit être pris en compte afin d'évaluer ses effets : elle susciterait une « réaction » holistique vis-à-vis du « déficit fonctionnel » induit dans un premier temps. Impossible, donc, de « franchir le pas de la localisation des symptômes à celle d'une fonction » :

Nous n'avons nullement le droit de nous baser sur une relation démontrée entre un déficit anatomique et la perturbation d'une opération pour conclure immédiatement qu'il existe une relation entre le siège de la lésion et l'opération en question [...] Pour nous, localisation d'une opération ne signifie plus excitation d'un endroit déterminé, mais processus dynamique qui se déroule dans tout le système nerveux et même dans l'organisme entier, et qui a une forme déterminée pour chaque opération en un lieu déterminé⁶.

Plus généralement, Goldstein jugeait que la structuration qualitative de l'organisme n'implique pas que les différences qualitatives entre parties justifient de les considérer de manière isolée : leur spécificité ne naîtrait que de la « situation globale » dans laquelle elles se trouvent, de « l'opération accomplie par l'organisme total »⁷. Goldstein chercha en fait à induire sur la base de ses travaux neuropsychiatriques des principes « organismiques » s'appliquant à tous les aspects de l'organisme

¹ Voir principalement Bertalanffy L. von (1964c) et (1967a) pour cette critique du « modèle du robot », sur laquelle je reviendrai dans mes autres parties.

² Ash M. (1995), p. 277.

³ Bertalanffy M. von (1973), p. 38 et p. 41.

⁴ Il commenta ainsi en 1933 la publication l'année précédente du traité de « biologie théorique » qui constitua la thèse d'habilitation de Bertalanffy (1932b) : « Nous avons à faire à un auteur qui, en dépit de son jeune âge eu égard à une tâche aussi gigantesque, manifeste une connaissance et une profondeur de compréhension des problèmes étonnantes » (Bethe A., in Gray W. & Rizzo N.D. (1973), p. 37). Sur les travaux neurophysiologiques de Bethe, voir Bertalanffy L. von (1937b), p. 130 et (1951c), p. 29.

⁵ Goldstein K. (1934, 1983), p. 210 et p. 213.

⁶ *op. cit.*, p. 220.

⁷ *op. cit.*, pp. 229-231.

dans son unité psychophysique. Son holisme se nourrissait à cet égard très largement de Kant et Ungerer d'une part, et des « psychologues de la *Gestalt* » d'autre part. Il eut des liens personnels avec Wertheimer et Köhler et coédita avec eux la revue *Psychologische Forschung*¹. Bien qu'il affirma que ses conceptions ne provenaient pas la « psychologie de la *Gestalt* » et n'en étaient pas une application, il reconnut qu'elles coïncidaient largement et qu'il en avait utilisé bien des principes². Tel était le cas de celui de « prégnance » des « bonnes formes », qui se transposait dans sa vision du fonctionnement du cerveau et de l'organisme en général en tant qu'orienté vers l'actualisation de son « essence » et réagissant en conséquence à chaque perturbation par la restauration d'un équilibre ou l'instauration d'un nouvel équilibre. Il en allait de même du concept gestaltiste de « fond », qui lui permit d'interpréter l'analyse de l'organisme comme une heuristique dont la finalité serait une compréhension holistique toujours plus approfondie : ainsi était-il pour lui légitime d'isoler un symptôme (ou plus généralement un processus partiel), pourvu que l'on reste conscient de l'existence d'un « fond » dans lequel cette *Gestalt* devrait être replongée afin de rétablir une compréhension holistique³. Quant à l'influence (explicite) de Kant et de Ungerer, elle se marquait chez Goldstein lui aussi dans sa subsomption de la téléologie sous la catégorie de totalité. Il interprétait d'ailleurs son principe d'« auto-actualisation » de l'« essence » de l'organisme dans la lignée de Kant, c'est-à-dire comme une heuristique féconde, tout en sa gardant bien de l'hypostasier. Le passage suivant, tiré de son essai majeur, est à cet égard l'un des plus paradigmatiques du mouvement holistique et non métaphysiquement vitaliste en philosophie biologique, dont Bertalanffy fut à la fois un héritier et un éminent représentant :

Nous nous devons de rejeter tout point de vue téléologique Le rejet d'une considération purement causale n'entraîne pas nécessairement une conception téléologique. D'ailleurs, à proprement parler, seul le concept de finalité au sens de Kant pourrait entrer en ligne de compte [...] « Dans une étude téléologique d'un phénomène de l'organisme, il ne s'agit pas de savoir si l'on peut subordonner ce phénomène à une fin quelconque, mais de savoir si ce phénomène contribue à la conservation de la totalité de l'organisme » (Ungerer, 1926). Je ne peux qu'approuver Ungerer à ce sujet, et aussi lorsqu'il dit préférer qu'on évite tout à fait l'expression « finalité » [...] On pourrait à l'exemple de von Baer parler plutôt de « but ». La « fin » est, selon lui, une tâche voulue, le « but » une direction donnée de l'action, un résultat prescrit ; l'hypothèse d'une tâche déterminée est superflue pour la compréhension de l'organisme, mais l'hypothèse d'un but déterminé (la réalisation de l'essence de l'organisme) est très féconde pour notre compréhension de l'organisme. Mais ce but ne doit pas être pris en un sens métaphysique comme il l'est chez von Baer ; il doit seulement être pris comme un fil conducteur sur le chemin de la connaissance. Dans ce sens, on peut qualifier le concept de totalité, à l'exemple de Driesch, comme la catégorie même qui constitue l'objet de la biologie⁴.

Remarquons de surcroît que Goldstein développa déjà sa philosophie de l'organisme psychophysique sur la base du principe d'« activité primaire » (en ne le nommant toutefois pas ainsi, l'expression étant de Bertalanffy). Ce principe, qui fit de Goldstein un pionnier de la psychologie dite « humaniste », interdit de le ranger parmi les nombreux penseurs holistiques attaqué plus tard par Bertalanffy qui, par leur insistance exclusive sur la conservation de la totalité organique *via* le concept d'équilibre, s'exposaient à l'accusation de « réactivisme ». Avec ce principe, Goldstein anticipa même non seulement la biologie « organismique » de Bertalanffy, mais aussi son anthropologie philosophique ; comme le fit le Viennois quelques années plus tard (voir mon 2-1-2), Goldstein alla en effet jusqu'à ériger l'« activité primaire » en fondement de la culture :

L'adulte s'efforce de diminuer l'anxiété et comme expression de cette tendance, tout comme chez le blessé du cerveau, nous voyons apparaître dans son image du monde une tendance à l'ordre, à la continuité, à l'assimilation. Mais cette tendance ne suffit pas, il s'y ajoute une pulsion déjà présente chez l'enfant, vers la nouveauté, vers la conquête du monde, vers l'élargissement de son horizon tant matériel que spirituel. C'est entre ces deux tendances qu'oscille son comportement [...] Le résultat de ces deux tendances, c'est la création de la culture [...] Les formes de structuration du monde sont] l'expression des forces créatrices de l'homme et de sa tendance à actualiser son essence [...] Cette tendance à l'actualisation est la tendance primaire ; mais elle ne peut s'imposer

¹ Ash M. (1995), p. 152 et Harrington A. (1996), p. 152.

² Goldstein K. (1934, 1983), p. 404.

³ Ash M. (1995), p. 153 et Harrington A. (1996), p. 153.

⁴ Goldstein K. (1934, 1983), pp. 339-340.

que dans la collision et dans l'équilibration avec les forces opposées de l'environnement. Cela ne se produit jamais sans ébranlement et sans angoisse. Ainsi, ce n'est pas exagérer que de considérer cet ébranlement comme appartenant à l'essence de l'homme et même de tout ce qui est organique, et de penser que toute vie doit se dérouler dans l'insécurité et dans l'ébranlement¹.

Notons enfin que si Bertalanffy commença à se nourrir des écrits de Goldstein au moins à partir de la seconde moitié des années 1930, il n'ignora pas durablement que la neuropsychiatrie avait peu auparavant été sujette à des transformations analogues outre-Atlantique. Ainsi se référa-t-il dès 1937 (avant même son premier séjour aux États-Unis) à Karl Lashley, et après-guerre à George E. Coghill². Ce dernier, qui influença Herrick et fut l'un de ses amis, enseigna en 1915 et 1924 à l'université de Chicago. Rejoignant sur le plan de la neuropsychiatrie des conceptions que nous avons vues développées par Dewey et Uexküll à la même époque, il s'attaqua particulièrement dans les années 1920 aux doctrines « réactivistes » du comportement en montrant d'une part que l'organisme répond toujours « en tant que totalité » aux sollicitations de son environnement et ne doit donc pas être compris comme une intégration d'« arcs réflexes » indépendants ; et d'autre part, qu'il agit sur cet environnement avant d'y réagir, n'étant donc sollicité par lui que dans la mesure où il agit dessus. Coghill y voyait une raison pour laquelle le développement du système nerveux de l'organisme va dès les stades embryonnaires de pair avec une domination progressive de son environnement³.

Quant à Lashley, il enseigna lui aussi à l'université de Chicago, entre 1929 et 1935. Il y travailla en relation avec Herrick, à la philosophie holistique humaniste duquel il fournit des bases neurophysiologiques. Ses travaux expérimentaux furent en cohérence avec ceux de Coghill, de von Monakow et de Goldstein. Il montra en effet qu'on ne peut corréliser les activités cognitives supérieures impliquées dans le comportement acquis à aucun lieu spécifique dans le cortex cérébral. La plasticité et le caractère décentralisé du fonctionnement cérébral se révélaient permettre de remarquables facultés de conserver certaines aptitudes cognitives déterminées en dépit de la destruction de certaines régions du cortex. Rejetant le behaviorisme de son maître Watson comme les théories de la localisation, il souligna lui aussi le caractère holistique de ce fonctionnement, tout en disant préférer admettre son ignorance à ce sujet que d'embrasser des conceptions mécanicistes manifestement erronées. Il jugeait que les fonctions cérébrales doivent être pensées non comme des réflexes conditionnés auxquels on pourrait assigner des localisations spécifiques, mais comme des « modes d'organisation » du cerveau ne se comprenant donc que par référence à son fonctionnement global⁴.

1-4-6-4 – *Bilan de l'impact sur Bertalanffy des médecines holistiques*

C'est finalement pour l'essentiel à deux titres que Bertalanffy manifesta au moins à partir de 1930 un vif intérêt pour le développement de médecines holistiques, en particulier dans le domaine de la neuropsychiatrie. Le Viennois y retrouva en premier lieu mis en œuvre à la fois théoriquement et pratiquement des principes « organismiques » concordant avec ceux qu'il voyait simultanément affirmer de multiples manières leur pertinence en biologie. Des principes dont les autres sources ont déjà été discutées dans ce chapitre, et qu'il investissait lui-même d'un rôle éminent dans la « biologie théorique » dont il s'efforçait alors de construire le cadre : d'une part celui de l'« activité primaire » de l'organisme et, en conséquence, le rejet des doctrines « réactivistes » du comportement ; et d'autre part celui du caractère dynamique de l'ordre systémique qui se manifeste dans l'organisme en raison de l'interaction de ses parties, avec ce que ce caractère implique de capacités d'autorégulation, c'est-à-dire de « préservation de la totalité » et de restauration d'un équilibre en cas de perturbation, sans que de quelconques facteurs finalistes n'aient besoin d'être invoqués.

L'autre aspect, plus spécifique celui-là, de l'impact des médecines holistiques sur Bertalanffy, tient au rôle charnière qu'elles jouèrent (en tous cas à ses yeux) entre la biologie, la psychologie et les « sciences de la culture ». Les médecines « constitutionnelles » et psychosomatiques développées dans les années 1920 et 1930 tant en Allemagne qu'aux États-Unis s'efforçaient en effet d'établir des ponts entre ces trois pôles scientifiques, en pointant l'intégrité psychophysique de la « personne »,

¹ *op. cit.*, p. 259.

² Bertalanffy L. von (1937b), p. 130 et (1968, 1937, 1993), p. 213 par exemple.

³ Kingsland S.E. (1993), pp. 465-466.

⁴ *op. cit.*, pp. 464-470.

l'impossibilité de concevoir adéquatement sa santé sans prendre simultanément en compte son fonctionnement somatique, son psychisme et son environnement social et culturel. Bertalanffy s'appropriera pleinement cet effort lorsqu'il développa dans les années 1950 et 1960 ses psychologie et psychiatrie « organismiques ». Et ce souci de rapprochement entre disciplines, marqué par l'existence d'un arrière-plan holistique commun, joua certainement aussi un rôle significatif dans sa conviction que des principes systémiques généraux pourraient permettre de transformer cet arrière-plan en véritable unité transdisciplinaire. Parle notamment en ce sens le fait que le Viennois ait rencontré à Chicago en 1937 les artisans du programme holistique transdisciplinaire de « psycho-neurologie », dont bon nombre contribuèrent après-guerre à l'essor du mouvement systémique en général, et au développement du projet « systémologique » bertalanffien en particulier.

1-4-7 – *Ontologies et méthodologies holistiques en sciences sociales*

Pour achever cette revue des manifestations des perspectives holistiques et émergentistes dans le premier tiers du XX^e siècle, il me reste à considérer le cas des domaines du savoir où ces manifestations furent peut-être d'une part chronologiquement les premières, et d'autre part de la plus grande portée historique compte tenu de leurs arrière-plans et résonances idéologiques et politiques : les sciences sociales, principalement la sociologie et l'histoire. Il ne s'agira toutefois pas encore ici d'examiner en détail leurs liens avec les résonances en question : cet examen sera réservé au chapitre suivant. Il s'agira plutôt d'étudier comment se développa la pensée holistique des réalités socio-historiques au cours de cette période et, en amont, dans la seconde moitié du XIX^e siècle, en insistant là encore sur les auteurs dont on retrouve un écho (explicite ou non) dans les écrits de Bertalanffy.

Comme en médecine, l'orientation holistique en matière de pensée politique et sociale fut pour ainsi dire la règle jusqu'au XVII^e siècle. L'analogie organiciste entre les groupes, classes et institutions sociales d'une part et les organes de l'individu d'autre part fut déjà largement utilisée par Aristote. On la retrouve chez les Romains (en particulier chez Agrippa Menenius Lanatus, Cicéron et Sénèque), puis tout au long du Moyen-Age et jusqu'à la Renaissance (surtout chez Jean de Salisbury et le Cusain)¹. Un temps éclipsées par les modernes conformément à l'idée développée par Thomas Hobbes et Jean-Jacques Rousseau que l'organisme doit être opposé à l'État comme le naturel à l'artificiel, les conceptions organicistes revinrent en force au début du XIX^e siècle – notamment, pour ce qui concerne l'Allemagne, avec le Romantisme et l'idéalisme post-kantien.

Un facteur significatif dans ce retour fut la réaction à l'égalitarisme des Lumières, liée à l'impact très négatif de la Révolution française sur beaucoup d'esprits. En se répandant largement et avec force, la thèse initialement formulée par Edmund Burke et développée même en France par Louis de Bonald et Joseph de Maistre, selon laquelle l'égalitarisme constituerait une hérésie destructrice et barbare à extirper afin de ne pas voir l'Europe sombrer dans le chaos, joua en effet un rôle essentiel à cet égard. Le sens de ce lien fut formulé dès 1793 par le Suisse Jacques Necker :

Les inégalités dans un état d'harmonie, telle est la règle de l'univers².

Au monde social supposé atomisé, en proie aux conflits et culminant dans la Terreur qu'aurait engendré l'égalitarisme des Lumières, ceux-là opposaient les vertus de la noblesse, des statuts et des corporations, voyant dans un ordre social inégalitaire la clef de son « unité organique ». Tel fut aussi le cas des « utopistes » comme Saint-Simon et Charles Fourier, dont la « société organique » idéale justifiait la nécessité de l'inégalité en termes d'organisation (l'harmonie consistant en l'accord entre types de personnalité et fonctions sociales) et de but de la société en tant que tout, et qui dérivèrent la valeur de la vie humaine non des relations de l'individu avec ses semblables, mais de sa relation avec le but en question³.

Opérant en conjonction avec cette réaction, un autre facteur majeur de résurgence et d'affirmation de la pensée socio-politique organiciste fut le développement de la biologie, qui permit à la première, surtout dans la seconde moitié du XIX^e siècle avec l'avènement du darwinisme, de sophistication ses analogies en les débarassant au moins en apparence de mysticisme et

¹ Barnes H.E. (1925), p. 120 et Phillips D.C. (1976), p. 1.

² Necker J. (1793), in Manuel F.E. (1956), p. 63. Voir aussi plus généralement pp. 54-63.

³ Manuel F.E. (1956), pp. 64-67.

d'anthropomorphismes. L'organisme, de simple métaphore du « corps social » en vint alors à se transformer en un concept universel ayant valeur tout autant pour le monde social que pour le monde biologique, des principes et lois communs apparaissant susceptibles de s'y appliquer. Le primat de l'intérêt de la communauté sur celui de l'individu fut justement l'un des principes majeurs dérivant de cette naturalisation biologiciste de la société¹.

Néanmoins, la pensée holistique en sciences sociales ne se réduisit pas, même au XIX^e siècle, à l'organicisme : qu'il s'agisse par exemple de Durkheim en France ou de Dilthey en Allemagne, elle se développa aussi en relation étroite avec la volonté d'instituer les sciences sociales dans leur autonomie sans s'abandonner à de vagues analogies.

1-4-7-1 – *Quelques traits problématiques des ontologies holistiques en sciences sociales*

Une difficulté du holisme dans ces sciences qui constitue un motif récurrent des critiques à son encontre et que l'on retrouve au milieu du XX^e siècle opposées notamment aux fonctionnalismes, est l'apparente contradiction entre une logique focalisée sur une supposée totalité socio-historique, au premier chef sur les ressorts de sa préservation, qui d'une manière ou d'une autre en fait une figure d'harmonie ; et la constance têtue de l'existence de l'individu et du conflit, facteurs d'évolution et donc à la fois de destruction et de création.

C'est un problème auquel Bertalanffy fut sensible dès sa thèse. Considérant la ligne de développement historique de la « doctrine des intégrations d'ordre supérieurs » de l'hylozoïsme des Ioniens aux doctrines de la Volonté et de l'Inconscient de Schopenhauer et von Hartmann en passant par la doctrine stoïque du « Logos général », celle, néo-aristotélicienne, de l'intellect agent, et la mystique néo-platonicienne et allemande de Nicolas de Cues à Fichte, Schelling et Hegel, il remarqua en effet qu'un mérite de Leibniz avait été d'en souligner une « difficulté fondamentale » commune : concevoir comment une « substance spirituelle unitaire du monde » peut se combattre elle-même dans les individus. Leibniz fut selon lui le premier à faire d'une hiérarchie des niveaux d'organisation le moyen de dépasser ce qui ressemblait à une aporie constitutive de toute vision holistique du monde. Tel était pour Bertalanffy l'apport majeur de la « conception monadologique du monde » :

Si l'on admet un Être spirituel général, alors le combat des parties reste inexplicable [...] Mais si l'on reconnaît la partie, l'esprit universel n'est qu'un agrégat d'âmes individuelles et l'on ne peut pas parler à son propos d'unité. La substance universelle se fractionne complètement dans les parties individuelles et l'on ne dispose plus de point de départ pour un lien unitaire qui engloberait tous les individus dans une relation supérieure [...] Le développement d'une conception monadologique du monde, i.e. du monde en tant qu'il représente une hiérarchie spirituelle vivante, fut une tentative pour réconcilier sous un nouveau point de vue ces contraires que sont l'individuel et l'universel.

C'est pourquoi Bertalanffy accorda tant d'importance, dans l'histoire de la « doctrine des intégrations d'ordre supérieurs », à la vision héraclitéenne du monde en tant qu'unité des contraires et à la doctrine cusaine de la « coïncidence des opposés » : elles auraient formulé l'idée que le combat entre parties est synonyme de leur intégration à un Être qui les englobe, et qu'il est même constitutif de ce dernier².

Ce type de réflexions concerne au premier chef la sociologie de Simmel, avec laquelle le jeune Bertalanffy était familier. Le sociologue allemand opposa en effet l'« unité » de l'individu, qui exprimerait une tendance désintégrative, et la totalité, qui traduirait la « synthèse globale » des relations entre unités et de leurs oppositions³. Et, empruntant ses catégories à Goethe, Schelling et Hegel, il considérait que la « vie » manifeste son essence conflictuelle à tous les niveaux de la réalité sociale, en insistant sur la fonction structurante du conflit. Celui-ci aurait un « rôle positif et intégrateur », une « valeur constructive ». Il serait la « solution de la division entre les contraires » :

De même que le cosmos a besoin de l'« amour et la haine », forces d'attraction et de répulsion, pour avoir forme, de la même façon la société aussi a besoin d'un rapport quantitatif quelconque

¹ Voir notamment Bäumer A. (1990), pp. 55-56.

² Bertalanffy L. von (1926a), pp. 29-30.

³ Simmel G. (1918, 2004), p. 358.

d'harmonie et de dysharmonie, d'association et de concurrence, de tendances favorables et défavorables, pour parvenir à une configuration déterminée.

Toutes les « différenciations bipolaires » seraient ainsi les manifestations nécessaires d'une « unique vie »¹. Il n'y aurait nulle paix absolue possible, que ce soit en l'homme ou dans la société. Car pour Simmel, ce serait en définitive en Dieu seul que coïncident les opposés :

La vie est, au sens absolu, un combat qui englobe l'opposition relative du combat et de la paix ; mais la paix absolue, qui peut-être inclut aussi bien cette opposition, reste le secret divin².

Rien d'étonnant dans ces conditions à ce qu'il se soit lui aussi référé au Cusain – et peut-être la lecture du sociologue joua-t-elle un rôle dans l'intérêt porté par le Viennois au théologien :

L'essence profonde de la pensée divine est d'unir en elle toutes les diversités et contradictions du monde : elle est selon la belle expression de Nicolas de Cues, la *coincidentia oppositorum*³.

Il n'existe probablement aucun domaine intellectuel où le point de vue holistique soit aussi sujet à polémique que les sciences sociales. La raison n'en est pas seulement la résonance idéologico-politique qu'il *peut* y avoir et y a effectivement eue, mais aussi, pour reprendre le titre d'une biographie de Bertalanffy⁴, qu'il y exprime une perception du « réel » non-conforme au « sens commun ». Dans sa thèse, le Viennois pointa une idée très importante de Fechner, qui sera rediscutée au 2-2 lorsqu'il sera question de l'épistémologie perspectiviste des systèmes : la situation médiane de l'homme dans la hiérarchie des niveaux d'organisation le soumettrait aux « lois de la perspective », en ce sens qu'il ne pourrait étudier objectivement que les « intégrations d'ordre inférieur » à lui ou de rang égal, alors qu'une telle connaissance serait « difficile, voire impossible », pour les « intégrations d'ordre supérieur »⁵. C'est dès lors le nominalisme qui semble traduire au mieux la position du « sens commun » ; à savoir, comme l'exprima Sorokin, « ne pas voir la forêt devant les arbres » et considérer au contraire la première comme une simple « somme » des seconds n'ayant en conséquence aucune réalité propre⁶. En sciences sociales, la pensée méristique a semble-t-il toujours été de pair avec le nominalisme, les soi-disantes « totalités » y étant considérées comme de simples fictions heuristiques créées pour des besoins spécifiques, toute réalité sociale étant en fait tenue pour un simple conglomerat de personnes et d'événements singuliers géographiquement et chronologiquement situés. Elle semble avoir toujours été de pair aussi avec un rejet des ambitions nomothétiques. L'historien Charles Oman écrivit par exemple en 1939 :

Je ne vois qu'une succession de circonstances [...], seulement un grand fait eu égard auquel, étant donnée son unicité, il ne peut y avoir de généralisation, et une seule règle solide pour l'historien : reconnaître dans le développement des destinées humaines le jeu du contingent et de l'imprévisible⁷.

Après la seconde guerre mondiale, il n'a pas manqué en sciences sociales de critiques nominalistes du point de vue holistique, surtout de ses associations avec des ambitions nomothétiques. Ces sciences furent ainsi agitées par d'âpres controverses entre « holistes » et « individualistes méthodologiques »⁸ à la fin des années 1950. Il suffira ici d'évoquer les vues du Nobel d'économie Friedrich A. von Hayek, avec qui Bertalanffy entretint des relations étroites⁹ et dont il s'appropriâ les critiques – ce qui ne surprendra pas une fois examinée sa théorie de la connaissance. Hayek lia intimement ce qu'il appelait « l'objectivisme scientiste » au « collectivisme méthodologique », défini comme « la tendance à traiter les 'touts' » tels que la société et l'économie comme « des objets donnés à propos desquels on peut découvrir des lois en observant leur comportement en tant que tous » – parler de « collectivisme ontologique » eût en fait été plus pertinent ici. Hayek voyait ce

¹ *op. cit.*, pp. 354-359. Citation p. 357.

² *op. cit.*, p. 405.

³ Simmel G. (1900, 1987), p. 281.

⁴ Davidson M. (1983) : „Uncommon sense“.

⁵ Bertalanffy L. von (1926a), pp. 27-28.

⁶ Sorokin P.A. (1966), p. 37.

⁷ Oman C. (1939), in Sorokin P.A. (1966), p. 40.

⁸ Voir notamment Mandelbaum M. (1957), Brodbeck M. (1958), Agassi J. (1960), Scott K.J. (1961).

⁹ Révélée dans leur correspondance après-guerre, qui montre combien les deux intellectuels s'appréciaient : *Archives du B.C.S.S.S.*

« collectivisme » comme un attribut nécessaire de l'« objectivisme scientiste », avec un argument qui, ironiquement, rejoignait la dichotomie diltheyenne entre « expliquer » et « comprendre » :

Tandis que l'approche subjectiviste spécifique des sciences sociales commence à partir de notre connaissance de l'intérieur de ces complexes sociaux, la connaissance des attitudes individuelles qui forme les éléments de leur structure, l'objectivisme des sciences de la nature tente de les voir de l'extérieur ; il traite les phénomènes sociaux non comme quelque chose dont l'esprit humain fait partie et dont les principes d'organisation peuvent être reconstruits à partir des parties familières, mais comme s'ils étaient des objets directement perçus par nous comme des tous.

L'ironie est encore que Hayek invoqua ce métaphysicien organiciste qu'était pourtant Whitehead pour reprocher aux « collectivistes » de commettre « l'erreur du concret mal placé », i.e. du « réalisme conceptuel » : « confondre des modèles et des théories provisoires avec des faits ». Il n'y aurait de « totalité » qu'en conséquence d'un processus de reconstruction conceptuelle à partir des éléments qui seuls nous sont donnés dans la perception. Hayek adoptait *sur ce point* une position que l'on peut légitimement qualifier de positiviste, même s'il aurait sans nul doute récusé une telle qualification :

Les tous ne nous sont jamais donnés en tant que tels à l'observation, mais sont sans exception des constructions de notre esprit. [...] Ils ne peuvent être perçus hors du schème mental qui montre la connexion entre certains des multiples faits que nous pouvons observer. Les termes collectivistes réfèrent à certaines structures de relations entre certaines des multiples choses que nous pouvons observer dans des limites spatiales et temporelles données et que nous sélectionnons parce que nous pensons que nous pouvons discerner des connexions entre elles [...] Les sciences sociales ne traitent donc pas de tous « donnés », leur tâche est au contraire de *constituer* ces tous en construisant des modèles à partir d'éléments familiers – modèles qui reproduisent la structure des relations entre certains des multiples phénomènes que nous observons toujours simultanément dans la vie réelle¹.

Il faut d'ores et déjà souligner que cette position « canonique » de l'« individualisme méthodologique » sur le problème de la « totalité » est empreinte de plusieurs difficultés. Elle se fonde d'abord sur un décret contestable qui nous ramène tout droit à l'argument de Fechner ayant trait aux conséquences de la position « médiane » de l'homme dans la hiérarchie cosmique. Pourquoi faudrait-il admettre les seuls « éléments » perçus comme des « données réelles » ? Le trait dogmatique et le lien avec l'argument fechnerien apparaissent d'ailleurs clairement si l'on considère ce qu'affirma Hayek quant aux liens entre biologie et sociologie :

En biologie, nous reconnaissons d'emblée des unités naturelles en tant que choses d'une certaine espèce, des combinaisons stables de propriétés des sens dont nous trouvons beaucoup d'instanciations que nous reconnaissons spontanément comme semblables. Nous pouvons donc y commencer en demandant pourquoi ces ensembles déterminés d'attributs se produisent régulièrement ensemble. Mais là où nous avons à traiter de tous sociaux [...], nous n'observons pas d'abord que les parties se manifestent toujours ensemble pour nous demander ensuite ce qui les tient ensemble : c'est seulement parce que nous connaissons les liens qui les tiennent ensemble que nous pouvons sélectionner quelques éléments dans le monde immensément compliqué autour de nous, en tant que parties d'un tout connecté².

De même qu'il y a de l'arbitraire à instaurer cette distinction épistémologique (en soi déjà contestable) afin d'y puiser un argument d'ordre ontologique, il y a de l'arbitraire à lier aussi étroitement les positions holistiques à « l'objectivisme scientiste » et aux ambitions nomothétiques. L'exemple de Dilthey va nous montrer qu'il n'y a en effet aucune nécessité dans cette connexion. De surcroît, et là se révélera l'un des apports de Bertalanffy au débat en question, on peut parfaitement adopter la conception constructiviste des « totalités » prônée par Hayek sans leur dénier toute objectivité, et même affaiblir *grâce* à un tel constructivisme l'argument à l'encontre des ambitions nomothétiques sans pour autant leur « lâcher la bride ».

1-4-7-2 – *Ontologies holistiques et constitution des sciences sociales*

Il se révèle en réalité à la lumière des œuvres de plusieurs de leurs représentants majeurs du XVII^e siècle au début du XX^e qu'un moment holistique est, ou tout au moins a été, constitutif des

¹ Hayek F.A. (1955b), pp. 53-56.

² *op. cit.*, p. 58.

sciences sociales en tant que disciplines autonomes des points de vue ontologique et méthodologique. Vico fait à cet égard figure de « précurseur » avec sa « science nouvelle »¹, et pas seulement à cause de sa thèse déjà mentionnée du « *verum factum* » : selon Anderle, qui attira l'attention de Bertalanffy sur ce point, il fut le premier à développer une théorie des totalités historico-culturelles et un « point de vue morphologique sur l'histoire »². Tout en anticipant largement le concept de « style culturel », Vico, qui parlait d'« histoire idéale éternelle » (« théorique » peut ici être pris comme synonyme d'« idéal »), chercha effectivement déjà à démontrer que « toutes les nations marchent [en dépit de leur diversité] d'un pas uniforme dans leur naissance, leur progrès, leurs établissements, leur décadence et leur chute », donc à dégager des « lois » universelles de ces « totalités »³.

Mais c'est surtout avec Herder que la pensée holistique ressurgit significativement en sciences sociales ; dans une note manuscrite à un article de Anderle sur Vico⁴, Bertalanffy évoqua d'ailleurs la « lignée » initiée par l'Italien, qui irait « de Herder à Marx en passant par Hegel ». Nous avons vu au 1-1-2-8 qu'Herder avait conçu les cultures comme des monades possédant en elles-mêmes les principes de leur développement. Sorte de trait d'union entre Leibniz et Hegel même s'il s'opposa, précisément, à un universalisme tel que celui défendu par ce dernier, il avait par cette conception anticipé le concept d'« esprit objectif » du philosophe de Iena⁵, dont j'ai déjà dit la reprise par Bertalanffy : il parla ainsi de « l'esprit du siècle qui traverse et unit les particularismes les plus divers »⁶. L'idée de Herder était que tous les aspects (politiques, religieux, scientifiques, moraux, etc.) d'une même nation présentent des traits communs dans une période donnée. La conséquence en étant, comme l'a exprimée Louis Dumont, que « l'homme n'est ce qu'il est, dans tous ses modes d'être, de penser et d'agir, qu'en vertu de son appartenance à une communauté culturelle déterminée »⁷.

Herder pas plus que Hegel et Marx ne développèrent toutefois systématiquement le holisme comme base ontologique et méthodologique des sciences sociales. C'est Dilthey qui accomplit cette tâche dans le dernier quart du XIX^e siècle. J'ai déjà expliqué au 1-3-5-2 comment sa dichotomie entre sciences de la « nature » et sciences de « l'esprit » s'enracinait dans son opposition entre « explication » et « compréhension », et comment celle-ci elle-même se calquait sur celle entre le rationnel et le méristique d'une part, et l'irrationnel et le holistique d'autre part. La connaissance de la « vie » culturelle en tant que « totalité » ne pouvait selon lui advenir par le biais des couteaux « mutilants » de la pensée méristique et causaliste⁸. Mais si son holisme devait s'incarner en une méthodologie (« l'herméneutique »), c'était parce qu'il était d'abord constitutif d'une ontologie. Dilthey répéta que les « sciences de l'esprit » doivent former « un tout autonome à côté des sciences de la nature »⁹. La raison en était toute « herdérienne » : sa conviction de l'« unité individuelle de la vie présente dans un peuple, qui se manifeste à travers la parenté de toutes les expressions de sa vie, par exemple dans son droit, sa langue et son sentiment religieux »¹⁰, qui l'incita à développer un ambitieux programme d'intégration de toutes les « sciences de l'esprit ». L'histoire politique, celle des idées et celle de l'art, l'archéologie,... devraient former un corps unifié de connaissances qui serait seul susceptible de rendre compte de la complexité humaine. A l'intérieur de « la totalité constituée par la réalité historique » se développeraient divers « systèmes culturels », chacun d'entre eux étant « le produit d'une dimension de la nature humaine, d'une activité qui y est liée et qui est déterminée plus précisément par l'ensemble finalisé de la vie sociale »¹¹. Ces systèmes reposeraient sur l'action réciproque des individus en rapport avec l'une des « dimensions de la nature humaine », mais ils possèderaient « une durée extérieure » indépendante de ces derniers, qui leur confèrerait un « caractère

¹ Vico G. (1725, 1993).

² Anderle O. (1956), pp. 86-90 et (1960), p. 154. Les deux articles se trouvent dans les restes des archives de Bertalanffy et les mentions de Vico dans les publications de ce dernier sont toutes postérieures à l'article de 1956.

³ Vico G. (1725, 1993), p. 89.

⁴ Note manuscrite de Bertalanffy, à l'article de Anderle O. (1956), p. 90, en un endroit où Anderle insista sur l'idée que « la pensée de Vico s'inscrit pleinement dans la pensée holistique contemporaine ».

⁵ Hegel G.W.F. (1837, 1965), particulièrement pp. 70-101.

⁶ Herder J.G. (1774, 2000), p. 93. Voir aussi p. 34.

⁷ Dumont L. (1985), p. 138.

⁸ Dilthey W., in Harrington A. (1996), p. 27.

⁹ Dilthey W. (1883, 1992), p. 157 et p. 162.

¹⁰ *op. cit.*, p. 199.

¹¹ *op. cit.*, p. 210.

d'*objectivité massive* ». Dilthey s'appropriait d'ailleurs tout autant que Simmel le concept hégélien d'« esprit objectif », par quoi il désignait les produits de l'activité mentale de l'homme, le processus de « compréhension » renvoyant dans cette perspective à la saisie des significations exprimées dans les objectivations du monde intellectuel, lesquelles formeraient justement l'objet propre des « sciences de l'esprit »¹. Selon Dilthey, celles-ci pourraient en définitive être définies comme des « *sciences des systèmes culturels* »² : à ma connaissance, nul n'a utilisé avant lui cette expression. Et il ne s'agissait pas ici de simple rhétorique : cette vision systémique était bien solidaire de l'idée que ces systèmes culturels manifestent *en tant que tels* des propriétés. Dilthey se limita certes à mentionner la « propriété de croître et de se développer » et celle de « persévérer dans leur être » par « la capacité de conserver et de transmettre les influences très passagères des individus »³, des propriétés systémiques que Bertalanffy reconnut comme fondamentales ; mais l'essentiel était l'idée même de l'existence de telles propriétés, de la possibilité de les découvrir et de les étudier.

L'« école viennoise » d'histoire de l'art, qui s'inscrivait dans le sillage d'Aloïs Riegl, tint en partie son inspiration de la philosophie des « sciences de l'esprit » de Dilthey. Elle doit être évoquée ici dans la mesure où Bertalanffy, étudiant dans ce domaine au cours de ses premières années universitaires, fut amené à s'intéresser aux travaux qui en furent issus et à avoir des contacts directs avec au moins l'un de ses membres contemporains les plus éminents – Josef Strzygowski, qui fut un rapporteur bienveillant de sa thèse doctorale⁴. Les quatre articles exclusivement consacrés à l'histoire de l'art⁵ que Bertalanffy publia entre 1924 et 1928 furent pour l'essentiel voués à des commentaires critiques des travaux de Riegl et surtout de ceux de Max Dwořák (qui, après avoir succédé à Riegl, resta jusqu'à sa mort la principale figure de cette école), de l'Allemand Wilhelm Worringer (un fidèle disciple de Riegl qui en approfondit les concepts et les méthodes⁶), et de Strzygowski (qui devint le chef de file de l'un des deux courants en lesquels l'« école » se scinda après la mort de Dwořák⁷).

S'opposant au matérialisme esthétique de l'architecte Gottfried Semper, qui avait tenu la nature des matériaux utilisés pour un déterminant essentiel de l'évolution des styles, Riegl développa une théorie selon laquelle les formes artistiques seraient des expressions d'une « impulsion consciente de sa finalité » qui précéderait leur naissance⁸ : le « vouloir artistique » [*Kunstwollen*]. Ce concept, dont l'inspiration schopenhaurienne est probable, désignait un dynamisme inhérent aux formes artistiques d'une culture déterminée qui, tout en l'englobant, dépasse la volonté de leurs créateurs – en somme donc, leur entéléchie. Avec cette métaphore prêtant à l'art le propre du vivant, Riegl, et Worringer à sa suite, exprimèrent une vision de « l'œuvre d'art en tant qu'organisme autonome »⁹. Ils privèrent ainsi les facteurs matériels ou même sociaux du rôle créateur positif dans l'évolution des styles que leur avaient attribué les historiens matérialistes, ne leur consentant au contraire qu'un rôle « négatif » d'« inhibiteur » – celui d'une sorte de « coefficient de frottement » :

Par le terme de « vouloir artistique », on doit entendre cette exigence latente et intime qui, totalement indépendante de l'objet et du mode de création, subsiste pour soi et se comporte en tant que volonté de forme. Elle est le moment premier de toute création artistique, et toute œuvre d'art n'est dans son essence la plus intime qu'objectivation de ce vouloir artistique donné *a priori*. La méthode matérialiste en histoire [...] voyait dans l'œuvre d'art primitive le produit de trois facteurs : le but utilitaire, la matière première et la technique. Au fond, l'histoire de l'art n'était dans cette optique qu'une histoire de *pouvoir*. La nouvelle conception, au contraire, considère l'histoire de l'évolution de l'art comme une histoire du *vouloir* [...] Les caractéristiques stylistiques d'époques passées ne sont donc pas dues à un défaut de pouvoir, mais à une orientation diverse du vouloir¹⁰.

Riegl appliqua en particulier sa théorie à la polarité qu'il discernait entre arts haptique et optique, respectivement dirigés vers une représentation tridimensionnelle ou bidimensionnelle de l'espace : il

¹ Voir Ringer F. (1968, 1990), pp. 318-319.

² Dilthey W. (1883, 1992), pp. 208-209.

³ *op. cit.*, p. 209.

⁴ Voir Hofer V. (1996), p. 13 : il proposa la mention « excellent » pour cette thèse.

⁵ Bertalanffy L. von (1924b), (1926d), (1926e) et (1928d). (1927b) y fut aussi largement consacré, mais sans s'y restreindre.

⁶ Sur cette influence, voir Vallier D., introduction à Worringer W. (1908, 1978), pp. 9-14.

⁷ Johnston W.M. (1972, 1991), pp. 168-169.

⁸ Worringer W. (1908, 1978), p. 47.

⁹ *op. cit.*, p. 41.

¹⁰ *op. cit.*, pp. 46-47.

chercha à montrer qu'ils se succèdent dans l'histoire selon un rythme cyclique¹ – un schème de cyclicité dont la présence a été repérée chez Bertalanffy à propos de « l'utopie classique ». Remarquons que Simmel développa de son côté une esthétique holistique dont l'esprit était voisin. Elle s'imposait en effet à ses yeux pour rendre compte du caractère de « totalité » dont l'œuvre d'art serait en soi pourvue, et du fait qu'elle est simultanément membre d'une « totalité » d'ordre « supérieur » – la culture. C'est d'ailleurs dans un texte discutant le concept de « l'art pour l'art » que Simmel exprima le plus clairement son holisme, en l'intégrant de surcroît au contexte de son époque :

Un pareil sens de l'art en général et de l'œuvre d'art en particulier : être un tout, et en même temps l'élément d'un autre tout supérieur au premier, telle la vague haute d'une vie globale, ce sens agit aussi pour le spectateur, pour le consommateur d'art. La délivrance dans l'abandon à l'œuvre d'art réside en ce qu'il intéresse un ensemble clos, sans nul besoin du monde, un ensemble souverain et suffisant y compris face au consommateur. [...] Mais en même temps, l'expérience vécue de l'œuvre d'art est intégrée à notre vie et enveloppée par elle ; l'extérieur auquel nous conduit l'œuvre d'art pour mieux nous affranchir n'est pourtant qu'une forme inhérente à cette vie même, la jouissance de l'élément libéré de la vie et nous libérant d'elle est à son tour un morceau de vie, qui continuellement se fond avec son avant et son après en une totalité [...] L'œuvre d'art se révèle tout compte fait comme une de ces formations que nous pouvons certes, une fois qu'elles existent, décomposer en une pluralité d'éléments, mais non pas recomposer à partir de là ; car ces éléments sortis de son unité originaires pour devenir indépendants sont bien autre chose qu'à l'intérieur de son indivision première [...] *L'art est plus que l'art*. Et cela relève d'une connaissance qui se fait jour maintenant partout : à savoir que, *dans le contexte global de la vie organique et du monde en général, les éléments ont une autre essence, une autre signification que dans l'état de séparation auquel les condamne la conception mécaniciste, atomisante*².

Le holisme « organismique » de Riegl et Worringer se rapprochait plus de celui, vitaliste, de Driesch, que de la conception diltheyenne de la réalité socio-historique. Dans « l'école viennoise », c'est vers Dwořák et Strzygowski qu'il faut se tourner pour retrouver cette conception. Les travaux du premier se caractérisaient en effet par son ambition d'inscrire l'histoire de l'art dans celle des idées. Cette ambition lui inspira plusieurs études concernant surtout l'art médiéval, publiées en 1924 sous le titre symptomatique *Kunstgeschichte als Geistesgeschichte* (« L'histoire de l'art en tant qu'histoire de l'esprit »). Dwořák s'y attacha à établir des connexions systématiques entre l'art, la littérature et la théologie, en particulier au cours de la Contre-Réforme et du Romantisme. Plus généralement, toute œuvre était à ses yeux une manifestation de l'« esprit » de son époque (son *Zeitgeist*) en même temps que l'une de ses composantes. Strzygowski, qui partageait cette conception et cherchait une voie de dépassement de la « crise des sciences de l'esprit », considérait le point de vue holistique sur la réalité socio-historique comme une telle voie, parce que susceptible de les constituer comme sciences et de les sortir de leur confinement à un savoir analytique et idiographique :

Tant que les historiens et les philologues réussissent toujours à trouver des adeptes d'énoncés du style : « l'humanité en tant que tout n'a aucune unité spirituelle et donc aucun développement unitaire non plus », une construction scientifique des sciences de l'esprit demeure impossible.

Et il en appela, comme Dilthey en son temps, à un « travail commun des philologues et des historiens », de tous les « spécialistes », afin qu'ils intègrent leurs découvertes en une « recherche d'ensemble » [*Gesamtforschung*]³. Dwořák, avec une telle approche alors innovante concevant tous les phénomènes socio-historiques dans leur dépendance en tant que manifestations d'un unique « esprit » culturel, s'efforça d'écrire l'histoire de « l'esprit » occidental en général à partir de celle de l'art des débuts de l'ère chrétienne jusqu'au Baroque. Il tenta d'établir l'existence d'une polarité structurant l'histoire de l'art occidental, entre l'idéalisme – identifié au souci de la totalité (que Bertalanffy appela « la quête du retour dans le Tout ») – et le naturalisme – identifié à l'orientation analytique (en termes bertalanffiens, « la conscience claire du Moi qui se pose face à un monde objectif »)⁴. Dwořák voyait l'idéalisme ressurgir dans l'expressionnisme et l'impressionnisme, amorçant une renaissance spirituelle dont il se félicitait, qui remettait selon lui en cause la

¹ Johnston W.M. (1972, 1991), pp. 168-169.

² Simmel G. (1914, 1988), pp. 252-254. Les italiques me sont propres.

³ Strzygowski J. (1923), p. 61. Voir p. 70 pour la citation précédente.

⁴ Dwořák M. (1928). Voir aussi Bertalanffy L. von (1926e), p. 378.

spécialisation et la vision parcellaire du monde qui l'accompagne. La première guerre mondiale annonçait pour lui l'effondrement de la culture matérialiste, à laquelle la nouvelle spiritualité ainsi diagnostiquée devait succéder¹.

Même au XIX^e siècle, la volonté de constitution des sciences sociales comme domaine autonome et uni dans sa diversité sur la base d'une ontologie holistique ne resta pas confinée au monde germanophone. Deux Français sont en particulier incontournables : Comte et Durkheim, que Sorokin qualifia de « systémiciens positivistes »². Comte forgea le terme « sociologie » en 1839. Mais en dépit de sa vision émergentiste du « système des sciences », il resta attaché à des métaphores biologiques quant au développement de cette science. Ainsi put-il parler de « l'organisme social » qui, comme l'organisme biologique, aurait besoin d'un organe permettant la régulation intérieure face aux sollicitations de son environnement : cet organe était pour lui le gouvernement, analogue du cerveau³. Un diagnostic qu'il fit de son temps révèle bien la connexion de sa vision holistique de la société et d'une tendance biogéniste, qui lui valut d'être qualifié par Hayek de « totalitaire du XIX^e siècle » :

La révolte de l'individu contre l'espèce est l'éternelle maladie occidentale⁴.

Comte tenait en définitive l'individu pour une abstraction et « l'organisme social » non pour une métaphore, mais pour une réalité. Il voyait bien une différence, mais à la faveur du second : seul « l'organisme social » serait capable de progresser, grâce au contrôle conscient de ses organes et de ses cellules⁵. Et si Comte n'élabora pas lui-même une sociologie organiciste, il offrit bon nombre de suggestions à ses successeurs.

Quant à Durkheim, il enracina lui aussi sa conception des objets et des méthodes de la sociologie dans le principe d'émergence des faits sociaux par rapport au « substrat » des actions individuelles. Son holisme dépassait du reste largement le domaine de la sociologie :

Un tout n'est pas identique à la somme de ses parties, il est quelque chose d'autre et dont les propriétés diffèrent de celles que présentent les parties dont il est composé⁶.

Il fut lui aussi tenté par la métaphore de l'organisme. Mais son souci de fonder l'autonomie de sa discipline, d'« expliquer les faits sociaux par d'autres faits sociaux », l'amena à « vider » cette métaphore « de tout contenu »⁷ : l'analogie « organismique » resta chez lui purement formelle. Elle le conduisit néanmoins à insister sur la réciprocité fonctionnelle des causes et des effets dans le domaine sociologique et à y introduire le concept fécond d'autorégulation. Il fut en cela un précurseur des sociologies systémiques ultérieures telles que celles prônées par Bertalanffy et Sorokin, qui voyaient une signification profonde à cette analogie pourvu qu'on se limite à l'exploiter au moyen du développement d'un concept abstrait de système en se gardant des spéculations nébuleuses. Sorokin expliqua ainsi le motif de la similitude :

Toutes les parties importantes d'un système social ou culturel manifestent la triple interdépendance tangible de chaque partie importante avec chacune et avec toutes ses autres parties importantes [*conformément à la définition d'une totalité fournie par Thomas d'Aquin*]. Dans cette triple interdépendance, les systèmes socio-culturels sont semblables aux systèmes biologiques⁸.

L'idée que cette analogie était justifiée et féconde en sciences sociales mais qu'il était indispensable de l'utiliser de manière critique était en fait assez largement répandue dans les années 1910. Selon Harry E. Barnes, un sociologue anglais qui en témoigna en 1925, c'est son collègue Leonard T. Hobhouse – dont l'œuvre fut axée sur la tentative de concilier collectivisme et libéralisme en vue du progrès social – qui la résuma le mieux, en 1911 :

¹ Johnston W.M. (1972, 1991), pp. 169-171.

² “Systemic positivists”: Sorokin P.A. (1966), p. 156.

³ Voir Müller K. (1996), pp. 34-35.

⁴ Comte A., in Hayek F.A. von (1943, 1993), p. 19.

⁵ Barnes H.E. (1925), p. 122.

⁶ Durkheim E. (1895, 1981), p. 102. .

⁷ Parrochia D. (1997), p. 64.

⁸ Sorokin P.A. (1966), p. 116. Sorokin ne cite pas ici Thomas d'Aquin, mais il transpose exactement sa définition de la totalité aux « systèmes sociaux » – fournie au début de mon second chapitre.

Parler de la société comme si elle était un organisme physique est du mysticisme, voire dépourvu de sens. Mais la vie de la société et celle d'un individu se ressemblent à certains égards, et le terme « organique » est tout autant applicable aux deux. Car un organisme est un tout consistant en parties interdépendantes. Chaque partie vit, fonctionne et croît en servant la vie du tout. Elle soutient le reste et est soutenue par lui, et par cette interaction advient un développement commun. C'est ainsi que nous concevons la vie de l'homme en société dans la mesure où elle est harmonieuse¹.

Il n'en demeure pas moins que c'est Comte qui donne le ton dominant des approches holistiques en sciences sociales jusqu'aux années 1920, et que l'inspiration biologiciste, dont j'ai déjà dit au 1-3-3-2 combien elle suscita l'opposition de Bertalanffy, fut une étape cruciale dans leurs développements et leurs portées culturelle et historique.

1-4-7-3 – *Organicisme et sociologie biologiciste au XIX^e siècle*

Le premier à développer une sociologie organiciste systématique fut Spencer, vers 1860. Lui qui forgea l'expression « système social » l'utilisait d'ailleurs comme synonyme d'« organisme social »². Il énuméra six similitudes entre une société et un organisme, où l'on retrouve notamment transposées les conceptions « anamorphologique » et épigénétiste de l'évolution en général : la croissance en taille, la croissance en complexité structurale, la différenciation fonctionnelle qui en est solidaire, la corrélation des parties et des fonctions comme résultat de l'évolution, le « fait » que la vie du tout peut être détruite et ses éléments néanmoins survivre encore un temps, et enfin celui que tout organisme est lui-même une société. Spencer releva aussi trois différences : les parties de « l'organisme social » forment une totalité discrète, elles sont libres et plus ou moins dispersées, alors qu'elles sont étroitement liées dans l'organisme ; de plus, il n'existe pas d'esprit de la société (de siège de la sensation et de la pensée) en dehors des individus qui la forment ; enfin, dans l'organisme les parties existent pour le bien du tout alors que c'est le contraire dans la société³.

En Allemagne, Paul Lilienfeld et Albert G. Schäffle développèrent une sociologie organiciste d'apparence très voisine dans les années 1870 et 1880, sans que l'on puisse pour autant attester de l'influence de Spencer. Il y avait toutefois une différence essentielle entre Lilienfeld et Spencer : là où le second ne voyait entre organisme et société qu'une analogie éclairante permettant de fonder un système de sociologie, le premier y voyait une identité réelle. La société était pour Lilienfeld la troisième et plus haute forme de royaume organique, après les plantes et les animaux ; elle serait le prolongement naturel de l'évolution après que l'homme fut apparu⁴. À la manière de Spencer, il énuméra des caractéristiques fondamentales des organismes auxquelles correspondraient des attributs analogues dans une société : une « interaction de forces » intense et variée, une unité intérieure, l'action téléologique de la matière et des « forces », l'ajustement interne à l'environnement par spécialisation croissante des fonctions, et le stockage de matériel et d'énergie en vue d'une consommation ultérieure. Il releva quelques différences (l'organisation serait plus complexe dans une société et les individus y sont capables de mouvements indépendants, au contraire des parties de l'organisme vivant), mais elles restaient mineures à ses yeux. Lilienfeld, rejoignant là aussi Spencer, voyait de surcroît une autre analogie fondamentale dans le processus évolutif : la loi générale d'évolution de « l'organisme social » serait un processus d'intégration et de différenciation des « forces » sociales. Se repèrent une fois encore dans cette « loi » les deux moments constitutifs du principe « organismique » de « hiérarchisation » que développa plus tard Bertalanffy. Enfin, c'est Lilienfeld qui introduisit (avant Durkheim) un concept qui eut bientôt une résonance idéologico-politique des plus funestes : celui de « pathologie sociale ». L'« organisme social » serait sujet comme son analogue vivant au déclin et à la maladie... le gouvernement constituant le grand agent thérapeutique à cet égard⁵. À la même époque que Lilienfeld, Schäffel rédigea quant à lui une étude encyclopédique sur « la construction et la vie du corps social » supposée constituer une « esquisse d'anatomie, de physiologie et de psychologie de la société humaine », avec « une attention particulière

¹ Hobhouse L.T. (1911), in Barnes H.E. (1925), p. 184.

² Sorokin P.A. (1966), p. 156.

³ Barnes H.E. (1925).

⁴ Bäumer A. (1990), pp. 56-57.

⁵ Barnes H.E. (1925), pp. 124-125.

portée à l'économie en tant que métabolisme social »¹. Il fut ainsi amené à distinguer trois principaux groupes d'« organes sociaux » et à étudier leurs fonctions. Combinant les conceptions darwiniennes et spenceriennes, il soutint aussi que l'État est le fruit du combat pour l'existence et de la sélection naturelle eu égard aux individus et aux groupes, tandis que l'évolution sociale elle-même serait, là encore, un processus d'intégration et de différenciation progressives².

Il y eut également des échos contemporains des travaux de Spencer en France. Alfred Fouillée chercha ainsi en 1880 à combiner les doctrines du « contrat social » et de « l'organisme social » en considérant la société comme un « organisme contractuel », à la fois naturel et artificiel. Très proche des analyses de Spencer, il dégagait cinq caractéristiques communes à la société et aux organismes vivants : la compétition entre parties dissemblables, une structure systématisée permettant la distribution fonctionnelle des membres, une vitalité organique des éléments constitutifs, une spontanéité de mouvement, et des processus de développement et de déclin. Il souligna toutefois lui aussi d'importantes différences : « l'organisme social » seul posséderait la qualité de « finalité interne », ne disposant par contre d'aucun « appareil sensoriel »³. Toujours à la même époque, René Worms dégagait quant à lui quatre caractéristiques soi-disant communes à la société et aux organismes vivants : la variabilité de leurs structures externes dans le temps et leur irrégularité de forme ; des changements permanents de structure interne par des processus de assimilation et d'intégration, de dissimilation et de désintégration (une analogie que l'on peut rapprocher de l'effort bertalanffien, évoqué aux 1-4-3-1 en relation avec la métaphysique de N. Hartmann, qui consista à fonder l'étude de la morphogenèse sur la physiologie du métabolisme) ; une différenciation coordonnée entre parties ; et un pouvoir de reproduction. Worms souligna lui aussi des différences, ne voyant pas comme Lilienfeld une identité de nature entre les deux types d'organisme : les liens unissant les éléments sociaux seraient psychiques au lieu d'être matériels ; la société serait plus plastique, elle aurait un plus grand pouvoir d'adaptation notamment en cas de perte de l'un de ses membres ; enfin, elle serait de constitution plus complexe que l'organisme vivant, formant un « super-organisme »⁴.

Si Spencer restait attaché à l'individualisme, tel ne fut pas le cas des autres sociologues organicistes mentionnés, dont les doctrines convergeaient vers une adulation de l'État. Le problème de leur conciliation avec la reconnaissance de l'individu se posait de manière aiguë, et fut étudié à la fin du siècle par le philosophe John S. McKenzie, dans sa théorie de la société comme « organisme moral ». Distinguant les types « mécanique », « chimique » et « organique » d'unité, il rangea celle de la société dans le dernier type, au motif qu'elle satisferait aux critères définissant un organisme :

Un tout dont les parties sont intrinsèquement reliées, qui se développe de l'intérieur et a une référence à une fin inhérente à sa propre nature.

McKenzie ne considérait toutefois pas qu'il y ait nécessairement un conflit entre la doctrine organique de la société et l'individualisme ; ils pourraient être ainsi conciliés :

Que l'individu est déterminé par sa société signifie seulement que sa vie est une expression de l'esprit général de l'atmosphère sociale dans laquelle il vit. Et que l'individu soit indépendant signifie seulement que l'esprit qui s'exprime en lui est une force vivante qui peut se développer par degrés selon des modes différents⁵.

Mais dans le monde germanophone, où il me faut maintenant revenir, un tel souci de conciliation, s'il exista certainement aussi à l'époque, resta inaudible en comparaison des développements en sociologie, théorie politique et philosophie de l'histoire qui occupèrent le devant de la scène intellectuelle de la fin du XIX^e siècle à l'orée des années 1930.

1-4-7-4 – Du concept de « communauté » à la théorie de l'État total

Tönnies, que l'on tient parfois pour le « père » de la sociologie allemande et qui présida d'ailleurs un temps la Société allemande de sociologie, n'embrassa pas un organicisme semblable à

¹ Schäffel A.G. (1878), in Bäumer A. (1990), p. 56.

² Barnes H.E. (1925), pp. 126-127.

³ *op. cit.*, pp. 128-129.

⁴ *op. cit.*, p. 129.

⁵ McKenzie J.S. (1890), in *op. cit.*, pp. 182-183.

ceux qui précèdent. Il n'en élabora pas moins, en les illustrant par des analogies d'inspiration organiciste, plusieurs concepts holistiques très influents dans le contexte intellectuel allemand des années 1890 aux années 1920 (et qui, au-delà, contribuèrent à la formation des idées de sociologues holistes tels que Sorokin¹). Son antithèse entre « communauté » [*Gemeinschaft*] et « société » [*Gesellschaft*], systématisée en 1887, détermina largement les travaux sociologiques allemands dans cette période. Elle se fondait sur sa distinction entre « volonté essentielle » [*Wesenswille*] et « volonté artificielle » [*Kürwille*]. La première référait à la personnalité entière et à ses buts spontanés, tandis que la seconde, associée au comportement rationnel en rapport avec une fin extérieurement suscitée, était conçue comme impersonnelle. Tönnies distinguait en conséquence la « communauté » de la « société » en ce que les membres de la première seraient unis dans et par leur « volonté essentielle », alors que ceux de la seconde ne s'uniraient que pour accomplir des buts spécifiques non spontanés. Les associations « communautaires » s'opposaient donc pour lui aux associations « sociétales » comme l'« organique » au « mécanique » :

La communauté doit être comprise comme un organisme vivant, la société comme un agrégat et un artéfact mécanique².

Cette antithèse eut d'autant plus de portée dans le contexte de réaffirmation de l'idéal de la *Bildung* qu'elle contribua à donner une nouvelle vie à l'opposition entre « culture » et « civilisation ». Tönnies considérait d'ailleurs lui-même que la grande tragédie de l'histoire est la substitution progressive de liens « sociétaux » aux liens « communautaires »³, une idée dont j'ai montré au 1-4-5-7 qu'elle guida la sociologie animale d'Alverdes. Le concept de « communauté » entra en résonance avec les thèses de Simmel qui, dans sa « philosophie de l'argent » publiée en 1900, avait cherché à montrer comment une société « atomisée » résulte nécessairement du capitalisme en raison du processus de rationalisation qu'il engendre⁴. Mais c'est surtout avec le désastre de la première guerre mondiale, assimilée à un correctif contre les tendances matérialistes et superficielles, que le concept de « communauté » devint un slogan à la mode. Le philosophe autrichien Alois A. Riehl en exprima bien le *pathos* :

La croyance en la réalité du monde intellectuel et spirituel, en la vie du tout qui transcende l'existence de l'individu, s'est éveillée aux premiers jours d'août [1914] et ne doit jamais mourir⁵.

Spann critiqua dans la même perspective le caractère à son goût trop « individualiste » des théories sociales modernes, insistant sur la priorité logique et morale du « tout » national et « communautaire » sur ses membres qui devrait en constituer le fondement. D'une manière générale, la « communauté » s'identifia dès lors au bien, à l'organique, à ce qui est spontanément créateur ; et la société, au mal, à une création artificielle⁶.

Tönnies comme ses collègues (en particulier Weber) étaient en bonne logique enclins à considérer l'État comme le principal ennemi de la « communauté ». Mais les popularisateurs de ce concept s'empressèrent au contraire de suggérer un dépassement des aspects « atomisants » de la modernité par son renforcement. La théorie de « l'État total » fut issue de ce contexte. Johann C. Bluntschli, peut-être le politologue le plus influent de la seconde moitié du XIX^e siècle en Allemagne, avait déjà identifié l'État à un organisme et distingué seize « organes » du « corps politique » (il s'aventura même à le pourvoir d'un « sexe » masculin, le « sexe » féminin étant réservé à l'Église)⁷. Mais le concept de « communauté » favorisa bientôt la formulation de doctrines plus sophistiquées... et radicales. Des controverses sur la distinction à effectuer entre « État autoritaire » et « État total » furent menées à la fin des années 1920 par des théoriciens comme Heinz O. Ziegler et Carl Schmitt. C'est ce dernier qui élabora systématiquement la théorie de « l'État total ». Il s'efforça d'y montrer, dans le contexte de la république de Weimar tant honnie, que la séparation entre les domaines du politique et du sociétal, inhérente au constitutionnalisme, n'était objectivement plus possible. À

¹ Sorokin P.A. (1963), p. 17.

² Tönnies F., in Harrington A. (1996), p. xviii.

³ Ringer F. (1968, 1990), pp. 164-167.

⁴ Simmel G. (1900, 1987).

⁵ Riehl A., in Ringer F. (1968, 1990), p. 188.

⁶ Ringer F. (1968, 1990), p. 232 et Sontheimer K. (1962, 1964), p. 315.

⁷ Barnes H.E. (1925), p. 121.

proprement parler, il ne pourrait plus exister de sphère privée, a-politique. L'unité intime de l'État et de la société serait devenue nécessaire et le destin de l'État moderne, ré-interprété comme le processus d'« auto-organisation de la société » [*Selbstorganisation der Gesellschaft*], serait de devenir « total »¹.

La portée idéologique de cette théorie tenait pour une large part à sa connexion avec ce qu'Herbert Marcuse appela à l'époque le « réalisme héroïco-populaire » [*heroisch-völkisch Realismus*]², dont le concept central était celui de « communauté du peuple » [*Volksgemeinschaft*]. Cette connexion, qui implique aussi une idéologisation des holismes et des « philosophies de la vie », sera examinée plus longuement dans mon prochain chapitre. Il me faut encore auparavant considérer d'autres expressions du holisme, en philosophie de l'histoire cette fois. Notamment l'œuvre de cet auteur si influent sur la pensée de Bertalanffy que fut Spengler, une œuvre paradigmatique du *Zeitgeist* qui, sans que son auteur ne s'en satisfasse toujours, servit d'ailleurs souvent de support à l'idéologie évoquée plus haut.

1-4-7-5 – *Des morphologies de « l'histoire universelle » à la thèse du « déclin de l'Occident »*

Le cœur de ce que Sorokin a appelé les « macro-sociologies totalitaires » était l'idée qu'existent et ont existé dans l'histoire un nombre relativement restreint d'entités (appelées « hautes cultures », « civilisations » ou « super-systèmes culturels ») constituant des « totalités » réelles. Ces « totalités » se perpétueraient en dépit des changements de leurs « parties » et auraient leur vie propre ; elles évolueraient selon une logique immanente, ayant donc un caractère auto-déterminé, l'influence de leur environnement ne pouvant être que catalytique – c'est-à-dire, se limitant à favoriser une accélération ou un retardement de certains processus. Les soumettant à cette logique, ces « totalités » conditionneraient tous les groupes et organisations sociales ou politiques en leur sein, la connaissance de leurs « lois » étant donc un préalable nécessaire à la compréhension de leurs « parties ». Spengler, et le Russe Nicolăi J. Danilevski avant lui, étaient les principales figures de ce type de philosophie de l'histoire lorsque Bertalanffy s'y intéressa à ses débuts, avant que leur inspiration ne soit reprise par d'autres auteurs qui contribuèrent plus tard tout autant aux réflexions du Viennois dans ce domaine : Sorokin (qui critiqua toutefois le manque de distinction entre « systèmes culturels » et « systèmes sociaux » et le fait d'assigner à la « culture » de chaque groupe organisé une unité qui lui fait en réalité défaut³), Arnold J. Toynbee et Alfred L. Kröber.

Un point de départ commun à Danilevski et Spengler nous ramène déjà, parmi d'autres, à Herder : le rejet, au profit d'une vision cyclique ou « rythmique », de la conception alors orthodoxe et issue des Lumières « occidentales », qualifiée de « non-sens » et d'une « incroyable indigence », d'une Histoire unique divisible en grands périodes, qui serait celle du *progrès* linéaire d'une humanité « amorphe »⁴. Il s'agit là d'un rejet que l'on retrouve dans ces termes mêmes jusque dans les derniers écrits de Bertalanffy :

L'histoire n'est pas le progrès d'une humanité amorphe, mais le produit d'un nombre relativement restreint de systèmes socio-culturels⁵.

Spengler, je l'ai déjà souligné au 1-3-5-3, récusait notamment l'opposition entre sciences « idiographiques » et sciences « nomothétiques » effectuée par Windelband. À ses yeux, si les secondes s'identifiaient bien aux sciences de la nature, les sciences historiques ne sauraient pour autant avoir le caractère des premières : l'Histoire ne serait pas une succession non structurée d'événements contingents, le spectacle d'un « chaos insensé de hasards »⁶. Spengler rejoignait là Tönnies, qui avait déjà identifié la sociologie à la philosophie de l'Histoire, lui assignant la tâche de déterminer des régularités dans l'évolution des sociétés, tandis que celle de l'historien serait de s'attacher à l'étude des circonstances individuelles⁷.

¹ Sontheimer K. (1962, 1964), pp. 260-263.

² Marcuse H. (1934, 1970), p. 62.

³ Sorokin P.A. (1966), pp. 214-218.

⁴ Spengler O. (1923, 1976), I, p. 28 et p. 33. Voir aussi Danilevski N.D. (1869), in Sorokin P.A. (1966), p. 180.

⁵ Bertalanffy L. von (1967a), p. 108.

⁶ Spengler O. (1923, 1976), I, pp. 143-144.

⁷ Ringer F. (1968, 1990), pp. 168-169.

Danilevski distinguait dix « types historico-culturels » et Spengler, huit « hautes cultures ». Tous deux les concevaient comme des monades leibniziennes ; à savoir parfaites à leur manière, développant leur génie propre selon un « destin » immanent et ne s'appropriant des autres que ce qui leur est conforme :

Chaque civilisation émerge, développe sa propre forme morphologique, ses propres valeurs, enrichissant ainsi le trésor total de l'accomplissement culturel humain, puis s'éteint sans qu'une autre civilisation ne perpétue sa forme spécifique et essentielle¹.

Au lieu de cette image monotone d'une histoire universelle à forme linéaire, qu'on ne peut conserver qu'en fermant les yeux sur la masse écrasante des faits, je vois le théâtre d'une variété de cultures grandioses qui croissent avec une puissance cosmique originelle au sein d'un paysage maternel, qui sont liées chacune à ce paysage durant le cours entier de leur existence, qui impriment chacune leur *propre* forme à leur substance, l'humanité, et qui ont chacune leur idée, leurs passions, leur vie, leur volonté, leur sentiment, leur mort *propres*².

Danilevski énonça plusieurs « lois » fondamentales supposées gouverner l'émergence, l'essor et le déclin de ces « totalités ». L'une, en particulier, stipulait que « le cours du développement des types historico-culturels est semblable au cours de la vie », et s'achève lorsqu'ils ont épuisé leurs « forces créatrices »³. Spengler intégra ce schéma (très critiqué, notamment par Bertalanffy et Sorokin⁴) dans un cadre organiciste plus systématique, supposé fournir le sens même de « l'Histoire universelle » :

Les cultures sont des organismes. L'histoire universelle est leur biographie générale⁵.

Les cultures appartiendraient, « comme les plantes et les animaux, à la nature vivante de Goethe, non à la nature morte de Newton »⁶. D'où des cycles évolutifs semblables :

Une culture naît au moment où une grande âme se réveille [...] Elle croît sur le sol d'un paysage exactement délimité, auquel elle reste liée comme une plante. Une culture meurt quand l'âme a réalisé la somme entière de ses possibilités.

De là son interprétation, dont j'ai dit au 1-1-2-8 la résonance à l'époque, de la « civilisation » comme relative à une « culture » donnée en tant que terme de son funeste « destin ». Une « civilisation » marquée par des phénomènes tels que l'urbanisation outrancière et l'émergence de mégapoles, la toute-puissance de l'argent, une mentalité rationaliste et la substitution de la science à la religion. Comme le remarqua le jeune Bertalanffy dans ses essais sur Spengler, il y avait là matière à voir un processus de « mécanisation progressive » (un concept qui tira ainsi manifestement chez le Viennois autant ses origines des « sciences de la culture » que de la biologie)⁷ : en ses termes, dont on relèvera la parenté avec les analyses de Simmel et surtout avec celles de son élève Arendt relatives au supposé « triomphe » de l'« *animal laborans* » sur l'« *homo faber* »⁸, la transition de la « culture » vers la « civilisation » s'« incarne[rait] dans la transition du concept d'activité vers celui de travail »⁹.

L'impact des œuvres de Danilevski et Spengler tint surtout à ce qu'elles convergeaient vers la thèse du « déclin de l'Occident ». L'essentiel ici est que cette thèse fut chez tous deux argumentée sur la base d'une méthode dite « morphologique » : c'est elle qui, plus encore peut-être que la thèse du déclin en tant que telle, retint l'attention de Bertalanffy ; il me sera aisé d'en montrer les réminiscences dans son projet « systémologique ». L'expression « morphologie culturelle » semble n'avoir été forgée qu'en 1921, par Leo Frobenius¹⁰. Néanmoins, nous avons pu observer Danilevski utiliser le terme « morphologie » plus d'un demi-siècle plus tôt. Et l'on peut, comme l'a montré Anderle, remonter à la « science nouvelle » de Vico pour observer la mise en œuvre d'une série de points de

¹ Danilevski N.D. (1869), in Sorokin P.A. (1966), p. 181.

² Spengler O. (1923, 1976), I, p. 33.

³ Danilevski N.D. (1869), in Sorokin P.A. (1966), p. 184.

⁴ Sorokin P.A. (1966), pp. 219-223. Voir aussi Bertalanffy L. von (1924a), III et (1967a), p. 108 en particulier.

⁵ Spengler O. (1923, 1976), I, p. 112.

⁶ *op. cit.*, p. 33.

⁷ Bertalanffy L. von (1924a), II et IV. Bertalanffy ne fut toutefois pas explicite et n'utilisa pas l'expression « mécanisation progressive ». Il parla néanmoins à cette occasion de processus d'« intégration progressive » en se référant... à Spencer.

⁸ Arendt H. (1958, 1983), pp. 231-404.

⁹ Bertalanffy L. von (1924a), IV.

¹⁰ Anderle O. (1956), p. 86. Voir aussi Sorokin P.A. (1966), pp. 205-207.

vue et de procédés pouvant être caractérisés comme « morphologiques » ; notamment l'approche comparative, la construction de « types » idéaux et le recours aux homologues¹. On remarque plus tard chez Herder aussi l'idée proprement morphologique qui inspira Goethe, selon laquelle la politique, la religion, la science et la morale d'une nation présenteraient au cours d'une période déterminée un petit nombre de caractères spécifiques communs, cette étroite corrélation des « parties » permettant en principe de reconstruire à partir de quelques indices la structure de la « totalité »². Une méthode « morphologique » fut encore au cœur de l'« herméneutique » des « sciences de l'esprit » développée par Dilthey : elle sera évoquée dans la prochaine sous-section. Spengler fut toutefois le premier à mettre en œuvre aussi systématiquement une telle méthode en philosophie de l'histoire.

Parmi les antithèses spengleriennes déjà évoquées, celle entre « destin » et « causalité » (qui se superposait, rappelons-le, à celles entre « monde du devenir » et « monde du devenu », histoire et nature) joua un rôle central à cet égard. Lorsque Spengler écrivit que « la nature doit être traitée en savant et l'histoire en poète »³, ce fut en effet précisément afin d'embrasser ce qu'il interprétait comme le point de vue de Goethe. J'ai déjà relevé au 1-4-1 que celui-ci avait fait de sa méthode morphologique un substitut aux recherches causales dans l'étude des organismes vivants, et rejeté la mathématisation des phénomènes biologiques ; pour Spengler, sa vision pouvait être transposée à ces « organismes » supra-individuels que sont les « hautes cultures », membres à part entière du « monde du devenir » :

Le devenir « n'a point de nombre ». Seul l'inerte – ou le vivant, à la condition de faire abstraction de son être vivant – peut se compter, se mesurer, se décomposer. Le devenir pur, la vie, [...] dépasse le ressort de la cause et de l'effet, de la loi et de la mesure. Aucune science historique profonde et vraie n'aspire à la légitimité causale sans méconnaître sa nature intime⁴.

Spengler put ainsi se réclamer de Goethe afin de justifier son approche :

J'en appelle à Goethe. Ce qu'il a nommé nature vivante est ce qui s'appelle ici Histoire universelle au sens très large, Univers-histoire. Goethe qui ne cessa comme artiste de créer la vie, l'évolution des formes, le devenir, non le devenu, [...], détestait les mathématiques. Chez lui, l'univers mécanique s'opposait à l'univers organique, la nature morte à la nature vivante, la formule à la forme. [...] Revivre par le sentiment, l'intuition, la comparaison, la certitude intérieure immédiate, l'imagination exacte et sensible : telle fut sa méthode pour serrer de près le mystère du phénomène en mouvement. Et c'est la méthode de la recherche historique en général.

Sa « morphologie de l'histoire universelle » fut donc calquée sur la typologie goethéenne :

Et comme il est parti de la feuille pour poursuivre l'évolution de la forme végétale, la genèse du type vertébré, le devenir des couches géologiques – destin de la nature, non sa causalité – ainsi devons-nous étudier le langage formel de l'histoire humaine, sa structure périodique, sa logique organique, en partant de l'abondance des faits particuliers qui tombent sous nos sens⁵.

L'analogie devrait en conséquence en constituer la méthode caractéristique :

Le moyen de connaître les formes mortes est la loi mathématique. Le moyen de comprendre les formes vivantes est l'analogie⁶.

Spengler aboutit ainsi au partage de la connaissance en deux grands domaines, la « systématique » et la « physionomique » :

Toutes les méthodes pour entendre l'univers peuvent, en dernière analyse, être nommées morphologie. Celle du mécanique et de l'étendue est une science qui découvre et organise les lois de la nature et les rapports de causalité, elle s'appelle systématique. Celle de l'organique, de l'histoire et de la vie, de tout ce qui porte en soi direction et destin, s'appelle physionomique.

¹ Vico G. (1725, 1993), notamment pp. 352-360. Anderle O. (1960), particulièrement pp. 88-89.

² Herder J.G. (1774, 2000), p. 93.

³ Spengler O. (1923, 1976), I, p. 104.

⁴ *op. cit.*, pp. 102-103. Il est remarquable que Spengler n'ait par ailleurs la capacité du calcul différentiel à saisir le devenir (p. 129).

⁵ *op. cit.*, p. 37.

⁶ *op. cit.*, p. 16.

Mais il ajouta aussitôt, en ce qu'il semble permis de voir comme une sorte de prophétie du projet bertalanffien de « systémologie générale » en dépit d'une opposition radicale entre morphologie et mathématiques que Bertalanffy fit tout sauf partager :

La méthode systématique de l'étude de l'univers en Occident a atteint et dépassé son apogée au siècle dernier. La méthode physionomique a encore sa grande époque devant elle. Dans cent ans, toutes les sciences qui seront encore possibles sur ce sol seront les fragments d'une physionomie colossale, unique, de tout ce qui est humain. Tel est le sens de la « morphologie de l'histoire universelle »¹.

En ce qui concerne plus particulièrement l'histoire, Spengler définissait ainsi ses vocations :

Mettre à nu l'édifice intérieur des unités organiques par et au contact desquelles l'histoire universelle s'accomplit, distinguer du hasard ce qui est morphologiquement nécessaire et essentiel, comprendre l'expression des événements et définir le langage qui est la source de cette expression².

Et il s'efforça avec force détails de démontrer que les cycles « organismiques » des « hautes cultures » sont solidaires de formes sociales – au sens large du terme – qui leur sont propres. Entre évolution des cultures devaient alors nécessairement exister des similitudes structurales, lesquelles donneraient son sens à une « morphologie de l'histoire universelle » :

J'espère démontrer sans exception que toutes les grandes œuvres et formes religieuses, artistiques, politiques, sociales, économiques, scientifiques naissent, se développent, meurent dans toutes les cultures *en même temps* ; que la structure intérieure de l'une correspond absolument à celle de toutes les autres ; qu'il n'y a *pas un seul* phénomène de signification physionomique profonde dans l'image historique de l'une dont on ne puisse découvrir, sous une forme caractéristique stricte et en un lieu très précis, le pendant chez les autres³.

La contemporanéité telle qu'elle apparaît dans ce passage prenait un sens inédit avec Spengler. Un sens qui résultait justement du transfert du concept d'homologie de la biologie vers l'histoire ; c'est très logiquement que Goethe fut là encore convoqué, aux côtés d'Owen :

C'est Goethe qui a écrit cet important concept [...] Owen en a trouvé la formule rigoureusement scientifique. Je l'introduis à mon tour dans la méthode historique [...]

De l'homologie des phénomènes historiques découle immédiatement un concept entièrement nouveau. J'appelle « contemporains » deux faits historiques qui, chacun dans sa culture, se manifestent exactement dans la même situation – relative – et ont par conséquent un sens exactement correspondant⁴.

La physionomique, en tant qu'elle appréhende le caractère organique des cultures, devrait ainsi fournir une méthode de reconstruction de leur passé – et, le cas échéant, de leur présent et de leur futur – tout en lui conférant une intelligibilité inédite au sein du devenir universel.

C'est avec le postulat de l'existence de « symboles primaires » [*Ursymbolen*] que Spengler transposa le concept goethéen d'« archétype » dans le champ culturel. Grâce à eux, la « physionomique » était censée fournir au morphologue de l'Histoire les moyens de dévoiler la structure des cultures qu'il étudie. Il s'agissait de symboles propres à chaque culture, supposés s'y diffracter dans toutes ses dimensions. Ils devaient permettre de surmonter l'incommensurabilité inhérente à la « relativité des catégories » (pour reprendre l'expression de Bertalanffy) impliquée par le caractère monadologique de chaque culture, qui impliquerait en particulier qu'aucun historien ne peut échapper à sa situation culturelle :

Il nous faut emprunter à la symbolique de la culture extérieure ce que l'absence de confession ne permet pas de découvrir immédiatement. Ce n'est qu'ainsi qu'on rendra ce qui est en soi inintelligible⁵.

¹ *op. cit.*, p. 108. Voir aussi, plus loin, la conclusion de Spengler sur le déclin de la « science faustienne ». Était ici implicite l'idée que la physionomique permettrait progressivement de reconnaître l'étude de la nature elle-même comme un fait de part en part culturel, de sorte que toute science véritable serait fondamentalement, « dans un siècle », une science « humaine ». Le discours de Bertalanffy fut très voisin.

² *op. cit.*, p. 113.

³ *op. cit.*, pp. 119-120.

⁴ *op. cit.*, pp. 118-119.

⁵ *op. cit.*, p. 134.

Le symbole primaire était supposé par Spengler « naître au commencement d'une mentalité qui s'éveille, être son premier acte créateur »¹, et déterminer spécifiquement l'ensemble des traits d'une culture : « tout dépend[rait] exclusivement du choix du symbole primaire »². Chacun de ces traits aurait donc à son tour une dimension symbolique :

Telle est l'idée du Macrocosme, réalité comme ensemble de tous les symboles par rapport à une âme. Rien n'est excepté de cette qualité du significatif. Tout ce qui est, est aussi symbole³.

Une conséquence en serait que « la morphologie de l'histoire universelle » a pour vocation de devenir une « symbolique universelle »⁴. La culture s'identifierait dans ces conditions à « la langue par laquelle une âme peut dire ce qu'elle ressent »⁵. Rien ne lui échapperait ; ni la pensée, ni même la nature. Ce qui impliquait chez Spengler un relativisme radical :

Toute pensée est encore fondée sur une nécessité de la forme absolument différente, à laquelle l'homme se soumet, précisément en tant que membre d'une culture déterminée et d'aucune autre.

La nature est chaque fois une fonction de la culture.

Chaque culture s'est créé un groupe propre d'images phénoménales qui ne sont vraies que pour elle et qui ne le resteront qu'aussi longtemps que cette culture est vivante et en train de réaliser ses possibilités intérieures⁶.

C'est dans le type d'espace qu'il trouva opportun de chercher le « symbole primaire » de chaque culture. Il s'agissait selon lui du « plus puissant des symboles » :

L'espèce d'étendue doit dès lors s'appeler *symbole primaire d'une culture*. De là doivent dériver le langage formel tout entier de la réalité structurale, sa physionomie différente de toute autre culture⁷.

La meilleure voie pour suivre les manifestations de ce « symbole primaire » serait « d'utiliser le monde formel des arts pour compénétrer le mental de toutes les cultures, en les considérant de manière absolument physionomique et symbolique »⁸. Le principal essai de Spengler fut en conséquence largement consacré – surtout dans le second volume – à établir systématiquement les déterminations culturelles de toutes les productions mentales, qu'il s'agisse des mathématiques, des sciences de la nature, des styles artistiques, de la religion, de la morale, de la politique ou de l'économie.

Sa fameuse thèse du « déclin de l'Occident » fut formulée en conséquence de cette approche morphologique, à partir d'une mise en perspective des âmes « apollinienne » et « faustienne » :

J'appelle *apollinienne* désormais l'âme de la culture antique qui a choisi le corps individuel présent et sensible comme type idéal de l'étendu [...] En face de cette âme apollinienne, je place l'âme *faustienne* qui a choisi comme symbole primaire l'espace pur illimité, dont le « corps » est la culture occidentale toute entière⁹.

Spengler chercha à exhiber sous toutes leurs formes les expressions respectives de ces deux « âmes » et à en tirer des correspondances entre les évolutions des deux « hautes cultures » concernées. Son impact considérable dans les mondes scientifiques allemands et autrichiens des années 1920, qui fut en particulier si durable sur Bertalanffy que nous ne cesserons d'en trouver l'empreinte dans ses travaux (notamment sa théorie de la connaissance), tient à ce qu'il s'attacha à considérer en particulier leurs mathématiques et physiques respectives. Leurs « symboles primaires » respectifs auraient engendré des mathématiques et des physiques spécifiques, « faustiennes » et « apolliniennes » respectivement. Outre que Spengler développa ainsi une philosophie relativiste des sciences, son originalité fut de chercher à montrer dans la perspective d'une « morphologie comparée » qu'il y avait lieu de voir dans les mathématique et physique contemporaines (notamment dans le « refuge » de cette dernière dans la statistique) des signes d'épuisement et d'achèvement. Si ses analyses à ce sujet, exposées en annexe 1-

¹ *op. cit.*, p. 381.

² *op. cit.*, p. 178.

³ *op. cit.*, p. 163.

⁴ *op. cit.*, p. 58.

⁵ *op. cit.*, p. 178.

⁶ *op. cit.*, respectivement p. 70, p. 167 et pp. 370-371, et p. 364.

⁷ *op. cit.*, pp. 171-172.

⁸ *op. cit.*, p. 210.

⁹ *op. cit.*, p. 179.

4-7-5, purent séduire les critiques de la domination de méthodologies méristiques tels que Bertalanffy, elles visaient en fait à établir que les évolutions récentes de la mathématique et de la physique « faustiennes » préfiguraient le processus déjà perceptible de « la fin de la science occidentale en général », un diagnostic extrême que bien peu de scientifiques (et certainement pas Bertalanffy) étaient enclins à accepter en ces termes. Le « culte des sciences exactes, de la dialectique, de la preuve, de l'expérience et de la causalité » était selon lui l'expression d'une « tyrannie de l'intelligence » qui, comme l'aurait montré l'hellénisme tardif, est un signe avant-coureur de la sénilité¹. En raison du caractère organique de toute culture, l'« âme faustienne » ne pourrait de surcroît accomplir cette trajectoire dans le seul domaine du savoir, son « destin » s'accomplissant dans la culture tout entière. Spengler s'efforça donc d'en révéler la trace tant dans les arts que dans la vie politique et économique. Au « mécanisme » physique, reflet de la sclérose d'une science finissante, répondrait en particulier la « dictature » grandissante de l'Argent et de la Machine, grands destructeurs de l'esprit². C'est pourquoi le sommet de la culture « faustienne » devrait être vu derrière elle, laissant place aux signes de son épuisement et à l'avènement de la « civilisation ».

1-4-7-6 – L'« herméneutique » en tant que méthodologie holistique propre à des « sciences de l'esprit » conçues dans une perspective « morphologique »

Le point de vue « morphologique » en sciences humaines ne fut pas limité aux essais de Spengler et autres philosophes de l'Histoire – et donc, en particulier, pas particulièrement lié aux spéculations « futurologiques ». Il semble bien en fait avoir été solidaire de leur constitution en tant que sciences. Telle fut en tous cas la vocation des travaux de Dilthey, dont l'« herméneutique », comprise comme méthodologie propre à ces sciences, était tout autant que l'œuvre de Spengler inspirée par Goethe. Elle doit ici être considérée à plus d'un titre : on y retrouve selon moi, je m'efforcerai de le montrer par la suite, certains traits essentiels de l'inspiration bertalanffienne lorsqu'il élaborait son projet « systémologique ».

J'ai déjà évoqué le caractère holistique du concept de « compréhension » de Dilthey, qui désignait en fin de compte chez lui la connaissance de la partie dans sa relation à un tout³, qu'il s'agisse du comportement d'un individu en tant que manifestation de sa « totalité » psychophysique ou d'une réalité socio-historique particulière en tant qu'expression d'un « système culturel ». Ce concept était indissociable de la problématique du sens⁴. « Comprendre », c'est en effet toujours saisir un sens, une signification – et dans les « sciences de l'esprit », les reconstruire à partir des objectivations de ce dernier. Mais cette saisie, et là est l'important, peut être interprétée comme un processus de type holistique. Bertalanffy eut en sa possession un article de Anderle sur « la problématique de l'interprétation du sens historique », où l'auteur explicitait parfaitement cet aspect du holisme qui me semble en dernière analyse avoir toujours joué un rôle sous-jacent majeur dans ses résonances idéologiques. Bertalanffy souligna ce passage au cours de sa lecture :

On peut dire qu'*avoir du sens, c'est s'intégrer à un contexte relationnel plus large, englobant* ; et il faut observer qu'il s'agit d'un contexte relationnel de type particulier, à savoir sur-sommatif, avec interdépendance et non interchangeabilité des parties, c'est-à-dire de ce que l'on appelle des totalités ou des structures [...] « *Avoir du sens* » doit – au moins dans la perspective d'une interprétation empirico-scientifique du sens – être compris comme « être intégré à une structure »⁵.

Des biologistes comme Jordan et Woodger n'avaient guère dit autre chose lorsqu'ils avaient à leur manière, nous l'avons vu aux 1-4-5-9 et 1-4-5-10, identifié la « signification » d'une « partie » de la « totalité » organique à l'« influence » qu'elle a sur cette « totalité », au rôle qu'elle joue, *via* ses relations avec les autres « parties », dans la logique de sa préservation.

Dilthey définissait l'« interprétation » comme « l'art de comprendre les expressions de vie durablement fixées ». L'herméneutique, qu'il définissait aussi dans sa signification originelle comme

¹ *op. cit.*, pp. 405-406.

² Spengler O. (1923, 1976), II, pp. 431-467.

³ Gens J.C. (2002), p. 43.

⁴ Voir par exemple Rickert H. (1915, 1997), p. 228.

⁵ Anderle O.F. (1960), p. 144. Les italiques me sont propres.

« l'art d'interpréter les monuments écrits »¹, reposait selon lui sur un principe holistique qu'il énonça en ces termes :

Un passage isolé doit recevoir son interprétation à partir de l'intention et de la composition de l'œuvre tout entière².

Mais il s'empressa de remarquer que le théologien protestant Flacius, qui avait clairement dégagé ce principe, lui avait lui-même conféré une portée méthodologique générale :

Ailleurs aussi, les différentes parties d'un tout sont comprises par leur relation à ce tout et aux autres parties de celui-ci³.

Tel était précisément aux yeux de Dilthey le principe requis afin d'interpréter le « texte » de l'histoire humaine. La difficulté fondamentale des « sciences de l'esprit » était d'ailleurs selon lui celle de tout « art d'interprétation » ; elle consistait en la généralisation de ce qu'il voyait comme un paradoxe inhérent à toute interprétation des textes, qu'il résumait ainsi :

On veut comprendre la totalité d'une œuvre à partir des mots isolés et de leurs combinaisons, et pourtant la compréhension d'une partie suppose celle du tout⁴.

L'herméneutique, réinterprétée par Dilthey comme réflexion méthodologique sur le statut scientifique des « sciences de l'esprit » et la valeur de vérité de leurs énoncés⁵, avait dès lors pour vocation de lever cette difficulté. Au sens général où il l'entendait, la procédure herméneutique consistait à appréhender par approximations successives l'objet d'étude (un individu, une production artistique, un moment historique,...), c'est-à-dire la partie, et la totalité dont procède cette partie (la « vie de l'esprit [objectif] ») : la saisie – toujours partielle – de la partie devait nourrir des représentations provisoires de la totalité qui, à leur tour, étaient censées permettre de préciser la première, avec en arrière-plan l'idée que « l'appréhension du tout permet et détermine l'interprétation du détail »⁶. Cette procédure passait par la construction de *types* sensés exprimer de manière caractéristique la « vie de l'esprit [objectif] », leur justification reposant en fin de compte sur le vieux principe « cusain » du « tout se reflétant dans chacune de ses parties »⁷. La pensée devait cheminer grâce à ces types, en un mouvement indéfiniment poursuivi, vers une compréhension toujours plus profonde, quoique jamais achevée, de la totalité comme de ses parties. L'inspiration de Dilthey était là toute goethéenne, et il le reconnut explicitement. Comme Goethe dans sa morphologie, Dilthey considérait que les « sciences de l'esprit » visent à saisir l'universel dans le cas singulier. Le concept de « type » pouvait désigner chez lui un individu empirique dont les traits le désignent comme particulièrement représentatif d'un ensemble d'autres individus ; mais le « type » pouvait aussi ne correspondre à aucune réalité empirique observable, tout en incarnant l'essence de toutes ces réalités⁸. Dilthey entendait ainsi poursuivre l'œuvre de Goethe et mener à son terme sa vision d'une nature où la vie prend progressivement conscience d'elle-même par l'intermédiaire de ses propres créations :

[Goethe] partit de la nature. Commencant par des études géologiques, étudiant ensuite les formes organiques, il finit par arriver, au soir d'une longue vie, aux phénomènes sociaux et religieux.

[L'accomplissement du plan goethéen d'une] science génétique de la nature [...] ne pouvait trouver sa conclusion que dans une science comparée de l'homme : il l'appelait⁹.

Ajoutons enfin que la méthode « idéal-typique » prônée par Dilthey donna le ton de maints travaux en sciences sociales dans le monde germanophone au cours des trois premières décennies du XX^e siècle. Outre la « psychologie structurale » de Spranger, celle des « visions du monde » de Jaspers

¹ Dilthey W. (1900, 1995), pp. 293-294.

² *op. cit.*, p. 300.

³ Flacius (1567), in *op. cit.*, p. 300.

⁴ *op. cit.*, pp. 305-306.

⁵ Grondin J. (2006, 2008), p. 7 et pp. 22-27.

⁶ Dilthey W., in Gens J.C. (2002), p. 71.

⁷ J'ai déjà mentionné cette idée chez Dilthey, qui s'exprima dans cette réflexion déjà citée : « L'individu est un point où viennent se croiser une pluralité de systèmes qui, au cours des progrès de la culture, se spécialisent de manière toujours plus fine. De fait, à partir du même acte de la vie d'un individu, cette multiplicité se laisse apercevoir » : Dilthey W. (1883, 1992), pp. 209-210.

⁸ Gens J.C. (2002), pp. 47-48.

⁹ Dilthey W. (1867), in Gens J.C. (2002), p. 50.

et les graphologie et caractérologie prétendument « scientifiques » élaborées par Klages, qui s'en inspirèrent directement¹, les plus significatifs à cet égard sont ceux de Weber en sociologie proprement dite. En effet, Weber considérait que la plupart des abstractions utilisées en sciences sociales sont des types idéaux. Et son fameux essai sur « l'éthique protestante et l'esprit du capitalisme » ne fut autre que la construction de tels types, compris comme des modèles conceptuels, destinés à suggérer une corrélation entre la première et le second, et à rendre intelligible l'émergence conjointe du protestantisme et du capitalisme aux XVI^e et XVII^e siècles. Comme Dilthey avant lui (et en opposition à Spengler), il vit en l'approche typologique l'opportunité d'une pensée théorique et non seulement « idiographique » en sciences sociales qui ne s'abandonnerait pas pour autant au rêve jugé chimérique d'une science nomothétique des faits humains². Notons que Strzygowski, dont il importe de remarquer qu'il fut loué à ce propos par Bertalanffy en 1928, chercha dans la même perspective (qu'il appelait la « comparaison planifiée ») à constituer une science de l'art à proprement parler, qui ne soit plus seulement un savoir philologique et descriptif, et qui échapperait néanmoins au subjectivisme³.

1-4-7-7 – *Bilan de l'impact sur Bertalanffy des diverses manifestations du holisme en sciences sociales*

Peut-être mieux encore qu'en biologie et en psychologie, c'est dans le domaine des sciences sociales que Bertalanffy vit la logique holistique opérer comme véhicule de constitution de sciences autonomes à la fois ontologiquement et méthodologiquement. Ses premières études furent dirigées vers ce domaine, et ce n'est certainement pas un hasard s'il ne commença à se consacrer aux questions biologiques que par le biais de son étude philologique du concept d'« intégration d'ordre supérieur », avant de former le projet d'une biologie théorique qui, centrée sur des problématiques « organismiques », serait autonome par rapport aux sciences physico-chimiques. Ses principes « organismiques » de formation par différenciation structurale et fonctionnelle, de « hiérarchisation » (ou d'« individualisation ») et de « mécanisation » progressives ne tiraient pas moins leur source des sociologues organicistes tels que Spencer et Spengler que de l'embryologie et des « philosophies de la nature ». Mais tout indique que c'est plus sur les plans ontologique et méthodologique qu'au niveau des schémas conceptuels que l'impact sur sa pensée des développements holistiques en sciences sociales fut le plus significatif.

Du point de vue ontologique, c'est en effet certainement là aussi que le Viennois put percevoir au mieux les dangers pour toute constitution d'une science holistique d'analogies vagues et sauvages que rien ne vient discipliner, ainsi que de la tendance à hypostasier des modèles conceptuels. Parle notamment ce sens la simultanéité, dans sa thèse doctorale, de son rejet des sociologies biologistes et de ses analyses sur la nécessité pour toute sociologie holistique de ne pas négliger l'existence et le rôle constitutif de l'individu et du conflit. Je montrerai au 2-2 et dans ma troisième partie comment Bertalanffy chercha à ouvrir, d'une manière certes générale mais avec particulièrement en vue les sciences sociales, une troisième voie entre un « collectivisme ontologique » et un « constructivisme nominaliste » plus communément qualifié d'« individualisme méthodologique ». Il apparaîtra notamment qu'il fut d'emblée conscient tant de la justification de l'analogie entre société et organisme que de la nécessité de l'utiliser de manière critique : il y avait là selon moi une incitation majeure à un développement purement formel du concept de système, qui serait en particulier capable de rendre compte aussi bien de la fécondité que des limites de cette analogie.

Mais l'apport le plus décisif des développements holistiques en sciences sociales à la genèse de son projet « systémologique » fut fourni par les diverses transpositions de la morphologie goethéenne qui s'y manifestaient, principalement dans la « morphologie de l'histoire universelle » et le projet de « physionomie générale » de Spengler d'une part, et dans la « science des systèmes culturels » et l'« herméneutique » généralisée de Dilthey d'autre part. Bertalanffy put en effet y voir s'exprimer des efforts conséquents pour constituer, sur la base d'approches idéal-typologiques, des méthodologies structurant l'interprétation holistique des réalités socio-historiques. Enfin, même si rien n'indique que Bertalanffy en ait eu pleinement conscience avant les années 1950 (ce qui fut par contre

¹ Ash M. (1995), p. 290.

² Weber M. (1904, 1964). Voir aussi Ringer F. (1968, 1990), pp. 332-333.

³ Strzygowski J. (1923), pp. 69-80. Bertalanffy L. von (1928d).

le cas alors), l'herméneutique diltheyenne avait une portée particulière du point de vue des vocations de sa « systémologie générale », que je reconsidérerai au 2-2. D'une part parce les « systèmes généraux » que celle-ci devait avoir pour objets étaient des modèles formels ayant valeur d'idéaux-types destinés à guider la théorisation des phénomènes. Mais aussi et peut-être plus profondément parce Dilthey avait en fin de compte fourni des éléments clefs pour voir dans cette « systémologie » l'organe de réalisation de la « vision du jour » dont avait rêvé Fechner : une fois la signification de toute chose assimilée à son « intégration dans une structure », la « compréhension » pouvait à son tour être identifiée à la reconstruction conceptuelle de cette structure permettant de dévoiler la signification en question ; devenait dès lors concevable la « science générale des entités holistiques » dont parla Bertalanffy¹, c'est-à-dire en fait la science de *l'interprétation holistique du « réel » en général* (en tant qu'herméneutique généralisée par-delà même les « sciences de l'esprit ») dont la mission ultime, fidèle au contexte de sa genèse, serait de « réenchanter » (rationnellement) le monde.

¹ Bertalanffy L. von (1945), p. 5 et (1968a), p. XV.

1-5 – « Vie », « totalité » et idéologie

Le dernier moment du contexte de cette genèse qui me reste à examiner peut être vu comme la conjonction des trois moments considérés jusqu'à présent : un sentiment de « crise » s'exprimant en particulier par une réaffirmation de l'idéal de la *Bildung* ; la promotion du concept de « vie » et ses diverses manifestations ; et la résurgence de modes holistiques de pensée. Ces trois moments confluèrent en effet dans l'ordre idéologique et cette confluence importa pour les conceptions de Bertalanffy, contribuant à déterminer sa compréhension des vocations de sa biologie « organismique » et de son projet « systémologique ». Il y a toujours eu dans sa pensée une dimension idéologique irréductible et assumée, dont il m'appartient ici de repérer les enracinements et les caractéristiques. Les valeurs associées à la réaffirmation de l'idéal de la *Bildung* m'ont déjà permis d'évoquer certaines de ses orientations idéologiques dominantes (anti-modernisme, mépris de la démocratie, etc.), mais il importe de comprendre leur résonance avec les concepts de « vie » et de « totalité », qui traverse l'œuvre de Bertalanffy, surtout à ses débuts.

S'il ne faut pas confondre les « philosophies de la vie » avec les diverses formes de holisme s'exprimant à l'époque, une caractéristique du *Zeitgeist* est que dans une période de confusion où le sentiment d'urgence prédominait, ces concepts de « vie » et de « totalité », ainsi que les attaques du « mécanicisme » dont leur promotion fut solidaire, furent intimement associés et mêlés à des considérations idéologiques. Loin de se confiner à la philosophie académique ou aux sciences, ils s'épaissirent en effet de significations transcendant largement ces domaines, leur succès tenant justement dans une importante mesure à cette « transgression des frontières ». Je mettrai ici dans un premier temps en évidence les origines et la logique de l'idéologisation des holismes dans le monde germanophone contemporain. Il s'agira ensuite de montrer comment les holismes et les « philosophies de la vie » se conjuguèrent pour servir l'avènement et la légitimation de l'idéologie totalitaire national-socialiste, en évoquant la contribution de Bertalanffy à cet égard. Il me faudra à cette fin examiner plus particulièrement les liens entre biologie et holisme d'une part, et eugénisme, racisme, antisémitisme et national-socialisme d'autre part, ainsi que leurs impacts sur la philosophie de l'éducation : ce sont là des aspects du contexte intellectuel de l'époque qui jouèrent un grand rôle dans les réflexions de Bertalanffy, surtout à l'orée des années 1930.

1-5-1 – Origines et logiques de l'idéologisation des holismes

Comprendre les liens inextricables qui se nouèrent entre holismes et idéologies nécessite dans un premier temps de prendre en compte un fait que les pourfendeurs de ces liens ont à ma connaissance tous superbement ignoré, à savoir l'existence de liens similaires antérieurs entre mécanicismes et idéologies. Leur intelligibilité nécessite aussi de saisir les congruences entre les holismes et l'« idéologie mandarinale » solidaire de la réaffirmation de l'idéal de la *Bildung* dont il a été question dans mon premier chapitre, si fortes que les premiers purent largement passer pour des moments constitutifs de la seconde. Il s'agira ici en fin de compte d'observer la manière dont le concept de « totalité » servit de « métaphore générative » et de véhicule idéologique dans le premier tiers du XX^e siècle dans le monde germanophone, étant entendu qu'il assumait ce même rôle dans une mesure certes moindre, mais non négligeable, dans le monde anglo-saxon contemporain¹.

1-5-1-1 – Mécanicismes et idéologies au XIX^e siècle

Que les doctrines mécanicistes, en particulier les approches du vivant guidées par la métaphore de l'organisme comme « machine » telles qu'on les trouve chez Helmholtz ou Du Bois-Reymond, aient été au XIX^e siècle contemporaines de l'industrialisation de l'Allemagne, ne doit rien au hasard : elles furent significativement inspirées par cette industrialisation tout en lui fournissant une caution scientifico-philosophique. La comparaison par Virchow en 1858 du fonctionnement des usines et des machines avec celui de l'organisme (conçu comme la simple résultante des activités des cellules individuelles, ces activités pouvant elles-mêmes être comprises comme des produits de l'« activité

¹ Harrington A. (1996), p. xxii.

mécanique de la matière » conformément aux lois de la physique et de la chimie)¹ est un exemple de la tentation alors fréquente de naturaliser le processus d'industrialisation et l'émergence d'une « civilisation de la machine » en l'intégrant à un ordre cosmique mécaniciste. L'affirmation de l'idéal d'unification de la science dans un cadre conceptuel et méthodologique mécaniciste (et physicaliste) semble aussi avoir été étroitement solidaire du constat de la fragmentation politique de l'Allemagne et de la volonté de justifier son unification nationale sur un mode libéral : à un univers entièrement naturalisé, débarrassé de soi-disantes « forces » transcendant le règne physico-chimique et unifié par des lois rationnelles et universelles devait répondre un État débarrassé de l'arbitraire des souverains locaux et unifié par des lois rationnelles sous l'égide d'une seule constitution – le seul susceptible de surcroît de garantir l'espace de liberté nécessaire à l'exercice de la science. Dans la préface d'un essai destiné à réfuter le vitalisme, Du-Bois Reymond exprima ainsi dès 1848 son espoir que la physiologie (mécaniciste) « accomplisse sa destinée », qu'elle transcende ses intérêts particuliers afin de contribuer comme la science théorique en général à « la grande union des États »².

1-5-1-2 – *Holismes, idéal de la Bildung et « idéologie mandarinale »*

Les traits spécifiques de la résurgence des modes holistiques de pensée dans le premier tiers du XX^e siècle et la logique de leur « idéologisation » s'enracinent pour l'essentiel dans les liens qu'ils nouèrent avec l'« idéologie mandarinale », l'idéal de la *Bildung* jouant à cet égard un rôle de pivot. Dans la mesure où la science d'inspiration mécaniciste avait été investie par ses hérauts de significations sociales, économiques et politiques la dépassant et qu'elle avait de la sorte été intimement liée aux objectifs et à l'accomplissement de l'industrialisation, mépriser les valeurs instrumentales, l'utilitarisme, la spécialisation des tâches (scientifiques en particulier), le « règne de Mamon » et l'avènement des « masses » perçus comme solidaires des transformations sociales, économiques et politiques, inclinait à rejeter les fondements logiques, conceptuels et méthodologiques de cette science supposée en constituer tout à la fois l'expression intellectuelle majeure et les fondations. Réciproquement, le rejet des mécanicismes, des formes méristiques de pensée en général, pouvait aisément trouver son pendant idéologique dans celui d'une société émergente marquée par la dissolution des liens traditionnels et l'affirmation de valeurs individualistes, ainsi que de la forme démocratique de gouvernement vouée à s'affirmer avec elle. La critique radicale des mécanicismes et des épistémologies « atomistiques » se retrouva ainsi presque inmanquablement être solidaire de celle de la « civilisation de la machine » et de l'« atomisation » des individus, des valeurs « bourgeoises » et du système démocratique.

L'idéal de la *Bildung* contenait en fait déjà en lui-même un moment holistique inhérent, et ce n'est bien sûr pas un hasard si parmi ses principaux instigateurs, Goethe en particulier, se retrouvent aussi les principaux artisans d'une réhabilitation des formes holistiques de pensée au tournant du XIX^e siècle – ni, en conséquence, que l'invocation de leurs noms se trouva dans le premier tiers du XX^e siècle maintes fois mêlée dans un même souffle à la légitimation du holisme et à la défense des valeurs associées à cet idéal. Le terme « *Bildung* » référait en effet précisément au concept de totalité « auto-actualisante »³ que l'on retrouve au cœur des pensées « organismiques » de Goldstein et de Bertalanffy (notamment dans le concept d'« activité primaire ») ; et l'idéal dérivé de l'« homme total », capable de développer toutes ses potentialités, pouvait très naturellement être remis au goût du jour dans le contexte existentialiste et néo-romantique caractérisant le monde germanophone du début du XX^e siècle, où le mot d'ordre nietzschéen, « devenez ce que vous êtes ! », faisait figure de slogan renvoyé à la face d'un prétendu processus de « mécanisation » de la vie et de l'esprit. Par ailleurs, les concepts holistiques de « peuple » et de « nation » diversement développés par Herder et Fichte⁴ en connexion avec celui de *Bildung* furent une source d'inspiration significative à l'issue des deux décennies du règne de Bismarck, qui avait légué un empire sans unité culturelle ni vision « intérieures », fondé au contraire sur des divisions habilement entretenues ; ce caractère artificiel en venant à être vu comme l'expression politique de la société industrielle dont ce règne avait du reste favorisé le

¹ *op. cit.*, pp. 8-9.

² *op. cit.*, pp. 11-12. Voir aussi Lenoir T. (1982), p. 229.

³ Je reprends cette expression bien choisie de Ash M. (1996), p. 85.

⁴ Voir Dumont L. (1983, 1985), pp. 136-151

développement¹ : le nationalisme, dont l'essor vigoureux commença dès les années 1890, put dès lors trouver dans le holisme l'un de ses plus précieux alliés. On peut percevoir là l'origine d'une tension qui, justement, traversa la pensée de Bertalanffy : la tension entre l'exigence d'accomplissement de l'individu en tant que « totalité » et l'affirmation de l'impossibilité de cet accomplissement hors d'une « totalité d'ordre supérieur » dont la vitalité en serait la condition.

La « faim de totalité » fut encore exacerbée par la première guerre mondiale et le contexte social, économique et politique désastreux qui la suivit. Alors que l'Allemagne était passée avant-guerre pour la « nation de la machine » par excellence et qu'elle ne cessa au cours de la guerre de mettre au point de nouvelles armes, le fait qu'elle fut précisément vaincue par la « machine » apparut comme une ultime ironie à nombre d'intellectuels, autrichiens notamment : certains en vinrent à dire de la défaite ce que l'essayiste viennois Karl Kraus avait affirmé à propos du naufrage du Titanic, à savoir qu'elle serait la vengeance de Dieu contre les adorateurs de la mécanique². Avec elle et la crise économique qui suivit, le processus de sécularisation, jusqu'alors supporté grâce à ses compensations matérielles, ne pouvait plus l'être : le mythe du progrès par la technologie, voire du progrès en tant que tel, s'était en conséquence effondré³. Et face à un monde perçu comme disloqué, ce que Troeltsch appela en 1921 le « besoin de synthèse, de système, de vision du monde, de structuration », que l'on peut aussi voir comme un « combat pour le sens »⁴ en quête de nouveaux fondements et valeurs, acheva de transformer le holisme en exigence intellectuelle et morale s'imposant à tous les domaines intellectuels. La conclusion du premier livre de Bertalanffy (1928) peut faire figure d'exemple-type de ce processus qui tendit à faire du holisme, en étroite connexion avec la notion plus ou moins indéterminée de « vie » à la mode, l'appareil logique et surtout rhétorique de l'idéologie « mandarinale », en particulier de l'anti-modernisme et des plaintes contre l'influence « atomisante » de l'industrialisation, de l'urbanisation et de la démocratisation. Elle assignait en effet à ce que Bertalanffy, référant aux courants holistiques en biologie, appelait alors une pensée « organismique », la mission salvatrice d'ouvrir et d'éclairer la voie hors d'une ère mécaniciste moribonde, que le Viennois caractérisait parmi d'autres par son culte de la « machine » et par le mépris corrélatif de la « vie » et de l'homme que ce culte aurait engendré :

Le développement colossal de la physique, l'ère de la technique et de ses triomphes, mais aussi des désillusions concernant le progrès réel de l'humanité, la biologie mécaniste et l'attention à la vie individuelle dans la société moderne, sont différentes expressions du même *Zeitgeist*. Nous savons à quel point la physique moderne est ébranlée par de violentes crises. D'un point de vue pratique, la guerre mondiale nous a montré de manière excellente ce que nous pouvons faire avec les moyens que la science du non-vivant met à notre disposition. Peut-être fut-ce là la péripétie de cette ère de la mécanique. Le nouveau courant dans la science du vivant, qui met en valeur la légalité propre de l'organique, pourrait bien être un symptôme d'une révolution générale de l'esprit, à laquelle nous croyons et en laquelle nous espérons. La reconnaissance de la valeur propre du vivant, qui n'apparaît plus dès lors comme un tour de prestidigitation mécaniste sans spécificité, et par ailleurs une évaluation nouvelle de la vie humaine, qui fut jusqu'à présent tenue pour un moyen quelconque en vue d'une fin, ne seraient alors rien d'autre que des expressions différentes de la même chose. La machine, que nous avons si magnifiquement appris à dominer, a en définitive fait chuter l'homme lui-même plus bas qu'elle [...] L'ère technique est sur le point de se dégoûter d'elle-même – espérons qu'une ère organismique la suivra, qui ouvre de nouvelles portes au futur de l'humanité⁵.

1-5-1-3 – La « totalité » comme « métaphore générative » et véhicule de l'idéologisation de la science

La caractéristique des termes typiques des holismes tels que « totalité », *Gestalt* ou « système » dans le contexte étudié ici est qu'ils fonctionnaient comme des « métaphores génératives »⁶ : ils permettaient d'une part d'organiser des recherches spécifiques et d'acquérir des

¹ Harrington A. (1996), pp. 19-24.

² Johnston W.M. (1972, 1991), p. 453.

³ Voir notamment Peuckert D.J.K. (1987, 1992), pp. 242-243.

⁴ Müller K. (1996), pp. 40-41. Voir aussi Ringer F. (1968, 1990), p. 393 et Ash M. (1995), pp. 284-285.

⁵ Bertalanffy L. von (1928a), pp. 229-230.

⁶ L'expression fut forgée par l'historien de la psychologie Kurt Danziger. Voir Ash M. (1995), p. 11 et p. 219.

significations de plus en plus riches et sophistiquées ; et d'autre part de favoriser les connexions entre les champs discursifs les plus divers, de sorte que leur spectre de significations ne cessa de s'étendre ; ce qui nourrissait l'idée, manifestement essentielle dans la genèse des conceptions de Bertalanffy, qu'ils référaient à des catégories universelles.

Les artisans de langue allemande d'une science holistique hésitèrent de moins en moins dans l'entre-deux-guerres à investir leurs travaux de significations extra-scientifiques et à les connecter aux débats idéologiques en cours, cependant que les divers « critiques de la culture » et apôtres en tous genres d'une rupture avec l'ordre établi purent puiser dans cette science un vocabulaire, des images et une caution. La « totalité » en vint dans les années 1920 à déborder de toutes parts le cadre épistémologique pour assumer aussi le rôle d'une mythologie salvatrice permettant de s'orienter dans un monde déchiré, celui d'une sorte de guide pour la survie culturelle et politique. Il en fut ainsi en raison de l'ambition ouvertement réformiste, voire révolutionnaire, des holismes. De leur volonté de rupture avec une rationalité « mécaniciste » tenue pour le fer de lance d'une « civilisation de la machine » dont il importait de s'émanciper. Mais aussi parce que la « totalité » apparaissait comme un nouvel horizon guidant la science hors de l'« obscurité » du passé, dont les traits essentiels entraient aisément en résonance avec les impératifs culturels contemporains. Enfin et peut-être surtout, parce que c'est dans ces sciences de la « vie » que sont la biologie et la psychologie que la pensée holistique trouvait principalement son assise. Pour nombre de ses artisans scientifiques comme pour ceux qui se limitaient à s'en servir idéologiquement, le holisme avait une mission éminente dans le contexte de crise profonde consécutif à la guerre : il ne devait pas se limiter à offrir une vision plus authentique de la « vie » (biologique, psychologique et culturelle), mais contribuer à l'édification du futur de l'Allemagne. Il en vint dès lors naturellement à parler avec des accents politiques. L'historienne des idées Anne Harrington, qui a bien analysé ce phénomène, a probablement eu raison d'écrire que « le 'contenu' conceptuel de la science holistique était aussi son 'contexte' culturel »¹ : un arrière-plan axiologique et de plus en plus fréquemment idéologico-politique autour dans les années 1920 et 1930 est inmanquablement perceptible dans toute la littérature scientifique d'inspiration holistique, y jouant un rôle non négligeable dans la manière d'avancer les arguments de type épistémologique voire strictement scientifique, et de leur donner force ; et il semble réciproquement bien difficile de trouver à l'époque des discours idéologiques dépourvus de recours au réservoir de métaphores que les holismes mettaient à leur disposition.

Ainsi Krüger ne cachait-il pas que le développement de sa « psychologie de la totalité » visait non seulement à résoudre des problèmes scientifiques, mais aussi des questions « que la vie elle-même » posait alors « avec une urgence plus que théorique ». La science avait selon lui vocation à contribuer à restaurer l'unité et la « totalité » à tous les niveaux de la « vie », de remédier à la dislocation psychologique, sociale et culturelle :

Les circonstances de la dislocation sont les suivantes : le vivant s'est déformé [*entformt*] ; il menace de dépérir [*verfallen*], parce que certaines de ses parties s'étranglent les unes les autres et se distinguent hors de la formation holistique [*ganzheitlich*] dans laquelle elles s'insèrent comme membres. C'est le fondement typique des crises mortelles du culturel, du social et du personnel [...] Mais plus grand est le danger, plus nécessaires sont les puissances de l'ordre, de la symbolisation, de la direction spirituelle [*geistigen Führung*]. Et plus résolument elles doivent [...] s'orienter vers la source de la singularité de tout être vivant aussi bien que de toute communauté d'êtres : le holistique [*das Ganzheitliche*], qui exige une forme intérieure².

Se laisse déjà percevoir ici le principal lieu où s'effectuait la connexion entre discours scientifiques d'inspiration holistique et discours idéologico-politiques d'inclination totalitaire : le transfert aux faits sociaux, *via* les concepts de « communauté » et de « totalité supra-individuelle », des principes holistiques développés dans le cadre de sciences comme la biologie et la psychologie, en particulier celui de la « domination du tout sur ses parties », à des structures sociales ainsi dé-historicisées et apprêtées pour une naturalisation en général biologiciste. L'insistance récurrente dès les années 1910 sur l'idée que le développement psychologique de l'individu est déterminé par la « communauté » et la « culture », centrale dans la « psychologie de la communauté » de Krüger, joua ici un rôle clef.

¹ Harrington A. (1996), p. xxiii. Voir aussi pp. xviii-xx.

² Krüger F. (1932, 1953), p. 172 et p. 176. Voir aussi Geuter U. (1994), p. 202.

Il en va de même de l'opposition entre « forme » ou *Gestalt* d'une part et chaos d'autre part. Tandis que la « totalité » et l'« organique » s'opposaient au pseudo-ordre artificiel incarné par la « machine », la *Gestalt* s'opposait au pur non-ordre. Et ce, en liaison étroite avec le rejet de l'image physicaliste propagée à la fin du XIX^e siècle d'un monde soi-disant promis à la mort thermique, donc au chaos absolu, par le second principe de la thermodynamique. Les transitions entre chaos cosmique et chaos politique étaient des plus tentantes à l'issue de la guerre, le concept de *Gestalt* ne pouvant qu'avoir des significations qui dépassaient son contenu scientifique : Uexküll, qui put comparer la démocratie à un « cancer », écrivit par exemple en 1920 qu'avec la jeune République de Weimar « le monde idéal des matérialistes, le Chaos, s'était incarné dans l'État ». Nous verrons d'ailleurs Houston S. Chamberlain, qui fut à la fois un proche ami de Uexküll et un inspirateur majeur des idéologues national-socialistes, développer dès la fin du XIX^e siècle sa doctrine de « l'intégrité de la race » sur la base d'une réinterprétation du concept goethéen de *Gestalt*¹.

1-5-2 – *La conjonction des holismes et des « philosophies de la vie » dans l'idéologie totalitaire*

L'instrumentalisation du discours holistique au service du national-socialisme, phénomène incontournable dans l'histoire du projet bertalanffien, fut rendue possible par la conjonction de ce discours avec certains thèmes caractéristiques des « philosophies de la vie » contemporaines dans un contexte où, comme l'a décrit Arendt, régnait un profond dégoût d'une « société saturée par l'idéologie et la morale bourgeoises », avec ce que celles-ci impliquaient d'humanisme hypocrite, d'individualisme forcené et de confusion entre culture et philistinisme, sans oublier une écœurante instrumentalisation des institutions politiques masquant des intérêts privés. Un dégoût propice à l'expression des « instincts anti-humanistes, anti-libéraux, anti-individualistes et anti-culturels », qui nourrissait en fin de compte un « désir de voir périr tout cet univers de fausse sécurité, de fausse culture, de fausse vie »².

Marcuse jugea non sans raison en 1934 que la précédente décennie avait vu en Allemagne aboutir un combat commencé bien avant la première guerre mondiale par une « mise en question philosophique et scientifique du rationalisme, de l'individualisme et du matérialisme du XIX^e siècle », qui s'était déjà traduite par une hostilité déclarée à l'« emprise de la technique sur la vie » et un mépris du bourgeois. Après-guerre, cette mise en question et cette hostilité débordèrent le cercle des « mandarins » dont a parlé Ringer. Elles prirent des accents sensiblement différents, découvrant alors selon Marcuse leur « vocation politique et sociale » pour donner naissance à une idéologie qui s'imposa dans les années 1920, qu'il a appelée le « réalisme héroïco-populaire » [*heroisch-völkisch Realismus*]³. Ernst Krieck, l'un de ses théoriciens majeurs, en résuma ainsi l'inspiration de manière saisissante, illustrant bien par-là même son appropriation de la rhétorique holiste :

Le sang se révolte contre l'entendement formel [...], la race contre les fins rationnelles, l'honneur contre le profit, la dépendance contre l'arbitraire affublé du nom de « liberté », la totalité organique contre l'éparpillement individualiste, le goût du combat contre la sécurité bourgeoise, la politique contre le primat de l'économie, l'État contre la société, le peuple contre l'individu et la masse⁴.

Il s'agira ici de considérer la manière dont holismes et « philosophies de la vie » se connectèrent avec cette idéologie, puis l'attitude souvent servile des promoteurs d'une science holistique vis-à-vis du national-socialisme, auquel elle put servir de caution.

1-5-2-1 – *Concept holistique de « communauté du peuple » et « réalisme héroïco-populaire »*

L'idéologie « *völkisch* » soutenait un irrationalisme naturaliste, assimilant la vie à un « réservoir inépuisable pour toutes les forces irrationnelles » qui devrait être libéré de l'emprise d'une

¹ Harrington A. (1996), pp. 105-107 et p. 58. Sur cette doctrine, voir plus loin.

² Arendt H. (1951, 1972a), pp. 29-66.

³ Marcuse H. (1934, 1970), pp. 61-83..

⁴ Krieck E., in *op. cit.*, p. 61.

raison contraignante et de la société rationnellement structurée supposée l'incarner¹. Elle transposait sur le plan politique les dichotomies à la mode entre inorganique et organique, physique et psychologique, mécanique et vivant, s'articulant essentiellement autour de celles entre « société » et « communauté », « masse » et « peuple ». Son concept central de « communauté du peuple » [*Volksgemeinschaft*] exprimait le rejet radical d'un État fondé sur la fiction d'un soi-disant contrat social entre individus librement associés et la volonté contraire de fonder l'État sur une unité « naturelle », biologiquement comprise. Le terme « communauté » référait à l'unité, à la force, à la puissance et à la fermeture intérieure, à tout ce dont la République de Weimar semblait dépourvue ; et la « communauté du peuple » était dès lors opposée à la démocratie comme le bien et la vie au mal et à la mort, comme un ordre organique, spontané, naturel et créateur à un ordre « mécanique », rigide, artificiel et destructeur². Par opposition à la « masse » amorphe, résultat d'une dissolution des liens sociaux induite par un développement technologique et économique trop rapide et brutal, le « peuple » était conçu comme une essence intemporelle³, une unité vivante, un « organisme » ; la philosophie spenglerienne trouvait ici son écho idéologique :

Le peuple est une essence, pas un concept. Il est une réalité spirituelle sensible. Il est non une réalité en tant qu'être mort, invariable, mais en tant qu'unité vivante qui possède en elle-même ses lois⁴.

Le peuple est également un organisme qui, en tant qu'organisme, est autant animé d'une pulsion de vie que tout individu⁵.

Spann a bien exprimé le caractère mystique de la « communauté du peuple », supposée constituer une « totalité » que seuls quelques uns voire un seul, le *Führer* appelé à la mettre en mouvement, étaient censés capables de percevoir en tant que telle :

On ne peut jamais la toucher du doigt ni la voir avec les yeux du corps. La concentration et le recueillement de l'esprit sont nécessaires pour l'apercevoir avec les yeux intérieurs⁶.

C'est en tant que communauté de sang et de sol que se comprenait le caractère « naturel » de cette « totalité » qui, dans les termes mêmes de Krüger, serait « plus que la somme des êtres individuels »⁷. Lui et Saller, l'un de ses disciples, illustrent clairement la manière dont la rhétorique holistique se connectait ainsi au racisme et à l'idéologie totalitaire :

[Chaque individu] doit s'abandonner à des tâches communes avec ses voisins dans une solidarité intime, avec foi ; [il doit] être préparé au sacrifice, à la souffrance et, s'il doit en être ainsi, à combattre avec obéissance pour une totalité *supra-individuelle*. Beaucoup brûlent désormais de faire partie d'un nouvel et indiscutable mouvement sous la direction d'un véritable commandement⁸.

Peuple et race : la vie de chacun s'enracine en eux et les sert, en provient et veut devenir en eux réalité. La vie coule du peuple et de la race dans l'individu afin de se réaliser à nouveau dans le peuple et la race et, par la vie en commun avec les autres, former la vie d'une totalité, son harmonie et sa continuation [...] Chacun doit s'acquitter, à la place qui lui revient, de sa tâche particulière. Du fait que pas un individu ni un travail individuel n'est imaginable sans communauté ou hors d'une communauté, il s'ensuit que tout travail de l'individu n'est pas tant un droit qu'un devoir⁹.

Krieck souligna tout aussi clairement cette disparition de l'individu impliquée dans le concept de « communauté du peuple » :

Le tout est donné dans sa structure organique comme premier : les membres sont au service de ce tout à qui ils sont subordonnés comme à une loi, mais ils le servent selon leur loi propre [...] et leur

¹ *op. cit.*, p. 63.

² Geuter U. (1994), p. 203, p. 208 et p. 212.

³ Il s'agit là d'une différence essentielle avec le marxisme.

⁴ Stapel W. (1929), in Sontheimer K. (1962, 1964), p. 76.

⁵ Saller K. (1934), in Massin B. (1993), p. 253.

⁶ Spann O., in Marcuse H. (1934, 1970), p. 65.

⁷ Krüger F. (1932), in Geuter U. (1994), p. 210.

⁸ Krüger F. (1932), *op. cit.*

⁹ Saller K. (1934), cité par Massin B. (1993), p. 253.

vocation personnelle, leur personnalité, prend son sens en même temps que leur degré de participation au tout¹.

Mais c'est encore Krüger qui explicita le mieux l'enracinement de ce holisme dans la situation sociale, politique et économique issue de la défaite de 1918, ainsi que la manière dont il se transporta de la philosophie et des sciences vers une exigence politique marquée le ressentiment, le racisme et les velléités expansionnistes :

À l'intérieur de leurs frontières sévèrement contestées à travers les âges et récemment mutilées une fois encore, les Allemands peuvent au moins se rassurer entre eux avec tout ce qui s'est passé, étant données les blessures ouvertes que portent chaque adulte et leur corps collectif [...] C'est devenu un problème pressant pour eux de savoir comment l'individu et les communautés auxquelles il appartient peuvent rester entières ou gagner une stabilité nouvelle [...] Depuis la guerre, tourmentés par le désastre, ils ont été pillés et maltraités pire que du bétail. Ceci leur a finalement réouvert leurs yeux [...] À moins que l'on n'ouvre la voie pour une réforme de sa tête et de ses membres, comme celle désormais requise pour l'existence humaine, l'Occident retournera au chaos et les races les moins nobles prendront le dessus. Il doit être réformé en faisant table rase [...] Le peuple de Maître Eckart, Luther et Johann-Sébastien Bach devra œuvrer à cette formation d'une totalité².

Le national-socialisme concrétisa aussi scrupuleusement que possible ces conceptions. Il fascina la « masse » en lui promettant de lui donner « forme », faisant miroiter aux individus isolés le mirage de la « communauté du peuple » qui leur donnerait un sens. Hitler et son parti l'organisèrent et la mirent en mouvement dans la direction supposée assignée à la « race supérieure » : la domination du monde. Mise en mouvement qui n'avait d'autre logique en fait que de se reproduire avec toujours plus d'intensité, d'asservir toute réalité à son dynamisme et à sa direction, de la nier et de s'y substituer même. Et qui aboutit ainsi au règne totalitaire, où rien n'avait plus de sens hors de l'organisation dont ce règne procédait, et dans lequel toute individualité était radicalement annihilée³. L'« État total » théorisé par Schmitt, tenu pour la « forme extérieure » de la « communauté du peuple », l'expression de sa « volonté vivante »⁴, devint alors une réalité. Et les nazis purent bientôt légitimement proclamer :

La seule personne qui soit encore un individu privé en Allemagne, c'est celui qui dort⁵.

1-5-2-2 – *La science holistique et le cautionnement du totalitarisme national-socialiste*

Après la seconde guerre mondiale, l'accusation a souvent été portée contre les holismes en général et contre leurs formes organicistes en particulier d'avoir, par leur couplage avec les « philosophies de la vie », affaibli la capacité des intellectuels à se mobiliser pour la défense de la raison et des droits de l'individu. Ils auraient rendu ces intellectuels non seulement réceptifs à l'idéologie national-socialiste, mais prompts à lui apporter leur caution ; de sorte qu'ils pourraient à bon droit être tenus pour partiellement responsables de l'avènement du régime totalitaire, démontrant ainsi leur caractère foncièrement délétère⁶.

Il est certes vrai que la rhétorique holiste fut surexploitée en ce sens au cours des années et surtout des mois qui précédèrent la prise de pouvoir par Hitler (janvier 1933). 1932 fut « l'année Goethe ». La commémoration du centenaire de la mort du « père » de la morphologie occasionna un intense tapage publicitaire et journalistique, alors même que ses vues holistiques étaient réhabilitées en biologie, en psychologie et dans les « sciences de la culture ». Son nom et son œuvre furent intimement associés à la promesse d'une résurrection de l'Allemagne. Au moment même où Hitler se présentait comme la solution à cet égard, nombre d'intellectuels laissèrent entendre qu'une coïncidence était possible entre l'Allemagne de Goethe et celle qu'il promettait, certains apportant leur concours à la défense du « principe du guide » [*Führerprinzip*]⁷. Rares furent alors ceux qui, tels Kraus en Autriche, dénoncèrent cette exploitation qui concernait autant Nietzsche que Goethe, et « les

¹ Krieck E., in Marcuse H. (1934, 1970), p. 79.

² Krüger F. (1932, 1953), p. 176.

³ Arendt H. (1951, 1972a), pp. 67-149.

⁴ Sontheimer K. (1962, 1964), p. 267.

⁵ Ley R., in Arendt H. (1951, 1972a), p. 66.

⁶ Geuter U. (1994), p. 198 et Wise N.W. (1994), p. 244. Voir aussi, avant même la fin de la guerre, Hayek F. von (1944, 1993).

⁷ Weinhandl F. (1931), pp. 211-212. Bouveresse J., in Kraus K. (1933, 2005), pp. 106-107, pp. 119-121 et pp. 140-141.

hommes de main qui [faisaient] dans la transcendance et propos[ai]ent dans les universités et les revues de faire de la philosophie allemande une école préparatoire aux idées d'Hitler »¹.

Il n'en demeure pas moins réducteur, voire caricatural, d'effectuer une connexion nécessaire et de type causal entre pensée holistique et avènement du national-socialisme. Et les relations problématiques de Bertalanffy (comme d'autres promoteurs d'une science holistique) avec ce dernier ne peuvent être rendues intelligibles que si l'on veut bien considérer objectivement les motifs et la véritable nature de cette connexion.

En évoquant l'idéologie de « mandarins » à la suite de Ringer, j'ai déjà discuté au 1-1-2 la prégnance des schèmes anti-modernistes, anti-libéraux et anti-démocratiques dans le monde académique au cours des quatre décennies précédant le III^e Reich. Et en dépit des relations intimes et historiques entre idéal de la *Bildung* et holismes, ce que j'ai dit à ce sujet suffit à montrer que ces derniers ne jouèrent au mieux qu'un rôle subalterne dans l'émergence et l'affirmation des schèmes en question. S'il faut trouver une explication au ralliement ou à la complaisance d'une partie importante des universitaires allemands et autrichiens vis-à-vis du régime national-socialiste, c'est non pas vers les holismes ou même vers les « philosophies de la vie » en tant que tels qu'il faut se tourner, mais bien vers l'idéologie de « mandarins » dans son ensemble, en conjonction avec le contexte désastreux dans lequel elle se développa.

Comme Jacques Bouveresse l'a pointé avec justesse, l'habileté du nazisme fut de prendre les intellectuels par un point faible : il exploita sans vergogne le ressentiment que la plupart nourrissaient contre les valeurs et les entreprises de la « civilisation » (par opposition à la « culture »), leur faisant miroiter la perspective d'une résurrection spirituelle². Qu'ils soient allemands ou autrichiens, l'attitude majoritaire des universitaires avait été jusqu'à la fin de la première guerre ce que l'on peut décrire tantôt comme un idéalisme a-politique, tantôt comme un conservatisme invétéré : l'essentiel était pour la plupart d'entre eux que leur statut de « gardiens spirituels » ne fût pas entamé. Lorsqu'advint la République de Weimar et jusqu'en 1932, ils se partagèrent grossièrement en deux camps très dissymétriques en importance : une petite minorité de modernistes qui soutenaient la République et les démocrates bien que bon nombre d'entre eux n'étaient guère en fait que des démocrates de raison et eussent à vrai dire préféré une monarchie parlementaire ; et une très large majorité de monarchistes de cœur, hostiles au régime républicain (tenu pour le point culminant de la décadence nationale) et aux partis libéraux, qui manifestaient leur sympathie pour le Parti national allemand (représentant pour l'essentiel les conservateurs et les pan-germanistes). Quant aux étudiants, ils épousèrent largement l'idéologie « *völkisch* », nombre d'entre eux ne cachant pas leurs sentiments anti-républicains, pan-germanistes et racistes. Les nazis n'éprouvèrent de ce fait aucune difficulté à prendre le contrôle de leurs organisations dès 1931. L'attitude des professeurs à l'égard de leurs étudiants fut d'ailleurs souvent d'une ambivalence très significative. D'un côté, bon nombre d'entre eux ne cachèrent pas leur sympathie pour ce radicalisme et purent parfois même le soutenir : ils en partageaient les valeurs et les motivations profondes. Mais d'un autre côté, ils désapprouvaient sa forme, trop « indisciplinée » à leur goût, et éprouvaient un certain effroi face au fanatisme et à la violence qu'ils voyaient se développer. En réalité, on peinerait à trouver un universitaire éprouvant la moindre sympathie pour les démagogues extrémistes : ces derniers étaient au contraire méprisés et même ceux que l'on peut à la suite Ringer qualifier de « mandarins » cherchaient en fait à opposer à leur grossièreté et à leur brutalité leur propre sens de la culture et de son salut. Mais précisément parce que ces « mandarins » et, plus généralement, les universitaires se prononçant sur la question ne parlaient (sciemment ou non) que pour la minorité cultivée, ils apparurent hautains et décalés, les mises en garde faites par certains d'entre eux restant vaines, car totalement inadéquates.

Le résultat de ces ambivalences fut une faible résistance à la « mise au pas » [*Gleichschaltung*] des universités imposée par Hitler. Il n'y eut à quelques exceptions près que deux attitudes³ : une neutralité passive disposée aux compromis ; et un engagement actif disposé à toutes les compromissions, en général moins enraciné dans une adhésion au national-socialisme que dans le souci de satisfaire des intérêts personnels. Kraus fut des plus perspicaces lorsqu'il fustigea dès la fin

¹ Kraus K. (1933, 2005), p. 238.

² Bouveresse J., in Kraus K. (1933, 2005), p. 126.

³ Ringer F. (1968, 1990), pp. 200-215, 250-251 et 439-440. Olf-Nathan J. (1993), pp. 20-21. Geuter U. (1994), p. 203. Szöllösi-Janze M. (2001), p. 44.

1932 « les gérants de la culture qui laissent de côté tout ce qui ne les concerne pas de près pour ne pas mettre leur cause en péril et qui, quand cela les concerne, ont une attitude passive, attendant que tout se termine quand même bien »¹.

Dans ces conditions, au lieu de chercher un déterminisme quelconque entre modes holistiques de pensée et avènement du totalitarisme national-socialiste, et d'interpréter comme sa conséquence naturelle les soutiens que les avocats des premiers purent apporter au second, il semble plus correct d'admettre que : (1) le contexte sociologique et culturel contemporain de l'Allemagne et de l'Autriche, très spécifique, prédisposait les holismes à « parler » avec des accents conservateurs et anti-démocratiques, et qu'il put fournir à leurs tenants les moyens de justifier la conformité idéologique de leurs travaux, servant ainsi leurs intérêts ; que (2) le problème à cet égard tient en fait à la volonté quasi-systématique des scientifiques concernés dans ce contexte de donner une résonance culturelle à leurs travaux ; et qu'une telle résonance était effectivement relativement aisée à établir avec les holismes, qui offraient en particulier un fond de métaphores facilement malléables pour les besoins d'une pensée totalitaire ; et que (3) la logique holistique est toutefois en principe susceptible d'être mise au service d'idéologies diverses et contradictoires, et qu'elle fut d'ailleurs effectivement utilisée par certains des représentants les plus distingués d'une science holistique *contre* l'idéologie et le régime totalitaires. Avant de considérer les contributions de holistes notoires à ces derniers, dont celles de Bertalanffy, il importe ici de commencer par insister sur ce dernier point.

Driesch fut souvent loué par les promoteurs holistes du national-socialisme comme l'un des instigateurs majeurs de la « nouvelle ère » de la « totalité allemande », même par ceux qui rejetaient son vitalisme métaphysique. Meyer-Abich put écrire que la pensée holistique se tenait « sur les épaules de son vitalisme »². Son concept d'entéléchie fut largement exploité dans l'idéologie « *völkisch* » aux côtés de la morphologie spenglerienne, au service de la vision d'une « communauté du peuple » en tant que totalité biologique animée par une « âme » propre et un destin immanent. Or, l'ironie est que cette exploitation était contraire de ses propres positions idéologiques, que Driesch défendit d'ailleurs au prix de sa mise à la retraite forcée une fois Hitler parvenu au pouvoir – il fut même l'un des premiers universitaires non-Juifs dans ce cas. En effet, Driesch cherchait en fait à mettre son holisme vitaliste au service d'une politique pacifiste, démocratique et cosmopolite, s'élevant avec vigueur dans les dernières années de la République de Weimar contre les thèses nationalistes et racistes, et contre les conceptions organicistes de l'État. Il considérait qu'aucun État ne peut être considéré comme un véritable tout organique, dans la mesure où il ne possède pas d'entéléchie créatrice autonome³ ; ce n'est que relativement à la seule humanité dans son ensemble qu'une telle transposition pourrait éventuellement avoir quelque pertinence :

Qu'elle puisse créer des États permet de faire en un certain sens de l'humanité en tant que tout un « organisme » ; néanmoins, les États empiriques individuels tiennent dans leur essence logique bien plus des montagnes que d'une formation particulière dans le contexte organique⁴.

Des échos d'une opposition holiste au totalitarisme se retrouvent dans la psychologie autrichienne contemporaine. Wilhelm Reich utilisa ainsi en 1933 la rhétorique anti-mécaniciste pour la retourner contre le fascisme. Celui-ci, loin d'exprimer politiquement la « totalité », ne serait autre que le point culminant du culte moderne de la « Machine » ; le fasciste, transformé en machine étrangère à tous ses instincts biologiques authentiques (donc à ses véritables traits holistiques), serait pour cette raison même capable d'« assassinats mécaniques » :

Ce que l'on appelle l'homme civilisé est en fait angulaire, machinal, sans spontanéité ; il est devenu un automate et une « machine cérébrale ». Non seulement l'homme croit qu'il fonctionne comme une machine, il en est effectivement venu à fonctionner comme une machine⁵.

Le cas d'opposition le plus emblématique est toutefois, compte tenu de leur rôle dans la promotion d'une science holistique, celui des principaux psychologues de la *Gestalt*. C'étaient des démocrates, certes à des nuances significatives près : certains, comme Koffka et Lewin, étaient des

¹ Kraus K. (1933, 2005), p. 280.

² Meyer-Abich A. (1935), p. 28 ; Harrington A. (1996), p. 190.

³ Harrington A. (1996), p. 61 et pp. 190-191.

⁴ Driesch H. (1921), in *op. cit.*, p. 232.

⁵ Reich W. (1933), in *op. cit.*, p. 189.

sociaux-démocrates progressistes ayant des sympathies pour l'Union Soviétique sans pour autant adhérer au communisme ; d'autres comme Köhler restaient sensiblement attachés aux valeurs que Ringer a décrites comme « mandarinales »¹. À l'opposé de l'instrumentalisation de Goethe à l'œuvre dans l'idéologie « *völkisch* », Wertheimer considérait la pensée « *gestaltiste* » comme un véhicule essentiel de la compréhension et de la réalisation de l'idéal démocratique, et comme le meilleur antidote contre la démagogie, la haine raciale et le national-socialisme, fruits à ses yeux d'une pensée « fragmentaire » ; il opposa par exemple au mépris répandu du principe de majorité qu'il ne pouvait être compris que « par le rôle qu'il joue dans la structure hiérarchique du tout [social] »². Köhler doit quant à lui être mentionné ici comme ayant été, avant d'être contraint à l'émigration, l'un des rares universitaires à avoir eu le courage de protester publiquement (par voie de presse) au cours des premiers mois de 1933 (une période où c'était encore possible) contre « l'ordre nouveau » que les nazis imposaient alors – notamment la « mise au pas » impliquant que les universitaires Juifs soient démis de leurs fonctions (Wertheimer et Lewin en étaient)³.

Ces cas, importants par principe, ne doivent bien sûr pas conduire à minimiser l'intimité des liens entretenus par d'autres scientifiques holistes avec le national-socialisme. Notons d'abord que les idéologues de ce dernier, à commencer par Hitler lui-même dès *Mein Kampf*, utilisèrent abondamment la rhétorique holiste, qui leur permettait d'opposer radicalement l'éthique individualiste et celle de la « communauté du peuple », l'État démocratique en tant que « mécanisme mort n'existant que pour son propre salut » et l'État national-socialiste en tant qu'« organisme vivant voué au but exclusif de servir une idée supérieure »⁴. Dès janvier 1933, un cadre éminent du N.S.D.A.P. put ainsi insister sur la prise en compte national-socialiste des « dépendances organiques et corporelles de l'existence », donc « la reconnaissance de la vie dans son caractère de totalité », et affirmer :

La conception national-socialiste de l'État et de la culture est celle d'un tout organique. Comme tel, l'État *völkisch* est plus que la somme de ses parties et ce parce que ces parties, appelées individus, sont ajustées ensemble pour former une unité supérieure dans laquelle elles deviennent à leur tour capable d'une réalisation supérieure de la vie tout en jouissant d'un sens accru de la sécurité. L'individu est lié à cette sorte de liberté par l'accomplissement de son devoir au service du tout⁵.

Les intellectuels holistes peu enclins à épouser l'idéal démocratique purent dès lors sans difficulté percevoir dans l'avènement du national-socialisme une opportunité. Leurs schèmes conceptuels semblaient promis avec lui à s'ériger en pivots d'une révolution spirituelle et politique avant même que toute la mesure de leur pertinence ait été établie et reconnue du point de vue strictement scientifique. D'hétérodoxes, à caractère souvent essentiellement théoriques et par nécessité en quête perpétuelle de justifications (une quête dont les fréquentes considérations épistémologiques sont un indice tangible), leurs travaux apparaissaient désormais non seulement pionniers, mais incarnés dans la « vie » et sanctifiés par l'idéologie. De surcroît, au moins tant que les nazis y virent une ressource utile à des fins idéologiques – ce qui, j'y reviendrai à la fin de ce chapitre, ne fut pas durablement le cas – cette promotion semblait en promettre une autre, institutionnelle : nombre des artisans d'une science holistique, loin d'être dans la position de Köhler (directeur de département), ne jouissaient pas d'une position académique confortable, certains comme Bertalanffy devant même au contraire lutter pour leur survie – au sens littéral et non seulement académique. Compte tenu de ces conditions, il n'y a rien de très surprenant à les voir se succéder pour se féliciter de la prise de pouvoir par Hitler et pour rivaliser d'emphase dans son cautionnement.

Spengler, dont les thèses et le vocabulaire furent surexploités par les nazis, affirma ainsi en 1933 que « personne ne pouvait désirer plus que lui le bouleversement national » qui venait d'avoir lieu⁶. Les « psychologues de la totalité », qui avaient fait de la vigueur et de l'unité de la « communauté du peuple » une condition de la santé psychologique, ne furent pas en reste. Au congrès de 1933 de la Société allemande de psychologie, Krüger félicita Hitler, le qualifiant de « chancelier clairvoyant, courageux et d'une grande profondeur émotionnelle ». Lui et Sander louèrent dans le

¹ Ash M. (1995), p. 293. Harrington A. (1996), pp. 131-132.

² Harrington A. (1996), pp. 132-138.

³ Ash M. (1995), pp. 326-332.

⁴ Hitler A. (1926, 1934), principalement pp. 384-436 (le chapitre du second tome intitulé « L'État »).

⁵ Zimmermann K. (1933), in Bäumer A. (1990), pp. 114-115.

⁶ Spengler O. (1933), in Kraus K. (1933, 2005), p. 245.

national-socialisme la reconnaissance du « peuple » en tant que « totalité organique de caractère racial déterminé », le second allant jusqu'à écrire :

La totalité et la *Gestalt*, idées directrices du mouvement allemand [i.e. du nazisme] sont devenus des concepts centraux de la psychologie allemande [...] La psychologie allemande contemporaine et la vision national-socialiste du monde sont toutes deux orientées vers le même but : le dépassement des formes atomistiques et mécanicistes de pensée, ici par l'ordonnement de la vie *völkisch*, là par l'étude de la réalité psychologique, et toujours au moyen d'une pensée organique [...] La psychologie scientifique a de la sorte vocation à devenir simultanément un outil utile pour l'actualisation des buts du national-socialisme¹.

Mais parmi les scientifiques holistes, c'est chez les biologistes que l'on trouve les soutiens les plus massifs. Meyer-Abich et Bernhard Dürken exultèrent en ces termes :

La totalité a cessé d'être un principe obscur et irrecevable, elle est devenue un phénomène naturel universel comme la gravitation ou le quantum d'action².

Nous vivons actuellement une révolution spirituelle d'ampleur considérable, qui concerne aussi la biologie ; son pivot s'appelle la totalité³.

Le botaniste Ernst H. Lehmann, fondateur en 1931 et éditeur de la revue officielle des biologistes nazis *Der Biologe*, assignait quant à lui un sens holistique profond, à caractère cosmologique, à la convergence du national-socialisme et de la biologie :

C'est seulement par une réinscription de l'Homme dans le Tout de la nature que notre peuple peut regagner sa vigueur. Tel est le sens le plus profond des tâches de la biologie contemporaine. Ce n'est pas l'Homme seul qui se trouve au cœur de la pensée, mais la Vie comme Tout, telle qu'elle se manifeste dans tous les êtres vivants sur Terre [...] Mais cette tendance à la mise en relation avec l'ensemble de la vie, avec la nature en général, est aussi pour autant que je la comprends le sens le plus profond et l'essence propre de la pensée national-socialiste⁴.

C'est justement dans *Der Biologe* qu'Alverdes, qui mentionna ici Bertalanffy en première ligne, souligna en 1937 combien « le point de vue holistique en biologie » et « l'anthropologie *völkisch-politique* » telle qu'exprimée typiquement par Krieck se rejoignaient en profondeur :

Ne dites à personne que l'idéologique [*Weltanschauliches*] ne concerne pas les biologistes ; qui pense ainsi se coupe des événements contemporains. Les exposés de Krieck s'accordent très largement avec les tendances parentes de l'organicisme et du holisme en biologie et en médecine, avec le point de vue holistique et la biologie de la totalité [*mit der Ganzheitsbetrachtung und der Ganzheitsbiologie*], par quoi je réfère parmi les auteurs de langue allemande aux travaux de von Bertalanffy, Böker, Dürken, Köttschau, Meyer-Abich et moi-même [...] Selon Krieck, la voie vers la compréhension du monde va nécessairement du haut vers le bas, du tout vers les parties : ceci correspond pleinement aux vues des auteurs mentionnés⁵.

Et Bertalanffy apporta sa propre pierre à cette litanie, lui aussi dans *Der Biologe*. Faisant référence à la conclusion de son essai de 1928 que j'ai citée à la fin de la précédente section, il en vint en ces termes à se féliciter, en 1941, de l'avènement du règne totalitaire :

Les termes dans lesquels j'ai conclu en 1928 ma « théorie critique de la morphogenèse » avec l'espoir qu'une conception biologique reconnaissant la totalité de la vie et du peuple succéderait à la conception atomistique de l'État et de la société, trouvent de nos jours leur pleine satisfaction⁶.

La signification de ce type d'engagement, non seulement chez Bertalanffy et les biologistes d'inspiration holiste, mais chez les biologistes en général, ne peut être précisément appréhendée sans considérer plus en détail les liens spécifiques entre sciences biologiques et idéologies. En particulier, ni l'orientation de Bertalanffy vers la biologie, ni ses travaux théoriques et les vocations qu'il leur assignait, ni son adhésion au N.S.D.A.P., ne pourraient sinon être correctement interprétés. Comme je

¹ Sander F. (1937), in Harrington A. (1996), p. 263. Voir aussi Geuter U. (1994), pp. 212-213 et Ash M. (1995), pp. 342-343.

² Meyer-Abich A., in Harrington A. (1996), p. 263.

³ Dürken B., in Harrington A. (1996), p. 263.

⁴ Lehmann E. (1934), in Bäumer A. (1990), p. 117.

⁵ Alverdes F. (1937), p. 49.

⁶ Bertalanffy L. von (1941d), p. 342.

vais le montrer, maintes réflexions critiques sur ces liens, qui récusait largement l'exploitation idéologique de la biologie contemporaine, se trouvent en effet dans ses travaux antérieurs à 1933 ; leur prise en compte permet de dégager une vision équilibrée de son attitude sous le III^e Reich et de comprendre son insistance sur l'importance et les modalités nécessaires d'une biologie théorique.

1-5-3 – *Biologie, holisme et idéologies*

Il est remarquable que l'idéologisation du holisme dans cette période, même chez des non biologistes comme Spengler, Krüger et Spann, eut toujours en arrière-plan des schèmes *lebensphilosophisch* et fut solidaire de métaphores biologiques. Si, pour reprendre l'expression de Simmel, la « vie » et la « totalité » étaient les « reines secrètes de l'époque », il revenait naturellement à la biologie, science de la vie, de la « totalité organique » et des « communautés » d'êtres vivants, d'y être sacrée « reine des sciences » en lieu et place de la physique. Ce qui signifiait en définitive qu'un rôle idéologique central devait lui être assigné. Le socialisme, l'eugénisme, le racisme, l'antisémitisme et le national-socialisme furent autant d'idéologies particulièrement vigoureuses dans ce contexte déchiré qui instrumentaliserent allègrement la biologie, ce qu'elles firent bien souvent en exploitant au premier chef les concepts holistiques qui y étaient développés.

1-5-3-1 – *Biologie, holisme et socialisme*

Si l'on fait abstraction de l'U.R.S.S., le socialisme est celle de ces idéologies qui s'illustra le moins significativement par son instrumentalisation de la biologie. Assez rares furent en fin de compte ses avocats enclins à utiliser cette science afin de soutenir leurs arguments (dans la mesure, tout au moins, où ils concernaient le socialisme en tant tel). Une raison majeure en est sans doute que l'opposition historiciste aux approches naturalistes de la société était théoriquement et historiquement constitutive de leurs positions. C'est probablement pour la même raison aussi qu'on ne trouve guère de traces de l'exploitation de travaux scientifiques d'orientation holistique aux fins d'une légitimation de l'organisation collectiviste de la société. Goldstein, par exemple, eut beau être tout à la fois un représentant majeur de la médecine holistique et un membre actif du parti socialiste (ce qui lui valut la prison et la contrainte à l'émigration)¹, il ne semble pas avoir connecté ces deux aspects dans ses écrits. Il y a toutefois de notables exceptions, en Allemagne et dans le monde anglo-saxon.

Une première est le cas de Schaxel. Il adhéra ouvertement au marxisme et fut d'ailleurs démis de ses fonctions pour cette raison en 1933 ; il quitta alors l'Allemagne pour rejoindre l'U.R.S.S., où il devint membre de l'académie des sciences – l'ironie étant qu'il fut victime d'une purge stalinienne en 1937 et mourut six ans plus tard dans d'obscures conditions². Un article qu'il publia en 1930 illustre bien sa manière d'enrôler la biologie au service de ses idéaux socio-politiques. Introduit par un résumé de la « dialectique de la nature » d'Engels, il était fondé sur le constat justifié selon lequel « jamais le biologiste ne rencontre d'individualité fermée, rigide, catégorique » dans ses recherches. Schaxel, soulignant sa relativité, avançait une vision héraclitéenne de l'individu que nous retrouverons quasiment à l'identique chez Bertalanffy lorsqu'il sera question au 2-3 de sa biologie « organismique » :

Le flux de la vie se meut dans les formes organiques [... et] l'individu n'est souvent seulement qu'une coupe artificielle opérée dans le processus des formes [...]. Composé de parties, il n'est lui-même qu'une partie d'un ensemble supérieur. On le trouve toujours relatif et jamais absolu. Il est à tous égards un état transitoire dans le processus vital³.

Schaxel cherchait par là-même à montrer que le concept d'individualité est source de difficultés en biologie. Mais son but était tout autant de montrer que ce concept est essentiellement une expression des intérêts de classe « bourgeois », qu'il aurait donc une fonction essentiellement idéologique, et qu'en introduisant toute une série de « faux-problèmes », il empêcherait d'accéder tant à une compréhension correcte de la nature, c'est-à-dire de type holistique, qu'aux leçons pouvant en être tirées en matière de philosophie sociale et politique. La démystification empirique du concept

¹ Harrington A. (1996), p. 164.

² Deichmann U. & Müller-Hill B. (1994), p. 164. Lehmann E. (1936), p. 160. Bendmann A. (1967), pp. 17-18.

³ Schaxel J. (1930), pp. 469, 487 et 492.

d'individualité signifiait en définitive pour Schaxel rien moins que celle de l'idéologie « bourgeoise » :

C'est seulement la spéculation métaphysique qui a distingué l'individu absolu, indivisible et isolé, l'*atome* [...] L'individualité est un problème qui ne se pose vraiment que dans la société bourgeoise, et elle y est même devenue de plus en plus problématique. Ce problème y est toujours « posé », mais jamais « résolu ». Le dépassement de l'individualité dans la totalité [*Totalität*], l'indivisibilité de la totalité [*Ganzheit*], déplace l'individu par là-même mystérieux dans le domaine d'un En-soi imaginaire, [cependant qu'une] strate sociale contrainte à la défensive érige la dictature idéologique qui veut interdire l'accès empirique [à cette totalité] [...] Le concept catégorique d'individu, qui constitue un obstacle à la compréhension biologique, est issu de l'être social d'une époque. Avec la fin de cette époque, les faits brisent les frontières artificielles¹.

Le darwinisme, dont Schaxel ne fut pas par hasard l'un des critiques les plus acérés, se trouvait là en ligne de mire. Toute la biologie tendrait vers une image radicalement opposée à celle d'un sanglant « combat pour l'existence » des individus ; elle révélerait au contraire une « progression dialectique des liens sociaux » qui, partant des phénomènes de symbiose, aboutit aux communautés humaines organisées. Les traits holistiques de la biocénologie étaient ici clairement mis au service des valeurs collectivistes du socialisme :

Darwin insistait surtout sur la concurrence, le combat pour l'existence de tous contre tous. Il s'accordait par là-même au mode de pensée de sa société, avec ses traits individualistes. Mais en conséquence du développement de la société humaine, la signification de la coopération a été depuis de plus en plus reconnue [...] Les relations parasitiques ou symbiotiques ne représentent guère que les prémisses d'une valeur sociale. Seule la conservation des membres par l'ensemble, la réunion de compagnons dépendants les uns des autres, garantit le soutien réciproque, la division sociale du travail, la communauté. Lorsque les masses forment une telle communauté advient une nouvelle forme de vie. La quantité se transforme en qualité. Dans cette progression sociale advient le dépassement de l'individu dans le collectif [...] La société de classes, de combats, de guerres et de crises, constamment ébranlée et menacée, pointe elle-même toujours davantage vers l'avènement de la communauté humaine. Dans le collectif productif, l'individualité est socialement dépassée².

En Angleterre, Haldane puis Needham (lequel se référa d'ailleurs à Schaxel à cet égard³) n'hésitèrent pas eux non plus à mettre la biologie holistique au service de l'idéal socialiste, dont ils étaient de fervents promoteurs⁴. Que le second ait pris soin de répudier tout biologicisme – selon lui une perversion intellectuelle absurde soutenue par de « faux prophètes » qui fonctionnerait en fait toujours « au service de la classe dominante »⁵ – ne l'empêcha pas d'affirmer sans scrupules que « la transition de l'individualisme économique à la propriété collective des ressources productives du monde par l'humanité constitue un pas de nature similaire à la transition des protéines sans vie à la cellule vivante », et à écrire que

le 17^e siècle était une époque dans laquelle le système capitaliste de l'individualisme économique gagnait ses premières victoires décisives [...] L'analogie entre les marchands libres et les industriels d'une part, et le concours fortuit des atomes d'autre part, peut être explicitement trouvée dans les livres d'économie d'alors. Il est donc intéressant qu'à notre époque où l'économie capitaliste s'est transformée par un nouvel état de la société réclamant partout plus de contrôle social et d'organisation des affaires humaines, on redécouvre l'interprétation organiciste du monde dans laquelle, selon les termes de Whitehead, les monades « ne courent pas aveuglément » mais « en accord avec le tout dont ils font partie » [...] Il se pourrait que nous soyons au seuil d'une nouvelle ère qui durera peut-être des siècles, dans laquelle la conception organiciste du monde transformera la société, lui donnant une unité plus fraternelle et égalitaire que le féodalisme, et qui soit moins chaotique et auto-contradictoire que les siècles de l'atomisme capitaliste⁶.

¹ *op. cit.*, pp. 469 et 472.

² *op. cit.*, pp. 489 et 491.

³ Needham J. (1939, 1948), p. 113.

⁴ Werskey G. (1990).

⁵ Needham J. (1936, 1948) et (1939, 1948), p. 113.

⁶ Needham J. (1937, 1948), p. 235 et (1941, 1948), p. 186.

Mais les considérations sur les relations entre socialisme et biologie tournaient en fait moins à l'époque autour des pseudo-justifications du collectivisme que l'on retrouve tant chez Schaxel que Needham qu'autour des liens indéniables entretenus par le socialisme soviétique et le « lamarckisme ». La doctrine de l'hérédité des caractères acquis constituait alors un dogme en U.R.S.S., pour une raison qu'a très bien résumée Bertalanffy :

Le lamarckisme forme le fondement théorique des exigences socialistes. La raison en est que comme il attribue au milieu un rôle majeur dans le développement, il en résulte immédiatement qu'il doit être un but majeur de la politique d'améliorer autant que possible ce qui est en relation avec le milieu, en conséquence de quoi un développement supérieur doit s'ensuivre¹.

Et comme cet environnementalisme était en Occident tenu pour réfuté expérimentalement par les travaux de Weismann sur la « continuité du plasma germinatif »², les intellectuels aussi prompts à fournir les justifications « scientifiques » de l'eugénisme et leur caution au national-socialisme qu'à pourfendre les socialistes et leur « dogme de la valeur fondamentalement égale de tous les humains » eurent beau jeu d'exploiter cette faille³.

1-5-3-2 – *Biologie, holisme et eugénisme – Les positions critiques de Bertalanffy*

Le message des travaux de Weismann et de la théorie génétique de l'hérédité qui les suivit était que ce sont les dispositions internes à l'embryon et non le milieu qui jouent un rôle décisif dans la formation et les capacités d'un individu. Il suscita d'abord un certain désespoir quant aux possibilités de réforme et de progrès moraux et sociaux : si les facteurs déterminants du comportement humain étaient inaltérables au moyen des correctifs introduits par l'homme, alors la vie humaine restait soumise à la lugubre loi du « combat pour l'existence » et un darwinisme social semblait s'imposer qui, comme l'avait typiquement fait Ludwig Gumplowicz, interprétait l'évolution sociale et culturelle comme le produit du combat entre groupes sociaux pour la survie⁴. Il y eut deux réactions.

La première, représentée surtout par Hertwig, Becher, Thomas H. Huxley, Lester F. Ward et Piotr A. Kropotkin, fut une contre-attaque humaniste opposée à toute interprétation biologiciste du destin humain. Elle consistait à rejeter la sélection naturelle comme guide des affaires humaines, à poser l'irréconciliabilité radicale de l'évolution biologique et de l'éthique, de la loi naturelle et de la loi humaine : la société ne *devrait pas* opérer conformément aux lois naturelles, ses principes *devraient* être autonomes. Le développement d'institutions politiques exprimerait dès lors le progrès des méthodes artificielles de contrôle en opposition à la domination des lois de l'évolution organique, l'intervention étatique visant les réformes sociales se justifiant en tant que moyen d'atténuer les effets du « combat pour l'existence » :

Le progrès social signifie un contrôle du processus cosmique à chaque pas, et sa substitution par un autre que l'on peut appeler le processus éthique ; la fin en est non la survie de ceux qui se trouvent être les mieux adaptés eu égard à l'ensemble des conditions existantes, mais celle de ceux qui sont éthiquement les meilleurs [...] Le progrès éthique de la société dépend non de l'imitation du processus cosmique et encore moins d'une fuite à son égard, mais du combat contre lui⁵.

Mais cette position, dont il faut noter qu'elle fut celle de Weismann lui-même, resta très minoritaire, surtout parmi les biologistes⁶ : c'est l'eugénisme qui s'imposa.

Celui-ci avait des affinités avec le social-darwinisme, s'appuyant lui aussi sur une naturalisation de la société dans une perspective darwiniste. Mais il s'en distinguait de manière décisive en prétendant se fonder sur la génétique et en exigeant, au contraire du « laissez-faire », un volontarisme étatique : il s'agissait de résoudre les problèmes sociaux par des mesures *biologiques* et de *contrôler* ainsi l'évolution de l'homme afin de l'« améliorer », d'anticiper et de maîtriser la sélection naturelle, étant admis qu'elle était toute-puissante. L'eugénisme, qui se déclinait en une variante « positive » (l'amélioration du patrimoine héréditaire par des mesures sélectives favorisant la

¹ Bertalanffy L. von (1930a), p. 4.

² Bäumer A. (1990), pp. 79-80.

³ Voir typiquement Lehmann E. (1936) et (1937), pp. 337-338 ; ainsi que Bavink B. (1932), p. 59.

⁴ Voir Barnes H.E. (1925), pp. 190-192 et Pichot A. (2000), pp. 49-53 et 354-385.

⁵ Huxley T.H. (1893), in Barnes H.E. (1925), p. 186.

⁶ Kaye H.L. (1986), pp. 30-36. Bäumer A. (1990), pp. 59-61.

reproduction des individus jugés les plus valeureux) et une variante « négative » (l'amélioration de ce patrimoine par des mesures visant à faire chuter la reproduction des individus jugés déficients, au besoin en les éliminant physiquement), put trouver chez Darwin lui-même sa première caution :

Dans le monde sauvage, les faibles de corps et d'esprit sont rapidement éliminés ; ceux qui survivent sont en général de santé plus vigoureuse. Nous autres hommes civilisés faisons au contraire tout notre possible afin d'empêcher cette élimination [...] Les individus faibles des peuples civilisés peuvent aussi reproduire leur espèce. Personne ayant connaissance de la sélection chez les animaux domestiques ne doutera que c'est dommageable pour la race¹.

Ce fut d'ailleurs Francis Galton, un cousin de Darwin, qui forgea le terme « eugénisme » et en développa le premier la doctrine en 1865. Le fondement en était déjà le postulat de l'hérédité des caractéristiques physiques et mentales des individus. L'« eugénique », que les Allemands appelèrent plutôt « hygiène raciale », ayant pour vocation d'étudier les moyens d'améliorer les caractères génétiques d'une « race » afin de l'amener à son plein épanouissement.

Les principaux éléments historiques concernant le succès croissant des doctrines eugénistes (tel qu'elles en vinrent à être défendues par une très large majorité des intellectuels européens) et de leurs prétentions à s'exprimer sous une forme scientifique sont fournis dans l'annexe 1-5-3-2. Il importe surtout ici de souligner que la rhétorique holistique fut utilisée en Allemagne même afin de soutenir l'eugénisme. Elle le fut d'abord parce que le principe de la suprématie du tout sur les parties servit à contrer les arguments anti-eugénistes reposant sur l'affirmation du droit des individus à se reproduire et à vivre comme ils le veulent. Un article publié dans *Der Biologe* en 1932 par Bavink, qui cherchait à y balayer les uns après les autres tous les arguments opposés à l'eugénisme, illustre très clairement cette utilisation :

Du côté chrétien, on ne voit guère qu'un *corps de peuple* [Volkskörper] est un tout organique qui, comme toutes les totalités de ce genre possède ses propres lois vitales transcendant ses parties. Le principe fondamental de l'éthique chrétienne est « l'amour du prochain », qui voit dans les autres hommes des enfants de la Création ayant même valeur et garantit à chaque « âme humaine individuelle » une « valeur infinie » [...] L'eugéniste, dans la mesure où il n'est pas concerné par le bien-être des individus à venir mais plutôt par la totalité du matériel héréditaire d'un peuple, n'a d'autre alternative que de poser aux Chrétiens la question très grave de savoir s'ils peuvent rendre Dieu responsable de la remise en cause de l'existence de leur peuple dans son intégrité culturelle par leur considération d'une soi-disant « valeur humaine » des individus. L'acceptation d'une vision « organique » du monde en lieu et place du mécanisme, que l'Eglise a par ailleurs tant saluée, devrait amener au plus vite à apporter des restrictions saines à l'individualisme chrétien lui aussi².

L'autre type d'exploitation du holisme au service de l'eugénisme se retrouvera dans la sous-section suivante avec le problème du racisme. Il consistait à affirmer que les infirmes, les débiles, les « génétiquement inférieurs » en général, représentaient une offense aux valeurs de la « totalité » : ils n'en posséderaient pas en eux-mêmes le principe et incarneraient en ce sens le mécanisme lui-même. C'est en ce sens que Kötschau écrivit en 1936 :

Notre époque n'a pas besoin de l'homme-machine contrôlé de l'extérieur [*fremdgesteuerten Maschinenmenschen*], mais de l'homme contrôlé de manière autonome, qui doit ses propres forces à sa nature saine. Notre époque a besoin de l'homme héroïque, un homme conforme à ses exigences, qui n'a pas à se reposer sur la protection douteuse d'un environnement par trop artificiel³.

Il est tout-à-fait remarquable que dans ce contexte, Bertalanffy sut rester très critique vis-à-vis de l'eugénisme avant l'arrivée d'Hitler au pouvoir, faisant partie avec Schaxel⁴ des rares biologistes de langue allemande qui critiquèrent ouvertement ses pseudo-justifications scientifiques. Il le fit en 1930 dans un essai consacré au rôle de la biologie dans la culture contemporaine. Adaptant implicitement son rejet d'une conception préformiste de la morphogenèse, il critiqua d'abord la réduction des capacités des individus à leurs gènes :

¹ Darwin C. (1871), in Bäumer A. (1990), p. 73.

² Bavink B. (1932/1933), pp. 60-61.

³ Kötschau K. (1936), in Harrington A. (1996), p. 265.

⁴ Schaxel, qui présentait les événements à venir, rédigea en 1936 une lettre ouverte aux biologistes les appelant à combattre les doctrines eugénistes et racistes en montrant leur inanité scientifique, afin d'éviter la barbarie ; il proposa en vain de mettre cette question à l'ordre du jour du congrès annuel de génétique. Voir Lehmann E. (1936), p. 160.

Les dispositions héréditaires doivent, tout au moins selon la conception actuelle, être vues comme intangibles au regard des influences extérieures ; néanmoins, les caractères en lesquels ces dispositions se développent, les capacités dont un individu ayant des dispositions déterminées est pourvu, dépendent tout autant de celles-ci que de son environnement [...] Fascinés par certains cas extrêmes, les théoriciens de l'hérédité oublient que ceux-ci ne sont justement que des exceptions¹.

S'attaquant nommément à certains des eugénistes les plus en vue comme Hans Günther et Fritz Lenz, il souligna que même certaines caractéristiques morphologiques comme la forme du crâne ne sont pas « raciales », mais au moins en partie conditionnées par l'environnement. Les tentatives de fonder le programme eugéniste sur la biologie se révélaient à ses yeux être une inanité n'ayant d'autre motivation qu'idéologique, notamment parce qu'elles s'appuyaient sur un darwinisme qu'il estimait justement tout sauf assuré :

La doctrine [eugéniste] de la « sélection sociale » n'a aucune justification [...] On doit élever contre la recherche sur l'hérédité le reproche qu'elle reste incapable de comprendre les relations sociales. Nous voyons clairement qu'il ne s'agit pas, avec les conclusions qu'on cherche à en tirer, de conclusions scientifiques, mais de programmes politiques [...] Tandis que la théorie raciale croit posséder avec la sélection un « fondement assuré pour la science biologique », nous sommes totalement convaincus qu'il est au contraire intenable [...] Et] lorsque la théorie de l'hérédité met sur la même ligne les caractéristiques « raciales » de l'homme et celles des pois mendéliens, nous ne sommes absolument pas convaincus, en connaissance des faits réellement établis et de la signification de la race pour le développement historique, de la justification de ce parallélisme [...] Le principal reproche contre l'hygiène raciale est qu'elle ne prend que trop peu en compte les relations sociales en tant que facteur important à côté de l'hérédité [...] Nous ne devons pas tomber dans l'erreur de croire que l'on pourrait parvenir à une amélioration intime du genre humain par de simples réformes sociales adéquates ; mais l'on doit tout aussi peu se reposer paresseusement sur l'idée que la seule amélioration des dispositions héréditaires rendra possible une telle amélioration.

Bertalanffy fustigea aussi pour une autre raison la propension à ériger en slogans idéologico-politiques des théories insuffisamment corroborées :

Nous ne sommes pas non plus d'accord lorsque l'hygiène raciale est transformée en véhicule de la politique, non pas tant en vertu d'autres positions politiques, mais par conviction qu'il est hautement nuisible à la science que certaines des thèses nullement assurées [qui y sont formulées] soient appliquées comme slogans politiques².

On mesure d'autant mieux à quel degré Bertalanffy défendait avant 1933 des positions hétérodoxes si l'on considère de surcroît sa thèse (1926), dont le dernier chapitre, bien que voué à justifier le point de vue holistique en « sciences de la culture » (plus précisément la légitimité du concept d'« intégration d'ordre supérieur »), constituait une attaque en règle contre les naturalismes biologicistes. Bertalanffy y avait notamment récusé l'hypostase du modèle organiciste des cultures, donc un thème central de l'idéologie « *völkisch* », reprochant à Spengler – comme il l'avait déjà fait en 1924 – sa tendance à confondre de « simples modèles conceptuels » avec des réalités, d'oublier que « le concept de type implique en lui-même qu'il n'est jamais réalisé », et en fin de compte de se « réclamer de Goethe sans le comprendre »³. Préfigurant un thème essentiel de son anthropologie philosophique ultérieure, celui de « l'autonomie des mondes symboliques », il enracinait la perspective holistique en « sciences de la culture » dans une opposition résolue au biologicisme que j'ai déjà pointée au 1-3-3-2, sur une base en fin de compte émergentiste. Prenant acte de la pertinence de l'idée de Chamberlain selon laquelle le progrès de la culture est solidaire d'un malheur croissant de la plupart des individus et s'accomplit même au détriment de l'homme en tant qu'espèce biologique, Bertalanffy en tirait pour sa part la conclusion suivante, qui se maintenait résolument dans la tradition idéaliste en résistant à ses détracteurs « *völkisch* » :

Une explication « biologique » de la culture est une absurdité [...] Les valeurs culturelles sont des « fins en soi » [*Selbstzwecke*], elles ne se fondent ni dans l'intérêt de l'individu, ni dans celui de l'espèce, car elles contredisent au plus haut point les deux [...] Elles sont au service d'un principe supra-individuel, entendu comme produit de l'ensemble des relations entre esprits individuels mûs

¹ Bertalanffy L. von (1930a), pp. 38-39.

² *op. cit.*, pp. 42-43.

³ Bertalanffy L. von (1926a), p. 87 et (1924a), III.

par la volonté de s'élever par-delà les nécessités de la simple existence en tant qu'individus et membres d'une espèce biologique¹.

Ce sont toutefois des doctrinaires comme Chamberlain qui triomphèrent, et il me faut maintenant considérer plus en détails le fait caractéristique déjà plusieurs fois brièvement évoqué que le holisme en général et la biologie holistique en particulier furent convoqués par ceux-là pour infléchir l'eugénisme dans une direction qu'il n'avait pas nécessairement chez d'autres de ses partisans : celle du racisme en général, et de l'antisémitisme en particulier.

1-5-3-3 – *Le holisme au service du racisme et de l'antisémitisme*

La théorie de l'hérédité ne fut pas le seul biais par lequel fut recherchée une légitimation pseudo-scientifique du racisme. La théorie de l'*Umwelt* de Uexküll en fournit un cas exemplaire d'autant plus important ici qu'elle constituait – certainement en partie pour cette raison d'ailleurs – l'un des emblèmes de la science d'inspiration holistique. Uexküll commença lui-même à se charger de la tâche en question en 1915, dans un article où il fit des peuples des subdivisions naturelles des « races ». Une seconde étape fut un chapitre de sa « biologie théorique » et un essai intitulé « Biologie de l'État », tous deux publiés en 1920, où il examina la possibilité d'utiliser sa théorie de l'*Umwelt* comme base d'analyse de « l'État en tant qu'organisme » et où, attaquant férocement la République de Weimar, il chercha à démontrer que « la seule forme d'organisation saine de l'État est la monarchie », la démocratie étant jugée absurde et destructrice. La théorie de l'*Umwelt* y intervenait afin de justifier l'existence d'une forte hiérarchie sociale où tous les rôles sont honorables pourvu que chaque fonction sociale assumée par un individu soit conforme à son « milieu » [*Umwelt*] naturel, en particulier à sa « race ». Dans la réédition de son essai en 1933, Uexküll l'utilisa afin d'attaquer le principe de mixité « raciale » : les groupes « raciaux » auraient différents « milieux » inconciliables et une telle mixité serait donc néfaste pour la pérennité de chacun. Bien que n'ayant jamais adhéré au N.S.D.A.P., il se félicita d'ailleurs dans sa conclusion de la prise de pouvoir d'Hitler, estimant que celui-ci réussirait à stopper le déclin pathologique de l'Allemagne – principalement lié selon Uexküll au réseau « parasitique » constitué par les Juifs, qu'il estimait nécessaire d'éradiquer. Il insista tout au long des années 1930, prévenant ainsi d'éventuelles critiques national-socialistes, sur l'idée que sa théorie de l'*Umwelt*, loin de saper les doctrines eugénistes et racistes par un biais environnementaliste, les enrichissait². Elle fut d'ailleurs louée en ce sens par des collègues doctrinaires comme Lehmann. Notons encore que Weber, que nous avons vu étendre sa théorie de l'*Umwelt* en y intégrant les concepts d'espèce, de « race » et de population, ne le fit pas, loin s'en faut, que sur des bases scientifiques ; s'il développa les vues de Uexküll, ce fut en effet en faisant de l'organisation raciste de la société l'une des « applications » majeures de cette théorie :

Les milieux des races d'une espèce ne sont pas identiques [...] Une disharmonie peut survenir de l'extérieur, lorsqu'une race étrangère surgit dans l'espace vital d'une race donnée [...] Si les exigences de l'entourage (les milieux) sont très différentes, elles peuvent se compléter mutuellement et vivre sans inconvénient l'une à côté de l'autre, tant que le mélange racial est évité. Sinon, le danger devient d'autant plus grand pour la population métisse que les organisations spécifiques des deux races sont différentes, donc d'autant plus que les milieux raciaux sont différents.

Et il ne s'agissait pas pour lui de confiner ces considérations aux débats académiques : elles devaient impérativement « servir de fondement et de point de départ pour l'action », la science ne prenant d'une manière générale son sens que dans la mesure où elle est normative³.

Sans que la biologie ne soit particulièrement concernée, la pensée holistique fut enrôlée en Allemagne et en Autriche essentiellement de deux manières aux fins d'une pseudo-justification du racisme, et toujours au service d'un antisémitisme largement répandu dans ces pays depuis la fin du XIX^e siècle, particulièrement dans le monde académique⁴ – on compte près de 500 publications sur la « question juive » entre 1873 et 1890. La première forme d'enrôlement remonte à Chamberlain, ami de Uexküll et grand inspirateur des idéologues nazis – dont Hitler lui-même (qu'il rencontra en 1923)

¹ Bertalanffy L. von (1926a), pp. 91-93.

² Harrington A. (1996), pp. 56-70.

³ Weber H. (1939), pp. 255, 257 et 259.

⁴ Ringer F. (1968, 1990), pp. 135-136. Harrington A. (1996), pp. xx-xxi et p. 21.

et Alfred Rosenberg. Chamberlain, qui identifiait lui aussi les peuples en tant qu'entités naturelles à des groupes « raciaux » déterminés, définissait leur intégrité par leur « pureté raciale », interprétant celle-ci comme une *Gestalt* dont il s'agirait en priorité de préserver la cohérence. Il lisait l'histoire de l'Occident comme une lutte entre les Teutons, défenseurs de la *Gestalt* en tant que voués à la régénération de leur race depuis la Chute de l'empire Romain, et les Juifs en tant que force désorganisatrice fomentant le chaos car voués quant à eux à préserver l'intégrité de leur race au détriment de la civilisation européenne¹.

Le second type de justification holistique du racisme antisémite fut en fait une variation sur le même thème, à laquelle j'ai déjà brièvement fait allusion plus haut au sujet de Kötschau. Il s'agissait de la transposition métaphorique, dans l'ordre psycho-social, du combat du holisme contre le mécanisme et le matérialisme. D'un côté, la « race » indo-germanique, « aryenne », était identifiée à celle des « hommes complets [*ganze Menschen*], intacts dans leur unité corporelle et mentale et conscients de leur responsabilité quant au futur de leur race »² : ceux-là incarneraient, comme l'exprima l'un des pères de la mystique « *völkisch* » en 1904, la « vie ascendante », les « porteurs des valeurs vitales supérieures »³. Et ils se caractériseraient par une pensée « vivante », concrète et holistique. D'un autre côté, les liens s'étant noués entre anti-modernisme et antisémitisme, les Juifs se retrouvaient identifiés aux ennemis de la « Totalité » ; associés au libéralisme, à la démocratie et au progressisme, au cosmopolitisme et donc à des relations sociales « sans racines » ; et investis de toutes les valeurs honnies par les ennemis de la « Machine ». Fut en particulier attaquée avec véhémence la nature soi-disant dissolvante de leur pensée fondamentalement abstraite, « morte », « sans âme », « non synthétique » et « matérialiste », ainsi que de la science et de la société « mécaniciste » qu'elle aurait engendré. La « caractérologie » de l'école de Krüger fut élaborée en connexion avec ces thèses. Il en fut de même de la très influente typologie racio-psychologique développée par Erich Jaensch dans les années 1930, qui opposait un « type (supérieur) nordique intégratif » et un « type (inférieur) Juif-libéral dissolvant » (encore appelé « antitype »), qui fut à la base des dichotomies établies entre prétendues mathématique et physique « aryennes » d'une part et mathématique et physique « juives » d'autre part⁴. Le médecin Alfred Böttcher fut peut-être le plus caractéristique lorsqu'il écrivit :

Le mode Juif de pensée porte, comme son sang issu du Chaos, un caractère dissolvant. Pour cette raison, le Juif a toujours tendance à décomposer toutes choses, à les briser en leurs atomes, à les rendre ainsi compliquées et si incompréhensibles qu'une personne saine ne peut s'orienter dans un fatras de théories contradictoires. Ainsi le Juif dissout-il le miracle de la Création, laissant derrière lui un tas de décombres partout où il pénètre muni de son esprit corrosif. Le non-Juif sain, par opposition, né de la Création, pense simplement, organiquement, créativement. Il réunit, construit – il pense holistiquement. En résumé, la loi du sang juive exige le chaos, la révolution mondiale, la mort ! Tandis que la loi du sang des hommes créateurs-héroïques exige la vision organique du monde, la paix mondiale, la vie !⁵

Et il est finalement peu surprenant que Sander, donc l'un des principaux représentants d'une psychologie holistique, puisse être si l'on ose dire crédité d'avoir été rien moins que l'« avant-garde » du monde académique quant à la « solution finale ». C'est en effet dans l'article de 1937 déjà discuté au 1-4-4-5, où il avait fait de la *Gestalt* et de la « totalité » les « idées directrices du mouvement allemand », qu'il se prononça en faveur d'une « éradication [*Ausschaltung*] » des Juifs. Or, le terme *ausschalten* fut précisément celui qui se retrouva utilisé quelques années plus tard par les nazis pour référer à la « solution finale ». On atteint probablement ici avec Sander le point culminant du dévoiement du holisme au service d'une « éthique » qu'il faut bien qualifier de barbare :

Qui veut ramener le peuple allemand à sa propre *Gestalt* après les distorsions [*Verzerrungen*] de son essence qu'il a sans défense dû supporter, qui veut satisfaire l'ardent désir de l'âme du peuple d'exprimer son essence de manière pure, celui-là doit éradiquer [*ausschalten*] tous les ennemis de la *Gestalt* ; il doit surtout rendre impuissantes toutes les influences dissolvantes des races étrangères. L'éradication [*Ausschaltung*] de la judéité à prolifération parasitique porte sa justification éthique

¹ Harrington A. (1996), pp. 106-108.

² Grabe H. (1938), in Bäumer A. (1990), p. 175.

³ Hentschel W. (1904), in Bäumer A. (1990), p. 81.

⁴ Harrington A. (1996), pp. xx-xxi, 21 et 181. Ash M. (1995), pp. 343-344.

⁵ Böttcher A. (1935), in Harrington A. (1996), p. 265.

profonde dans cette volonté de *Gestalt* pure de l'essence germanique, tout autant que l'a la stérilisation des porteurs d'un matériel héréditaire inférieur au sein du peuple allemand¹.

Un aspect propre à l'idéologie « *völkisch* » connecté à ces thèses était l'idée que les notions d'objectivité et de liberté de la science seraient une expression de la perversion de « l'esprit juif ». Car toute vérité porterait la marque d'un peuple particulier et devrait servir une politique vouée à l'accomplissement de son destin. Köttschau l'exprima en ces termes :

La liberté de la science ne peut pas consister à s'occuper de choses complètement étrangères à la pensée de son peuple et qui servent peut-être l'intérêt d'un autre peuple. La dépendance à une vision du monde internationaliste est un esclavage mental, non de la liberté².

On pourrait être tenté de voir là une adaptation du relativisme spenglérien, mais il n'était pas question ici de laisser s'épanouir diverses formes de pensée scientifique. C'est plus le « pragmatisme vital » nietzschéen qui se trouvait réinterprété : la vérité de la science devait être jugée par sa capacité à promouvoir et à fortifier la « vie » telle que conçue dans l'idéologie « *völkisch* », et ceci impliquait que ses productions soient conformes à une politique vouée au salut et à l'accomplissement du destin de la « communauté du peuple ».

Pas plus qu'il n'adhéra aux thèses eugénistes, Bertalanffy ne chercha à soutenir leurs « compléments » racistes. Le contexte l'encouragea toutefois à faire quelques concessions, comme celle-ci en 1941 relative à la thèse précédente, qui en constituait toutefois à deux égards une critique voilée – en ce que la science passée et présente n'y était pas tenue pour une manifestation de l'« esprit juif », bien au contraire, et en ce que le concept de « dé-anthropomorphisation » qui se trouvait à son arrière-plan fournissait un tout autre critère de vérité anti-relativiste (opposé à celui tiré par Uexküll) que celui des idéologues « *völkisch* » :

Je ne mets aucunement en doute l'idée que le développement historique de la science est conditionné non seulement par l'organisation psychophysique générale de l'homme, mais en particulier par ses fondements raciaux, et que l'image scientifique du monde représente tout simplement un produit spécifique de l'esprit nordique. Néanmoins, le résultat de ce développement, comme il se manifeste sous la forme du système abstrait des lois de la nature et comme il ne pouvait certes être créé que par les peuples du cercle culturel occidental sur la base de leurs dispositions raciales, tend continuellement à s'élever au-dessus des liens de la sensibilité humaine³.

On ne trouve en fait dans toute l'œuvre de Bertalanffy qu'une seule remarque raciste, formulée la même année dans un autre article, et qui n'a du reste rien d'antisémite. S'il ne s'agit pas nécessairement d'une remarque de circonstance, au moins peut-on dire qu'elle n'a rien d'original dans son contexte, et que maints autres intellectuels contemporains y auraient sans doute acquiescé sans pour autant être partisans d'un eugénisme (songeons à Winston Churchill, qui ne cachait pas son racisme de colonisateur tout en devenant ce qu'il fut) :

Les hommes des races primitives ont la même céphalisation que l'homme de culture, mais il est clair qu'ils ne l'utilisent pas pleinement⁴.

La seule empreinte de l'antisémitisme régnant qui soit perceptible dans ses écrits entre 1938 et 1945 est une omission systématique qui constituait alors la règle académique : s'y observe un soin particulier à éviter de citer les noms des scientifiques Juifs dont les travaux, comme il apparaîtra dans ma seconde partie, lui servaient pourtant de base et qu'il mentionna régulièrement avant, puis après cette période ; tels étaient au premier chef les cas de Prizibram, Goldschmidt et Goldstein.

1-5-3-4 – *La biologie en général et la biologie holistique en particulier en tant que piliers du national-socialisme*

Les relations entre biologie et national-socialisme peuvent être caractérisées comme un bénéfice réciproque placé sous le signe de l'opportunisme, les nazis à la conquête du pouvoir total

¹ Sander F. (1937), in Harrington A. (1996), p. 265. Voir aussi Ash M. (1995), p. 343.

² Köttschau K. (1935), in Harrington A. (1996), p. 264.

³ Bertalanffy L. von (1941d), p. 337.

⁴ Bertalanffy L. von (1941a), p. 16.

comme les biologistes et médecins en quête de promotion se servant mutuellement. Le fait que ces relations aient été intimes dès les années 1920 et tout au long des années 1930 joua un rôle significatif dans la manière dont Bertalanffy avança ses arguments bio-philosophiques au cours de toute cette période. Le premier moment de la réciprocité en question tient à la place éminente que les nazis accordaient à la biologie, pour ainsi dire celle d'une clef de voûte de leur idéologie et de leurs projets totalitaires, racistes et eugénistes. Lehmann déclara ainsi triomphalement en 1933 :

La vision national-socialiste du monde a conquis l'Allemagne et *le noyau de cette vision du monde est formé par la science biologique*¹.

Le même avait déjà déclaré deux ans plus tôt :

Le domaine de la biologie fait partie des soutiens les plus puissants de la pensée *völkisch* et avec elle, de l'État *völkisch*².

Une conception maintes fois réitérée (tant par un ministre du III^e Reich comme Hans Schemm que par un anthropologue comme Lenz ou par un biologiste comme Lehmann) était que le national-socialisme constituait une « biologie appliquée à la politique »³. Un rôle objectif d'*organe* joué par une biologie taillée à sa mesure, qui fut limpide exprimé en 1934 dans l'une des principales revues allemandes d'anthropologie :

Le *Führer* Adolf Hitler transpose, pour la première fois dans l'histoire de l'humanité, nos connaissances sur les fondements biologiques des peuples – race, hérédité, sélection – dans le domaine de l'action. Ce n'est pas un hasard si cet événement s'est produit en Allemagne : la science allemande avait mis tous les outils entre les mains des hommes politiques⁴.

Si la génétique et la théorie de l'évolution jouèrent une fonction centrale (au service de leur eugénisme raciste), les divers schèmes holistiques en biologie en firent tout autant, au moins dans la phase précédant la seconde guerre mondiale où le national-socialisme cherchait à se parer des atours de la science afin d'imposer sa légitimité : ils servirent eux aussi les thèses racistes et eugénistes, mais en firent tout autant pour les principes totalitaristes, et furent précisément utilisés afin de les connecter. Le directeur de la revue « Peuple et race » mit en 1935 en évidence la raison de cette relation intime en écrivant que « la conception supra-individualiste constitu[ait] le noyau de la pensée raciale »⁵. Les attaques contre l'individualisme caractérisèrent en fait d'emblée l'eugénisme allemand⁶.

La fonction légitimatrice du holisme biologique s'articula autour du concept de « lois de la vie » [*Lebensgesetze*], répondant ainsi à des injonctions d'Hitler lui-même :

Il est impossible sur la durée de guider un peuple ou un État avec succès si ne règne pas une conception unanime concernant les lois de la vie les plus essentielles se trouvant au fondement de cette communauté.

La vision du monde ne s'était encore jamais dans le peuple allemand identifiée aux lois de la vie éternelles de la nature et donc à la nation dans ses conditions de vie [...], comme elle le fait désormais dans l'État national-socialiste⁷.

Déterminer les « lois de la vie » serait la mission tant politique que scientifique de la biologie : elles devaient permettre de guider le peuple et sa conduite dans une direction conforme à sa « nature ». Les biologistes Lehmann et Otto Mangold répondirent en ce sens :

La tâche de la biologie est de découvrir les lois de la vie éternelles de la nature et avec elles celles de la nation, d'élargir la connaissance de ces lois et, en une époque où dans les cercles les plus larges l'instinct naturel s'est perdu, d'indiquer la voie pour vivre conformément à ces lois⁸.

¹ Lehmann E. (1933), in Massin B. (1993), p. 197. (Olf-Nathan)

² Lehmann E. (1931), in Bäumer A. (1990), p. 127.

³ Bäumer A. (1990), pp. 117 et 133 ; Massin B. (1993), p. 26.

⁴ Aichel O. & Verschuer O. von (1934), in Massin B. (1993), p. 197.

⁵ Scheidt W. (1935), in *op. cit.*, p. 252.

⁶ Faith Weiss S. (1993), p. 273. In Olf-Nathan.

⁷ Hitler A. (1934), respectivement in Bäumer A. (1990), p. 115 et Lehmann E. (1937), p. 337.

⁸ Lehmann E. (1937), p. 336.

La science de la vie [...] est devenue une affaire du peuple [...] Les tâches de recherches de la biologie générale devront être cherchées dans les phénomènes fondamentaux du vivant. Il est hors de doute que tout l'empire du monde vivant possède en propre quelques lois qui possèdent une validité générale. Et il est clair que nous développerons notre connaissance de la vie surtout par la clarification de ces lois¹.

Ce fut d'ailleurs encore Lehmann qui explicita le mieux la signification de cette mission, à savoir fournir les fondements d'une « réinscription » de la « vie du peuple » dans le processus vital global, que le national-socialisme aurait quant à lui pour tâche de mener à bien :

Nous avons compris qu'un détachement de l'homme de la nature, du tout de la vie, conduit à une extermination et à la mort des peuples. C'est seulement par la réinscription de l'homme dans le tout de la nature que notre peuple peut se fortifier. Tel est le sens le plus profond des tâches contemporaines de la biologie. Ce n'est plus l'homme seul qui se tient au cœur de la pensée, mais la vie comme tout, telle qu'elle se manifeste dans tous les êtres vivants sur Terre [...] Mais cette tendance à la solidarité avec la vie dans sa globalité, avec la nature en général dans laquelle elle s'inscrit, est aussi pour autant que je la comprends le sens le plus profond et l'essence propre de la pensée national-socialiste².

C'est dans cette perspective que le généticien Günther Jost put se féliciter en ces termes :

Pour la première fois, revient à la biologie la position centrale qui lui revient conformément à son essence, en tant que science de la vie dans sa totalité³.

Il est indéniable que toute l'entreprise biologique de Bertalanffy, que nous verrons axée sur le développement d'une biologie théorique d'inspiration « organismique » ayant vocation à édifier une biologie *nomothétique*, doit une part de son inspiration à ce contexte, qui s'exprime dans la manière dont le Viennois chercha à justifier un tel projet (un souci de justification qui a ses raisons et que j'expliquerai à la fin de ce chapitre). C'est d'ailleurs dans son fameux article de 1941 publié dans *Der Biologe* que cette connexion est manifeste :

Ce n'est sûrement pas un hasard si la théorie de l'hérédité, le domaine de la biologie le plus avancé dans la direction de lois exactes, est simultanément celui qui a la plus grande signification politique, pour la construction de l'État et l'entretien de la race. De recherches d'abord purement théoriques ont découlé des conséquences pratiques qui laissent celles des autres domaines biologiques loin derrière [...] L'objectif doit être de parvenir à la formulation de lois exactes de la nature biologique et par là-même à une domination conceptuelle et pratique totale des phénomènes même dans d'autres domaines biologiques [...] Précisément, la conception organismique peut y conduire⁴.

« Tu n'es rien, ton peuple est tout ! » : ce slogan national-socialiste⁵ put, *via* un biais biologiciste, invoquer pour se justifier « scientifiquement » la « loi » universelle du primat biologique de l'espèce et de la race sur l'individu. Il est alors troublant de mettre en parallèle d'une part la précédente citation de Bertalanffy et une autre qui la précéda, et d'autre part ce qu'écrivit Weber sur la portée politique de la pensée « organismique » en biologie :

Si de nos jours un courant « organismique » a gagné en signification en biologie, dont l'effet s'exprime précisément en ce qu'il est largement devenue inconscient et anonyme, c'est qu'il ne s'agit pas avec lui d'une affaire simplement académique. Il est bien plutôt seulement un aspect d'une nouvelle vision du monde, qui apparaît aussi caractéristique de notre temps que la théorie machinaliste de la vie et la conception dite sommative le fut d'un temps révolu, qui apparut dominé par la machine et l'individualisme, et la considération de la communauté humaine comme une simple somme d'individus⁶.

En tout état de cause, la vie humaine n'est pas épuisée par le destin de l'individu : c'est le destin d'être une partie liée à une communauté raciale populaire [*völkisch*] qui donne en premier lieu son sens au destin individuel [...] La biologie enseigne à celui qui veut apprendre à penser la vie en

¹ Mangold O. (1938), in Bäumer A. (1990), p. 115.

² Lehmann E. (1934), in *op. cit.*, p. 117.

³ Jost G. (1933), in *op. cit.*, p. 170.

⁴ Bertalanffy L. von (1941d), pp. 250-251.

⁵ In Bäumer A. (1990), p. 196.

⁶ Bertalanffy L. von (1941d), p. 248.

communauté de manière holistique, organismique ; elle est en conséquence aussi au plus haut point ce que l'on exige de nos jours de la science en général, une science politique en un sens complètement nouveau¹.

L'analogie bio-holistique servait ici à fonder deux dogmes : d'une part, que la fonction sociale de l'individu lui serait prescrite dès sa naissance, et d'autre part qu'il ne pourrait enfreindre les « lois naturelles » (c'est-à-dire agir contre la « santé » de sa « communauté ») sans perdre par là-même la justification de son existence. La biologie holistique—« organismique » se trouvait de la sorte transposée en matière sociale et politique, servant comme l'ensemble de la biologie de « prostituée » du national-socialisme :

Avec toute la puissance de son exposition convaincante et l'ampleur de son éloquence, Adolf Hitler est entré dans le combat et a pointé le danger de la mixité raciale. La tâche de la biologie sera d'exhiber les possibilités de clarification et de forger de nouvelles armes pour les combats à venir².

Un contributeur de la revue du syndicat national-socialiste des enseignants (N.S.L.B.) put alors déclarer, rapportant ainsi une réflexion d'un ministre du III^e Reich :

Le national-socialisme est une vision du monde dont les fondements sont, du point de vue des faits scientifiques, complètement démontrables de manière exacte³.

Un thème particulier de la biologie holistique qui fut particulièrement exploité au cours des mois précédant l'avènement du III^e Reich et dans ses premières années fut celui de l'ordre hiérarchique. Il le fut en connexion avec le *Führerprinzip* [« principe du guide »], qui constituait le principe même de l'organisation hiérarchique de l'État national-socialiste, chaque fonction assumée par un individu à un niveau hiérarchique y étant soumise à la dictature absolue du *Führer* dirigeant le niveau immédiatement supérieur, le *Führer* ultime étant bien sûr Hitler lui-même en tant qu'incarnation de la « volonté du peuple » dans son ensemble. La caution holistique de ce principe ne fut pas fournie que par des biologistes. Ainsi le philosophe autrichien Ferdinand Weinhandl en fit-il en 1931 une « simple expression du caractère de *Gestalt* du tout », une « qualité de *Gestalt* déterminant et dominant le tout »⁴. Le psychologue de la *Gestalt* Wolfgang Metzger, qui eut une attitude politique radicalement opposée à celle déjà évoquée de ses collègues, chercha effectivement quelques années plus tard à fournir des justifications psychologiques au *Führerprinzip*⁵. La *Gestalt* était un candidat idéal pour fournir la caution désirée, en tant que forme d'ordre naturelle qui, comme était supposé l'être le *Führer*, émerge du « tout » et le contrôle en retour. La caution vint aussi du Nobel de physique Pascual Jordan, qui développa en relation avec les travaux de Bertalanffy (connexion dont il sera question dans ma seconde partie) une « théorie de l'amplification biologique ». Selon celle-ci, l'organisme, bien que macroscopique, serait « dirigé » par des événements quantiques a-causaux dont les effets seraient « amplifiés » par la structure hiérarchique de l'organisme, l'indéterminisme microscopique ainsi « amplifié » permettant à l'organisme lui-même d'échapper à l'emprise du déterminisme⁶. Et cet illustre membre de la première heure du N.S.D.A.P. n'hésita pas à faire des « centres microphysiques de contrôle dirigeant la cellule macrophysique », tels que les gènes, des métaphores du *Führerprinzip*, plus précisément « la réalisation la plus extrême qu'il ait reçue dans toute la nature »⁷. Parmi les biologistes, la théorie des « organisateurs du développement » fut évoquée dans le même but, à commencer par Spemann lui-même, qui souligna publiquement la similitude entre l'« organisateur » dont il avait fait la théorie et le *Führer*⁸. Et c'est précisément à ce sujet que Bertalanffy jugea opportun d'apporter le soutien au totalitarisme de ses propres conceptions « organismiques », en 1934 et en 1941 :

Un important principe de construction de l'organique est celui de l'ordre hiérarchique et de la subordination des parties [...] L'organisme n'apparaît plus, comme auparavant dans la doctrine de

¹ Weber H., in Bäumer A. (1990), pp. 116-117.

² Lehmann E. (1933), in *op. cit.*, p. 117.

³ in *op. cit.*, p. 135.

⁴ Weinhandl F. (1931), p. 212.

⁵ Ash M. (1995), pp. 350-354.

⁶ Jordan P. (1932), pp. 819-820.

⁷ Voir Beyler R.H. (1996), p. 250 et p. 269.

⁸ Voir Harrington A. (1996), pp. 179 et 264.

« l'État cellulaire », comme une république de parties autonomes et ayant les mêmes droits, mais bien plutôt comme une structure hiérarchique dominée à tous les niveaux par le *Führerprinzip*¹.

[Ma conception organismique de la biologie] trouve des parallèles non seulement en biologie, mais aussi dans la philosophie moderne [...] Et les relations de l'idée d'ordre hiérarchique avec la conception moderne de l'État sont tout autant manifestes ; il suffit à cet égard de mentionner le fait que Mussolini est l'éditeur d'un journal titré « *Gerarchia* » (hiérarchie)².

Si le national-socialisme chercha et trouva caution dans la biologie, le bénéfice fut réciproque. La seconde gagna avec le premier un prestige qu'elle n'avait jamais eu, et maints de ses représentants y virent une opportunité inespérée. Eugen Fischer, un leader de l'anthropologie biologique allemande, exprima ce motif de la manière la plus claire :

C'est une chance rare et toute particulière, pour une recherche en soi théorique, que d'intervenir à une époque où l'idéologie la plus répandue l'accueille avec reconnaissance et, mieux, où ses résultats pratiques sont immédiatement acceptés et utilisés comme fondement des mesures prises par l'État³.

Et les enseignants de biologie du secondaire ne furent pas en reste :

Nous allons connaître dans tout l'enseignement et par là même aussi dans l'enseignement de la biologie à l'école, et peut-être très prochainement, des conditions toutes nouvelles et sans nul doute plus favorables à la biologie que précédemment. Il convient donc d'utiliser énergiquement et sans tarder le moment et l'occasion pour obtenir pour la biologie à l'école tout ce qui semble d'une manière ou d'une autre possible⁴.

Dans l'introduction au premier numéro de la revue *Der Biologe* paru en 1931, Lehmann souligna la « situation nécessitée de la biologie allemande » (et autrichienne). Il exprima par là-même des sentiments largement partagés par les divers représentants de la discipline, et leurs revendications : l'exigence de crédits supplémentaires, ainsi que la réduction des postes précaires de simples collaborateurs et la création de chaires d'enseignement dans les écoles secondaires et les universités. Il s'agissait d'en finir avec la sous-représentation de la biologie dans l'enseignement, et d'ouvrir des perspectives plus larges et prometteuses pour les étudiants en biologie, la situation de ce point de vue étant jugée exécration⁵. On comprend dans ces conditions que maints biologistes et professeurs de biologie n'hésitèrent pas à placer tous leurs espoirs dans l'État national-socialiste : ils comprirent très vite l'intérêt qu'ils pourraient trouver à la prise de pouvoir d'Hitler. Et les premières années du III^e Reich purent les satisfaire, puisqu'elles semblaient répondre en tous points à leurs attentes. L'enseignement fut à cet égard peut-être mieux encore servi que la recherche, puisque la biologie y devint après 1933 en quelques mois une matière fondamentale. L'insistance particulière et durable de Bertalanffy, notamment dans un essai publié dès 1930 qui lui fut entièrement voué, sur le rôle central de la biologie (surtout théorique et « organismique ») dans l'éducation (*Bildung*), s'explique en grande partie par ce contexte ; au moins lui permit-elle d'être en phase avec lui.

1-5-3-5 – *Biologie, holisme et enseignement dans l'État national-socialiste*

Les nazis considéraient comme des impératifs l'enseignement et la vulgarisation de la biologie. C'est le ministre de la science et de l'éducation du III^e Reich lui-même qui fut à cet égard le plus explicite, déclarant en 1933 :

La connaissance des faits biologiques fondamentaux, et leur application à chaque individu et à chaque groupe, est une condition *sine qua non* du renouveau de notre peuple. Aucun élève, garçon ou fille, ne devrait être autorisé à quitter l'école et à s'intégrer dans la vie active sans cette connaissance fondamentale.

Il l'écrivit dans un décret qui visait à faire de la biologie, contrairement à la situation antérieure, une matière « essentielle » et « obligatoire » dans les examens, au détriment explicite des mathématiques et

¹ Bertalanffy L. von (1934b), p. 352.

² Bertalanffy L. von (1941d), p. 341.

³ Fischer E. (1943), in Massin B. (1993), p. 199.

⁴ Giesbrecht (1932), in Faith Weiss S. (1993), p. 272.

⁵ Bäumer A. (1990), pp. 127-128 et 196.

des langues étrangères¹. La biologie avait une tâche essentielle d'édification des esprits, conséquence logique naturelle de sa mission consistant à déterminer les « lois de la vie » afin de fournir les fondements du « renouveau du peuple allemand », et de son supposé statut de fondement scientifique du national-socialisme. C'est qu'il fallait « populariser les biens biologiques », apprendre au peuple à « penser et vivre biologiquement », aux sens précisés par Lehmann :

Vivre biologiquement signifie déjà en grande partie vivre conformément à la nature de son propre genre ; penser biologiquement signifie penser conformément aux prescriptions des lois de la vie².

Bertalanffy, très soucieux de justifier par tous les moyens l'importance d'une biologie théorique, n'hésita pas à reprendre à son compte de tels arguments « *völkisch* » :

Du fait de l'ébranlement de la force globale de notre peuple par la guerre et l'après-guerre, le cours d'histoire naturelle apparaît d'une importance particulière [...] Sans connaissance et compréhension des faits biologiques fondamentaux, l'hygiène du peuple est impensable³.

Lui qui fut initialement formé dans les « sciences de l'esprit » entra en 1930 résolument en croisade contre leur domination quasi-exclusive dans l'enseignement contemporain, une croisade qui ne visait toutefois pas qu'à promouvoir un solide enseignement en biologie, mais concernait l'ensemble des sciences de la nature :

Les types d'écoles plus orientées vers les sciences de l'esprit ont, afin d'atteindre un équilibre idéologique, un urgent besoin de compréhension plus claire des lois déterminant les relations vitales et les conditions biologiques de toute culture. L'homme formé dans la perspective historique doit être conscient de son enracinement dans la nature et la science de la nature [...] Il y a actuellement un danger significatif dans le curriculum des académies : comme l'accent y est mis sur les domaines des sciences de l'esprit, la crainte apparaît fondée que les professeurs soit unilatéralement formés selon une orientation humaniste. En vue d'une prise de position saine eu égard aux grands problèmes de notre temps et de la vie, il est pourtant absolument indispensable que le futur professeur apprenne à se placer non seulement du point de vue historique-philosophique, mais aussi du point de vue des sciences de la nature [...] Toute philosophie reste en suspens tant qu'elle n'a pas pour fondement assuré la connaissance de l'une quelconque des sciences exactes⁴.

Dans l'État national-socialiste, le cours de biologie fut toujours simultanément et peut-être même avant tout un « cours de vision du monde », un outil de propagande au service de l'idéologie « *völkisch* » :

La pensée biologique doit être cultivée, car la pensée *völkisch* se développe naturellement à partir d'elle. La pensée biologique est impossible sans pensée *völkisch*, mais les cruels besoins de notre peuple montrent qu'une pensée *völkisch* conçue trop étroitement sans fondement biologique est de nos jours encore très fréquente ! La pensée national-socialiste doit être une pensée biologique !⁵

Et c'est ici que la pensée holistique joua un rôle essentiel. Car il ne devait plus se dégager de l'enseignement une représentation de la nature comme « somme d'individus isolés » ; tout l'enseignement devait au contraire s'organiser à partir du concept de « communauté de vie » [*Lebensgemeinschaft*], afin d'éduquer l'élève à substituer à une pensée orientée vers le « moi » une pensée orientée vers le « nous », à détourner son regard de l'individu vers l'espèce, la « race », la « communauté du peuple », à le fixer vers les maîtres mots du national-socialisme : « le sang et le sol » [*Blut und Boden*]. Ainsi pouvait-on lire dans des ouvrages scolaires du secondaire au milieu des années 1930 :

Aucune existence individuelle n'a son sens en elle-même. Elle est indissociable d'un flot de vie ininterrompu et ne s'accomplit qu'en servant la totalité.

¹ Rust B. (1933), in Bäumer A. (1990), p. 171 et in Olf-Nathan J. (1993), p. 27.

² Lehmann E., in Bäumer A. (1990), p. 118.

³ Bertalanffy L. von (1930a), p. 55.

⁴ *op. cit.*, pp. 63 et 69-70.

⁵ Sprengel E. (1936), in Bäumer A. (1990), p. 196.

Seul, l'être humain n'est rien d'autre qu'un simple maillon dans une chaîne [...] Nous ne sommes pas sur Terre pour notre plaisir ; cette idée n'est que l'effet d'un délire individualiste¹.

1-5-3-6 – Bertalanffy en tant que biologiste du III^e Reich

Qu'un biologiste et représentant majeur de la pensée holistique comme Bertalanffy ait pu, dans ce contexte, se sentir investi d'une mission, est dès lors compréhensible. Qu'il ait jugé bon d'adhérer au N.S.D.A.P. l'est par contre moins *a priori*, si l'on tient compte de ses positions très critiques vis-à-vis non seulement du biologicisme et de l'eugénisme, mais aussi des « fantômes du mysticisme qui jailliss[ai]ent de toutes parts » et des « philosophies de la vie pas toujours très réjouissantes » sur lesquels prospéra le national-socialisme² :

Du dénigrement de la pensée scientifique rigoureuse et de la sur-valorisation du sentiment et de l'intuition, le chemin est court vers ces courants mysticistes de l'après-guerre, qui s'enracinent dans le mépris d'une science tenue pour ébranlée, dérivent vers la théo- et l'anthroposophie, le spiritisme, l'occultisme et un romantisme de fuite, occupent trop facilement la place d'une véritable religiosité et sont fondés sur un fatras sans règles de pensées obscures et des besoins sentimentaux³.

J'ai traité ailleurs⁴ des détails du cheminement qui mena Bertalanffy à adhérer au N.S.D.A.P. fin 1938, et de son attitude sous le III^e Reich. Ce n'est pas le lieu ici de les reprendre. L'annexe 1-5-3-6 résume les éléments utiles afin de rendre intelligible son attitude apparemment complexe vis-à-vis du national-socialisme. Il faut pour l'essentiel en retenir que Bertalanffy adhéra au N.S.D.A.P. avant tout par opportunisme avec l'espoir de donner un puissant élan à sa carrière, d'accéder enfin à des positions universitaires qu'il convoitait depuis longtemps en vain, à un âge de 37 ans où il demeurerait un simple chargé de cours sans statut de fonctionnaire (*Privatdozent*). Il est probable que s'il avait déjà acquis alors une position satisfaisante, il aurait adopté la position majoritaire de passivité éventuellement complaisante discutée au 1-5-2-2, sans éprouver le besoin de cette adhésion : les facteurs décisifs furent manifestement un ressentiment lié à la marginalité de sa position et une conjoncture favorable qu'il jugea opportun de féconder au plus vite. Nous retiendrons aussi qu'il n'hésita pas ensuite, tout au long de sa carrière sous le III^e Reich, à faire valoir la conformité idéologique de ses travaux biophilosophiques et biologiques afin d'appuyer ses requêtes de promotion, et qu'il put bénéficier avec sa famille, grâce aux soutiens qu'il sut gagner dans l'administration du Reich, d'une position confortable tout au long de la guerre.

Mais si l'on veut avoir une vision juste de son attitude sous le III^e Reich, il faut considérer certains aspects de ses publications au cours de cette période. Notamment son article de 1941 dans *Der Biologe*, qui constitue le point culminant de son soutien au régime. Un premier aspect qui s'y manifeste est le déclin progressif, qui commença dès 1936 et s'accrut au cours de la guerre, de l'importance du holisme en tant qu'instrument idéologique. Dès le début de l'ère national-socialiste, deux factions rivales majeures de scientifiques et de médecins eurent une influence notable au sein du gouvernement. La première, qui tenait la pensée holistique en haute estime, était fortement idéologisée et mue par des idéaux *völkisch* et antisémites. La seconde était surtout représentée par des médecins d'esprit pragmatique et technocratique aspirant à faire de la génétique et de la « biologie raciale » les fondements de la politique sociale et de la stratégie militaire d'Hitler. Le phénomène caractéristique est que la seconde faction s'imposa au détriment de la première. Leur lutte d'influence prit des allures de guerre et si Bertalanffy ne semble pas avoir été directement attaqué, Krüger, Alverdes, Dürken, Meyer-Abich et Kötschau se retrouvèrent idéologiquement suspects au motif de leur holisme et dénoncés *en tant que holistes* par la seconde faction : la charge consistait à faire des formes holistiques de pensée des expressions intelligemment déguisées d'un dogmatisme catholique honni et méprisé, dont le but serait de subvertir l'approche empirique, factuelle de la nature, supposée essentielle dans le national-socialisme ; ces critiques profitaient de l'origine étrangère du terme « holisme » afin de faire passer leurs avocats de langue allemande pour des suppôts d'une pensée « non-germanique ». Ainsi pouvait-on lire fin 1936 dans une revue destinée aux seuls membres du N.S.D.A.P. :

¹ Cité in Weiss S.F. (1993), p. 274. Voir aussi Bäumer A. (1990), pp. 196-198.

² Bertalanffy L. von (1927c), p. 264 et (1932b), p. 4. Voir aussi Mosse G.L. (1961) sur « les origines mystiques du national-socialisme ».

³ Bertalanffy L. von (1930a), p. 70.

⁴ Pouvreau D. (2009b), pp. 59-80.

Il est dans l'essence de la science germanique et déterminée par la race nordique d'étudier les faits de la nature et de la réalité de manière incorruptible et libre de conceptions, de dogmes et de théories occultes [...] Ce fut toujours et cela demeure une tendance de l'Eglise romaine et du catholicisme holistique de tenir cette attitude pour « hérétique », « matérialiste » ou « mécaniciste » [...] Lorsque ce ne fut plus efficace furent envoyés certains scientifiques catholiques-jésuites bien camouflés et particulièrement érudits dans des disciplines déterminées. Leur but fut d'utiliser des contre-slogans et des arguments apparemment scientifiques pour détourner la science germanique des faits, et l'orienter sur des voies spéculatives et purement théoriques qui ne menaçaient pas l'Eglise [...] Le slogan fédérateur de cette attaque est le « holisme » [*Holismus*]; en allemand : « étude de la totalité » [...] Le holisme qui a été défendu en Allemagne est une doctrine nouvelle, dogmatique et présomptueuse ayant de multiples connexions avec le catholicisme, qui utilise habilement des scientifiques non critiqués et confus, apparaissant superficiellement aussi proches que possible du Parti et ayant déjoué la suspicion à cet égard, pour théoriser, détourner et falsifier tout la solide science germanique de la nature, la biologie, la génétique et la théorie raciale devenues dangereuses pour l'Eglise. Le « holisme » et ses représentants jésuites utilisent pour ce faire intentionnellement des termes qui sonnent national-socialiste, tels que « totalité », « organique », « biologique », etc. afin d'être en mesure aussi longtemps que possible d'accomplir leur œuvre déstabilisatrice sous le couvert apparent des visées national-socialistes¹.

C'est dans ce contexte que se comprend l'insistance de Bertalanffy dans *Der Biologe* sur la distinction entre ses conceptions « organismiques » et le « holisme » – compris en fait au sens très restrictif de la doctrine défendue par Meyer-Abich dans la lignée de Haldane et Smuts :

La conception organismique n'a rien à voir avec le holisme [*Holismus*] [...] La conception holistique, avec ses diverses conséquences pour la vision du monde, constitue une spéculation *naturphilosophisch* qui n'est en rien justifiée par notre savoir factuel².

Cette attaque contre les divers représentants de la pensée holistique à laquelle Bertalanffy chercha à échapper coïncidait avec l'avènement d'une seconde phase du III^e Reich. Dans les premières années, approximativement de 1933 à 1936 (sans parler bien sûr des années précédentes) les nazis s'étaient efforcés de consolider leur pouvoir en édifiant une base idéologique solide et avaient trouvé dans les diverses formes de holisme de précieuses alliées dans cette perspective. Arguer de la « pureté » idéologique de ses travaux et les mettre au service du national-socialisme était alors un moyen de gagner en influence ou tout au moins de se préserver une « niche » confortable pour les scientifiques en général et pour les promoteurs du holisme en particulier. Mais dès lors que commencèrent en 1936 les préparatifs de la guerre, la valeur pratique de la science gagna toujours plus en importance au détriment de sa valeur idéologique, les instrumentalistes pragmatiques et les technocrates au détriment des « théoriciens » et des idéologues³. En ce qui concerne la biologie, si elle bénéficia de financements toujours croissants de 1933 à 1944, la recherche dut en principe à partir de 1940 être mise en relation avec l'effort de guerre afin d'être soutenue. La réalité fut certes qu'elle resta largement fondamentale et ses applications rares, son utilité pratique étant le plus souvent illusoire ou à trop long terme et argumentée pour des raisons « stratégiques ». En tout état de cause, aucun projet purement idéologique et scientifiquement dépourvu de pertinence ne fut financé par les nazis : la qualité et la respectabilité scientifique des demandeurs restaient les seuls critères décisifs et il n'était d'ailleurs pas nécessaire d'être membre du N.S.D.A.P. pour parvenir à ses fins⁴. Il est donc là aussi symptomatique que Bertalanffy ait systématiquement cherché, dans ses publications de 1940 et 1941, et ce tout particulièrement dans son article de *Der Biologe*, à argumenter l'importance essentielle du travail théorique et la détermination de lois biologiques « exactes » en vue de fins pratiques, et en définitive la fécondité de ses vues « organismiques » à cet égard. On peut même repérer chez lui à cette occasion l'un des thèmes majeurs de l'idéal de la *Bildung* mis au service d'une critique voilée de la politique scientifique nazie (telle tout au moins qu'elle se présentait en principe) :

La compréhension des communautés de vie et des lois du mouvement démographique est d'une éminente importance pratique [...] Il en va tout autant du point de vue fondamental où elle

¹ Cité in Harrington A. (1996), p. 269.

² Bertalanffy L. von (1941d), pp. 341-342.

³ Harrington A. (1996), pp. 197-198.

⁴ Deichmann U. & Müller-Hill B. (1994), pp. 160-161 et 166-181.

s'enracine : la conception holistique [*ganzheitliche*], organismique des communautés de vie [... Les travaux en écologie, en dynamique des populations, etc. qui ont contribué à leur étude] sont une belle et importante preuve de ce que notre conception organismique, loin d'être de nature purement académique, permet d'appréhender des problèmes économiques de nature hautement significative [...] La théorie des phénomènes généraux de la vie, la biologie générale, conduit non à une existence singulière d'érudit : ses problèmes sont ceux qui à maints égards se trouvent au cœur de notre vie. Ce serait en tous cas une grave erreur des plus graves que de vouloir faire reposer unilatéralement la recherche sur ce qui est susceptible d'applications pratiques immédiates [...] Ce qui apparaît aujourd'hui comme un simple jeu dans le domaine des pensées scientifiques peut être demain fondamental et décisif dans la dure réalité de la vie pratique¹.

Le III^e Reich était en proie à de permanentes luttes de pouvoir et se caractérisait dans une certaine mesure par une « anarchie institutionnelle » dont le scientifique pouvait tirer parti afin de garantir sa tranquillité et la bonne marche de ses travaux, à condition de savoir s'allier les faveurs des bons technocrates. La politique scientifique nazie laissait en fait des marges de manœuvre aux scientifiques, pourvu qu'ils acceptent les compromis et les compromissions nécessaires². L'attitude de Bertalanffy sous le III^e Reich, tant dans ses publications qu'institutionnellement, s'explique très largement par ces faits et s'inscrit dans la lignée « naturelle » de la logique de son adhésion au N.S.D.A.P. Son « nazisme », comme celui de bien d'autres de ses collègues, était essentiellement de circonstance. Ce qui ne signifie pas qu'il était totalement dépourvu d'affinités avec l'idéologie national-socialiste : il fit partie de ces universitaires auxquels l'idéologie que j'ai qualifiée à la suite de Ringer de « mandarinale » fournissait un corps de valeurs leur permettant, à défaut de se réjouir de la prise de pouvoir par un groupe dont la vulgarité et la barbarie ne leur échappaient pas, de s'en accommoder. La meilleure preuve en est fournie par sa correspondance, qui montre comment il put avoir durablement certains amis qui, contrairement à lui, embrassaient le national-socialisme avec conviction. Elle révèle en effet une amitié fidèle, commencée dans les années 1930 et poursuivie après-guerre, avec Alfred von Auersperg et son épouse, dont les convictions national-socialistes étaient hors de doute³. Cet aristocrate, neurologue à l'université de Vienne, adhéra au N.S.D.A.P. dès 1938 et s'engagea ensuite dans la S.S. Il se réfugia en 1945 au Chili (à Concepción) avec son épouse et non seulement Bertalanffy correspondit alors encore avec eux, mais il songea même à les rejoindre en 1952. En outre, le botaniste Fritz Gessner, le meilleur ami de Bertalanffy, fut comme ce dernier membre du N.S.D.A.P. et un ami d'Auersperg qui le resta après-guerre, envisageant lui aussi, en 1950, de le rejoindre au Chili. Il faut encore noter que Bertalanffy persista après-guerre à correspondre avec un certain B. Günther, un ami médecin de l'époque où il était à Vienne, lui aussi réfugié au Chili⁴. Il en va enfin de même avec un certain P. Hauser, biologiste réfugié quant à lui au Brésil (à São Leopoldo)⁵. Si je reste ignorant des activités précises de Günther et Hauser sous le III^e Reich, il est difficilement concevable que leur émigration n'ait pas au moins comme cause leur appartenance au Parti. Le point essentiel ici est toutefois qu'on ne trouve rien dans ces correspondances qui puisse être caractérisé comme des thèses national-socialistes mais, et ce de part en part, tout de ce qui faisait le fond caractéristique de l'idéologie « mandarinale », en particulier l'anti-modernisme et une attitude franchement aristocratique.

¹ Bertalanffy L. von (1940a), p. 72 et pp. 119-120. Voir aussi en des termes quasiment identiques (1941d), p. 258.

² Renneberg M. & Walker M. (1994), p. 11; Olf-Nathan J. (1993), p. 21; Renneberg M. (1993), p. 133; Szöllösi-Janze M. (2001), p. 11. L'expression « anarchie institutionnelle » est de Margit Szöllösi-Janze.

³ Correspondances de Ludwig von Bertalanffy avec Alfred et Martha von Auersperg, *Archives du B.C.S.S.S.*

⁴ Correspondance entre Ludwig von Bertalanffy et B. Günther, *Archives du B.C.S.S.S.*

⁵ Correspondance entre Ludwig von Bertalanffy et P. Hauser, *Archives du B.C.S.S.S.*

1-6 – Conclusion de la première partie : la problématique de Bertalanffy et les vocations de ses travaux

Avec l'incontournable examen qui précède s'achève le panorama des éléments constitutifs de la généalogie de la pensée bertalanffienne et des projets dont elle accoucha. À l'exception des enracinements de sa philosophie de la connaissance, seulement effleurés dans cette partie, et dont l'étude inaugurera ma seconde partie. Il s'agissait dans ce premier temps de fournir les clefs pour comprendre la problématique de Bertalanffy et les vocations de ses travaux ; et comme je vais le montrer, cette philosophie de la connaissance s'interprète plus adéquatement comme un instrument permettant de *développer* cette problématique que comme l'un de ses moments proprement dits : telle est la raison de mon choix méthodologique. Pourquoi Bertalanffy, initialement formé dans les « sciences de la culture », s'est-il dirigé vers une carrière de biologiste ? Pourquoi le fit-il dans une perspective à la fois holistique, théorique et axée sur des modes de pensée « exacts » ? Quelles vocations assignait-il à une telle biologie ? Ses premières publications permettent de répondre à ces questions, pour autant que l'on ait à l'esprit les points abordés dans cette partie.

Pétri des valeurs anti-modernistes solidaires de la réaffirmation de l'idéal de la *Bildung*, Bertalanffy prit pleinement acte de ce qu'il appelait « l'effondrement » ou « le déclin des vieilles formes de pensée » ; c'est-à-dire d'un « mécanisme » impossible à concevoir indépendamment de la « culture » dont il aurait constitué l'expression intellectuelle majeure :

[Dans la vision mécaniciste du monde du XIX^e siècle], la réalité ultime consistait en atomes suspendus dans l'espace vide [...] Le matérialisme, le déterminisme et l'atomisme étaient les piliers de l'image scientifique du monde. La manière dont ceci se répercuta sur les domaines particuliers est connue de tous : dans la mécanique classique, la psychologie associationniste, la théorie cellulaire en biologie et le combat darwinien des individus pour la vie, lequel à son tour se fondait sur des conceptions sociologiques atomistes, sur la libre concurrence des gens de Manchester¹.

L'ère mécaniciste, inaugurée par Descartes et Galilée, qui mène de Newton à Kant, puis à Robert Mayer, Hertz et Einstein, ce développement grandiose qui suivit son cours parallèlement à celui, colossal, de la technique européenne, arrive à son terme. La guerre mondiale fut la réfutation monstrueuse de cette époque dont l'espoir était de pouvoir amener l'humanité à un futur heureux par la mécanique et la technique. Le présent a démontré avec raison les limites historiques et humaines de cette ère de la mécanisation².

Le tableau virulent de cette « ère mécaniciste » brossé par Bertalanffy manifeste déjà les motifs éthiques de son rejet ; cette ère était pour lui non seulement « monstrueusement lugubre », mais en définitive profondément immorale :

Dans l'espace vide et sombre, des électrons et des atomes s'accumulaient, seulement régis par les lois physiques ; ils engendraient dans certaines circonstances des êtres vivants, dont l'évolution n'en était pas moins, selon la doctrine de Darwin, déterminée par les lois du hasard ; et l'homme enfin, dont la pensée universelle [*weltumspannend*] n'était conçue que comme un effet secondaire et assez superflu de ces événements se déroulant conformément à des règles rigides, et dont la libre volonté n'était qu'une auto-mystification. Le fanatisme de l'utilité du darwinisme, qui évalue chaque phénomène biologique en fonction de sa seule utilité, le slogan du combat pour la vie qui tient le jeu épouvantable du dévorer et être dévoré pour la quintessence de la vie, devait d'un autre côté – en tant qu'expression de la conscience de la vie à une époque brutale qui réduisait tout à la pure utilité – mener aussi l'individu à une conception matérialiste, brutale et cruelle du monde, selon laquelle l'homme lui-même ne possède pas de valeur propre³.

Contre nombre de ses contemporains, Bertalanffy perçut avec optimisme ce supposé effondrement du monde « mécaniciste » et la situation de « crise » générale qui caractérisait son temps. Il jugeait que « de chaque crise advient une synthèse nouvelle, plus profonde »⁴ que celles qui l'ont précédée, et qu'il y avait là une opportunité de renouer avec ce contre quoi s'était construite la

¹ Bertalanffy L. von (1932b), p. 5

² Bertalanffy L. von (1927c), p. 252. Voir aussi (1932b), p. 4 et (1933c), p. 252.

³ Bertalanffy L. von (1930a), p. 48. Ce passage fut aussi repris dans (1934b), p. 364.

⁴ Bertalanffy L. von (1932b), p. 4.

science « mécaniciste » et anti-aristotélicienne qu'Arthur Koestler (très inspiré par Bertalanffy) qualifia beaucoup plus tard de « science de la Terre plate »¹ ; à savoir la perception du monde comme un *cosmos* et l'édification d'une cosmologie correspondante :

On a jugé [cet état critique] comme le déclin ou l'effondrement de la science occidentale, mais un observateur optimiste peut avec autant voire plus de droits le tenir pour l'état initial encore instable et à peine ébauché d'une nouvelle phase de la science – *le chaos fertile à partir duquel un nouveau cosmos, une nouvelle vision du monde, se développera* dans le futur [...] Nous ne considérons en aucun cas l'état plus ou moins manifeste de transformation auquel sont sujettes toutes les sciences pour un symptôme de déclin, mais préférons y voir l'embryon de nouveaux développements².

Des « nouveaux développements » dont, justement, les modes « holistiques » [*ganzheitlich*] et « organismiques » de pensée seraient l'expression, constituant selon lui une « caractéristique essentielle du développement intellectuel moderne se déployant des plus hautes sphères de la pensée théorético-mathématique en physique à la biologie, la psychologie et jusqu'à la pratique de la médecine »³, sans parler de la sociologie et de la politique :

S'il est permis d'indiquer une caractéristique commune aux développements des sciences particulières par-delà leur variété et la diversité de leurs motifs – et même de la vision du monde en général et de ses répercussions pratiques et politiques – alors elle peut être aperçue dans l'émergence de conceptions organismiques ou holistiques dans tous les domaines intellectuels [...] L'historien de la science du XX^e siècle devra peut-être considérer son moment essentiel comme le détournement de la trinité de « la vision mécaniciste du monde » [matérialisme, déterminisme et atomisme]. La nouvelle physique a ébranlé le matérialisme et le déterminisme de la mécanique classique ; elle touche même à l'ancien principe de la nature sommative des événements physiques, cependant que des conceptions holistiques émergent en son sein. En psychologie, la théorie de la *Gestalt* combat pour des conceptions holistiques. Quant à la sociologie et à la politique, elles veulent sortir de l'atomisme des individus qui ne se laissent isoler qu'avec mauvaise grâce⁴.

Bertalanffy voyait dans ce mouvement un retour nécessaire aux origines de la science moderne, non seulement à la Renaissance, mais bien plus en amont à ses sources pré-socratiques, à commencer par Héraclite – ancêtre d'une « vision monadologique du monde » qu'une sorte de « renaissance fechnérienne » avait réactualisée :

La science la plus moderne, par un développement remarquable, revient à ses origines, aux concepts des philosophes présocratiques⁵.

Ce retour à la « philosophie mythique » exprimait à ses yeux (contrairement aux mysticismes en tous genres qui pullulaient alors) la véritable « seconde religiosité » dont avait parlé Spengler, en tant que prémice de l'avènement d'une nouvelle « culture ». L'interprétation de Bertalanffy semble pouvoir être décrite comme une transposition du concept phylogénétique de « paédomorphose » à l'évolution intellectuelle occidentale, à savoir l'idée que l'évolution peut, en certaines circonstances, être rétrograde, parcourir une voie s'étant révélée être une impasse dans le sens inverse, avant de repartir dans une direction plus prometteuse⁶. Un holisme scientifique d'inspiration monadologique incarnait pour Bertalanffy une telle direction. Admettre le principe même de sa possibilité imposait de reconsidérer les rapports entre science d'une part et mythe, mystique et métaphysique d'autre part. La discussion de ces rapports dans le sens d'une nécessaire synthèse en rupture tant avec les positivismes qu'avec les tendances irrationalistes et ennemies de la science telles que Spann les incarnait, fut omniprésente dans ses premiers écrits. Il écrivit dès sa thèse que la « vision du jour » de Fechner pouvait être vue comme « l'augure de la synthèse future qui devra[it] réconcilier la religion et la science » et qu'il était « impératif de travailler à un équilibre entre d'un côté l'étude concrète de la

¹ Koestler A. (1967, 1968), p. 113.

² Bertalanffy L. von (1928a), pp. 2-3. Voir aussi (1933c), p. 252. Les italiques me sont propres.

³ Bertalanffy L. von (1933c), p. 261.

⁴ Bertalanffy L. von (1932b), p. 5. Voir aussi (1933c), p. 252.

⁵ Bertalanffy L. von (1927c), p. 263. Voir p. 255 pour l'expression « renaissance fechnérienne ». Voir aussi (1927d), p. 662 en ce qui concerne le « retour » de la physique aux présocratiques, en théorie de la relativité et en physique atomique principalement.

⁶ Sur ce concept, voir notamment Koestler A. (1967, 1968), pp. 155-158. La néoténie, phénomène dont l'importance dans l'anthropologie philosophique de Bertalanffy sera évoquée au début de ma seconde partie, se range parmi les phénomènes de paédomorphose.

nature et d'un autre côté la spéculation philosophique et l'intuition »¹. Deux ans plus tard, il insista dans son essai sur le Cusain sur le fait que sa mystique, comme celle d'Eckart, avait constitué « le prolégomène du nouvel esprit mondain [*weltfreudig*] » dont la science moderne fut l'efflorescence et qu'il était en définitive légitime de considérer que les Lumières allemandes [*Aufklärung*], dont il chercha à faire du Cusain un précurseur, s'étaient « développées à partir de l'esprit de la mystique, y enracinant leurs plus profondes idées »².

La clarification de ses positions vint en 1929 et 1932, dans ses articles sur la philosophie de Vaihinger déjà cités³ où il affirma la nécessité, tout en délimitant leurs rôles et perspectives, de parvenir à une fécondation mutuelle entre science d'une part et mythe, intuition mystique et rationalisations métaphysiques d'autre part, chacun étant susceptible de gagner de la « synthèse future » qu'il appelait de ses vœux une source de problématiques et d'enrichissement, et d'œuvrer ensemble à une vision unifiée du monde tout en progressant dans leur logique propre. L'urgence dans une époque désenchantée telle que la sienne était pour Bertalanffy comme pour Vaihinger de « combattre pour un nouveau mythe », mais sans sombrer dans un mysticisme sentimental ou dans l'« utopie classiciste » des néo-romantiques. Et il pensait qu'il fallait justement revenir aux sources de la science moderne, lorsque s'opéra une renaissance de l'intérêt pour la nature, afin d'en trouver l'inspiration. Cette renaissance aurait suivi « deux chemins parallèles » : l'approche physico-mathématique d'une part, et une pensée mythique « poursuivant la philosophie présocratique » d'autre part qui, refoulée depuis le XVII^e siècle, ne serait depuis lors guère sortie de l'ombre qu'avec les *Naturphilosophen* romantiques. Il jugeait nécessaire de faire converger ces deux voies, description de la nature par la « *domination conceptuelle* des phénomènes » et *signification*. Il s'agissait de la sorte tout autant de guérir la science d'une hémiplegie à laquelle elle se serait condamnée de peur de perdre son âme que de contrer ce que Bertalanffy lui-même percevait comme l'inquiétante montée de la barbarie. Évoquant l'avènement des conceptions dynamicistes et holistiques en science en général et en biologie en particulier (aux premiers rangs desquelles les siennes) ainsi que leur connexion avec la « tradition monadologique », il écrivit ainsi en 1927, résumant limpide son inspiration initiale :

L'unité de l'objet et du sujet, de la nature et de la connaissance, de l'intuition et du concept, telle qu'elles sont données sous une forme naïve dans la philosophie antique, apparaissent ressuscitées dans la « pensée intuitive » de Goethe et seront *sous une forme critique le fondement d'une nouvelle théorie de la connaissance* [...] La philosophie moderne de la vie ne sera en fin de compte rien d'autre qu'un retour à la philosophie d'Héraclite à un niveau plus élevé [...] Le nouveau mythe, tel qu'il commence à opérer dans la philosophie fécondée par la science de la nature, sera précisément la forme la plus noble que puisse prendre la « seconde religiosité ». La conception mythique de la nature, telle qu'elle forme le noyau du concept moderne de vie et que nous voyons revenir selon une trajectoire puissante au berceau proche-oriental de toutes les sciences, sera en mesure de chasser les fantômes et le grotesque d'un mysticisme que nous voyons de nos jours surgir de partout. Un mysticisme qui a pour but d'ériger un nouveau Moyen-Age, de mener l'époque moderne aux formes barbares de la chrétienté médiévale. Retourner ce nouveau mysticisme en un moyen d'une nouvelle joie mondaine, d'un nouveau mythe, d'un nouveau sentiment de l'unité de l'Homme et du Tout, telle est la tâche. *Que le mysticisme ne nous repousse pas vers la nuit de la nescience [Unwissen] et de la croyance, mais qu'il devienne lui-même un moyen d'une appréhension plus profonde de la nature, telle est la tâche la plus noble de la science* [...] Il peut nous sortir de la terne pénombre d'un monde unilatéralement rationnel, dépourvu d'âme et mécanisé, et nous conduire vers le monde créateur et fertile qui se manifeste non à travers les lunettes grises de l'entendement, mais à travers le regard d'enfant émerveillé du mythe⁴.

La biologie apparut très naturellement à Bertalanffy comme le domaine crucial où l'élaboration du « nouveau cosmos » et de la « synthèse » recherchés pouvaient trouver leur assise. Il en fournit lui-même la raison profonde :

Ces transformations [i.e. l'avènement de conceptions « organismique » ou « holistiques » dans tous les domaines] laissent clairement apparaître la raison pour laquelle *la science de la totalité et de*

¹ Bertalanffy L. von (1926a), p. 20 et p. 99 respectivement.

² Bertalanffy L. von (1928c), p. 7 et p. 27 respectivement.

³ Bertalanffy L. von (1929f) et (1932a). Voir la fin du 1-3-4-3.

⁴ Bertalanffy L. von (1927c), pp. 263-264 (voir aussi p. 254) ; voir également (1932a), pp. 90-91 et (1948a), p. 366.

l'organique par excellence, la biologie, est appelée aujourd'hui, comme jamais elle ne le fut auparavant, à jouer un rôle dans notre vision du monde¹.

Il s'appropriera pleinement l'idée de Driesch selon laquelle la tâche de fournir les fondements d'une vision du monde ne revenait pas qu'aux philosophes de la culture, mais aussi et avant tout aux biologistes. C'est qu'il prenait très au sérieux, en y percevant autant les espoirs que l'on pouvait y mettre que ses dangers manifestes, la place centrale prise par la biologie à son époque. Cette place, eu égard à ses relations aux sciences physiques et à la psychologie, avait en partie un caractère naturel ; mais elle tenait surtout à un contexte qui donnait aux concepts de « vie » et de « totalité » des résonances culturelles, idéologiques et politiques inédites :

La science de la vie est désormais devenue dans une certaine mesure un carrefour auquel se croisent les développements intellectuels contemporains [...] Les théories biologiques ont acquis une signification idéologique et même ouvertement politique [...] Les problèmes de la biologie commencent, bien au-delà de l'étroit domaine spécialisé, à exercer leur influence sur l'ensemble de notre vie publique [...] De même qu'elle a d'un côté les points communs les plus forts avec la physique et la chimie, elle se tient d'un autre côté en relation des plus étroites avec les sciences de l'esprit : les processus psychologiques jouent un rôle en biologie cependant que la science de la vie doit être le fondement nécessaire de la science de l'âme ; la sociologie attend de la biologie des éclairages fondamentaux pour toute notre vie en commun ; et en ce qui concerne enfin la philosophie et la vision du monde, le problème de la vie est précisément devenu leur centre².

Mais pour que la biologie puisse assumer ce rôle éminent, encore fallait-il qu'elle soit dans la situation d'y parvenir, ce qui imposait qu'elle soit elle-même assurée dans ses fondements. Tel était précisément le problème, puisque son état de « crise » était au contraire source de confusion, non seulement en biologie proprement dite, mais aussi dans ses multiples connexions contemporaines avec les autres domaines de la vie intellectuelle. D'où pour Bertalanffy la nécessité impérative d'une biologie théorique, seule capable de « fournir à la biologie les capacités de satisfaire aux exigences » qui lui appartenaient³, notamment d'être en mesure d'éviter les « philosophies de la vie » nébuleuses et les spéculations infondées et dangereuses invoquant à des fins idéologico-politiques de prétendues « lois » et principes biologiques n'ayant aucune véritable légitimité scientifique. Une biologie théorique dont la vocation ultime serait donc libératrice :

Le concept de « vie » est – sous des formes multiples – devenu un concept central de la pensée moderne. Mais l'état problématique de la biologie a à maints égards conduit à la situation où les « philosophies de la vie » n'ont jusqu'à présent été pleinement satisfaisantes ni du point de vue scientifique, ni du point de vue pratique ; nous voyons alors d'autant plus clairement l'importance de la clarification théorique de la biologie comme celle de la connaissance biologique fondamentale de la part du philosophe, afin qu'une « philosophie de la vie » reposant sur des fondements assurés devienne possible, qui fournisse la seule vision du monde adéquate à la situation contemporaine de l'ensemble de la vie intellectuelle. Ce qui signifie aussi en même temps que les problèmes théoriques de la biologie ne concernent pas qu'un cercle étroit de spécialistes, mais chaque homme réfléchissant en général, qui aspire à une vision du monde assurée [...] Puisque l'état de crise de la science de la vie nourrit des conséquences idéologiques dangereuses, *la seule clarification possible de la vision du monde ne peut venir que d'une biologie théorique assurée de manière critique*. C'est seulement sur ce terrain qu'une véritable « philosophie de la vie » sera possible, alors que celles qui ont jusqu'à présent vu le jour sont, des points de vue tant philosophique que scientifique, des phénomènes transitoires plus ou moins problématiques⁴.

La mission centrale assignée à la biologie théorique par Bertalanffy (qui partageait ici l'inspiration des théoriciens de la *Gestalt*) était de « rendre justice à la totalité tout en la rendant accessible à la science »⁵. De servir au fond de « laboratoire » où seraient élaborés les outils de transformation de la vision monadologique du monde en une cosmologie systémique dont les concepts, principes et lois seraient précisément formulés ; d'en finir, donc, avec le confinement du holisme à la spéculation

¹ Bertalanffy L. von (1932b), p. 5.

² Bertalanffy L. von (1930a), pp. 4-5.

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 5.

⁴ Bertalanffy L. von (1930a), respectivement pp. 4-5 et 50. Les italiques me sont propres. Voir aussi (1932b), p. 4.

⁵ Bertalanffy L. von (1930a), p. 20.

métaphysique, voire au règne exclusif de l'intuition et du sentiment. Et conformément à sa volonté de faire confluer « domination conceptuelle des phénomènes » et signification, les « deux chemins parallèles » sur lesquels l'étude de la nature s'était à de rares exceptions près (telles que Fechner) simultanément aventurée depuis la Renaissance, il jugea rapidement essentiel de faire de cette biologie théorique, conçue en tant que « théorie systémique du vivant » [*Systemtheorie des Lebens*], le lieu d'une rencontre intime entre holisme et pensée nomothétique « exacte ». Selon Bertalanffy, rien de bon ne pouvait advenir tant que la « totalité » restait un slogan creux ; elle devait au contraire devenir un *problème* suscitant le développement de méthodes et de concepts spécifiques rigoureux permettant de l'appréhender de manière féconde. Dans ces conditions, tout en bénéficiant de la biologie théorique du point de vue de son propre développement, une certaine forme – « organismique » – de holisme devenait le cadre même d'édification de la biologie théorique, « le principe directeur et le point de départ de la connaissance des lois du vivant » :

On abuse souvent de nos jours du concept de « totalité » ; on croit bien souvent avoir résolu toutes les énigmes lorsque l'on insiste sur le caractère de totalité de l'organisme. Nous ne voulons pas comprendre ce concept en ce sens. *Le trait holistique de la vie* n'est pas une illusion à caractère métaphysique ou mystique, il est au contraire le fondement de l'élaboration de lois rigoureusement formulables pour l'organique. *La totalité organique n'est ni un concept métaphysique, ni un domaine où sont formées des hypothèses échevelées, ni un asile pour la nescience* sur lequel une quelconque « compréhension » intuitive pourrait se reposer : elle constitue un *problème qui peut et doit être étudié avec les méthodes des sciences exactes* de la nature [...] Il ne s'agit pas pour les développements holistiques en biologie d'ébranler les fondements des sciences exactes de la nature, mais d'élargir celles-ci à un système de concepts plus riche et correspondant mieux à l'expérience¹.

Mais Bertalanffy, philosophe de vocation et de formation, ne devint en quelque sorte biologiste que par nécessité, et seulement le temps d'y élaborer ses concepts, d'y puiser la matière scientifique nécessaire à l'accomplissement de sa véritable vocation : la biologie théorique d'inspiration « organismique » telle qu'il en conçut le programme à la fin des années 1920 et telle qu'il chercha à la développer concrètement dans les années 1930 et 1940, ne constituait en fait pour lui qu'une phase nécessaire au développement d'une vision du monde adéquate à une époque dont la « vie » était devenue la « reine secrète », simultanément appelée par l'épuisement du paradigme « mécaniciste » (une réalité au moins en physique) et par le naufrage (attesté par l'absurde carnage de la première guerre mondiale) d'une culture qui avait fini par réduire l'homme à un dérisoire moyen, à un appendice de la « machine » :

La nouvelle conception [organismique], d'abord parvenue à maturité sur le terrain de la biologie, sera en mesure de s'élargir à une vision générale du monde².

Une vision générale du monde anti-moderniste et à dimension éthique affirmée qui, bien que radicalement hostile aux mécanicistes, ne devait pas être un nouvel obscurantisme d'inspiration vitaliste plaçant la « vie » hors d'atteinte de la science :

Il est clair qu'une époque qui trouve sa joie dans une domination toujours plus complète de la nature tendra à dominer aussi bien théoriquement que techniquement la plus merveilleuse formation du cosmos, la vie, et à concevoir les êtres vivants comme des machines. Réciproquement, une époque inquiète de sa similitude à Dieu, qui ressent que la science, en dépit de ses monumentaux triomphes, ne peut dévoiler qu'une fraction infime du secret de l'Être [...] et en vient à l'idée qu'elle ne saurait trouver son but existentiel dans la domination technique de la nature, aboutira à une vision vitaliste de la vie, dont les soi-disant démonstrations scientifiques ne sont guère que des déguisements de besoins sentimentaux. Il ne faut en aucun cas ignorer les dangers des deux conceptions [...]

L'avenir de notre culture est des plus étroitement lié au développement de la biologie. Notre époque technique construite sur les succès de la physique s'est engagée dans des voies de développement peu réjouissantes qui suscitent de nos jours avec toujours plus de force l'appel à un dépassement de la technique et de la mécanisation de la vie. Peut-être est-il permis d'espérer qu'un développement adéquat de la science de la vie modifiera le visage de la Terre d'une meilleure manière que la technique ne l'a fait. Tandis que les puissances de la nature inorganique, emprisonnées dans les machines grandioses de notre époque de fer, se sont révoltées contre l'homme, leur maître, il est

¹ Bertalanffy L. von (1937b), p. 20 et p. 178, ainsi que (1940a), p. 119. Les italiques me sont propres.

² Bertalanffy L. von (1934b), p. 365.

peut-être permis de dire qu'un développement adéquat devra poser la vie au centre de la culture. Un tel développement ne mènera pas alors, comme ce fut le cas avec la technique, à un mépris et à une extermination de la vie humaine, mais découvrira plutôt le moyen de sa conservation, de son élévation et de son accomplissement¹.

L'œuvre de Bertalanffy doit en fin de compte être simultanément lue sur les plans scientifique, épistémologique, éthique et idéologique, ce qu'il ne cacha guère. Que ces dimensions aient, au moins à l'époque, été objectivement difficiles à dissocier radicalement, Schlanger et Canguilhem en ont fourni une explication qui rejoint les vues du Viennois :

Le recours au technique comme modèle d'explication du non-technique, qu'il s'agisse du vivant ou de l'univers, constitue l'une des constantes les plus importantes de la pensée. En ce lieu, l'univers mental de la logique occidentale et celui de la civilisation occidentale coïncident².

La mécanisation de la vie, du point de vue théorique, et l'utilisation technique de l'animal sont inséparables. L'homme ne peut se rendre maître et possesseur de la nature [comme y invitait Descartes] que s'il nie toute finalité naturelle et s'il peut tenir toute la nature, y compris la nature apparemment animée, hors lui-même, pour un moyen³.

Bertalanffy aurait sans nul doute souscrit à ces réflexions ; à ceci près qu'il n'en aurait probablement pas partagé la restriction finale, lui qui considérait non sans motifs la réduction de l'homme à un moyen comme inscrite dans le projet occidental moderne...

¹ Bertalanffy L. von (1930a), respectivement pp. 47-48 et p. 8.

² Schlanger J. (1971), p. 28.

³ Canguilhem G. (1965, 1998), p. 111.

Seconde partie

La genèse du projet de « systémologie générale » de Ludwig von Bertalanffy

**Du perspectivisme au projet « systémologique »
général *via* la biologie « organismique »
et la « théorie des systèmes ouverts »**

L'enquête généalogique réalisée dans la première partie avait pour objectif de fournir l'arrière-plan de la genèse du projet de « systémologie générale » de Bertalanffy dans ses multiples dimensions culturelles, scientifiques, métaphysiques et idéologiques. Il va s'agir dans la seconde partie de considérer cette genèse dans sa chronologie et sa dynamique ; non plus seulement de pointer les enracinements de ce projet, mais d'examiner les ressorts effectifs de son développement original.

On pourrait songer à limiter strictement cette étude à l'intervalle de temps situé entre 1923, date de publication par Bertalanffy de son premier article, et la fin 1937, date à laquelle il exposa pour la première fois son projet. Une telle périodisation semble toutefois inadéquate, pour plusieurs raisons. La première est qu'on ne dispose d'aucun élément tangible sur son premier exposé, seule étant connue à ce sujet l'hostilité qu'il rencontra : on ne peut en fait connaître le projet « systémologique » de Bertalanffy que par la manière dont il l'exposa à partir de 1945, qui ne fut pas nécessairement la même qu'en 1937 et dont on peut légitimement penser qu'elle ne correspondait pas à un même degré de maturité de la réflexion. La seconde raison, étroitement connectée à la première, tient au fait que la prise en compte de ses travaux publiés entre 1938 et 1944 permet de mieux dégager la dynamique intellectuelle ayant présidé à l'élaboration du projet « systémologique » *avant* cette période, parce que ces travaux ne furent en réalité que des approfondissements de ceux qui les avaient précédés, ayant de surcroît à la fois le mérite de les mener pour la plupart à leur terme et celui d'en fournir des exposés plus clairs eu égard à leurs fondements épistémologiques – notamment avec la publication, en 1942, du second volume de sa *Theoretische Biologie*. Si cette seconde partie a pour objectif de rendre compte de la possibilité pour Bertalanffy d'exposer son projet dès 1937, elle vise donc aussi simultanément et presque par nécessité méthodologique à rendre compte de sa première période de maturation, qui correspond grossièrement aux années de la seconde guerre mondiale.

Les deux premiers moments de cette étude, dont la nécessité va d'emblée être expliquée, concernent la théorie de la connaissance dont Bertalanffy exposa la plupart des traits essentiels tout au long de la période 1923-1942 en parallèle de ses travaux scientifiques, que ce soit dans certains courts articles voués à cette fin ou dans de plus ou moins longues réflexions méthodologiques et épistémologiques incluses dans ses publications scientifiques. Un premier chapitre traitera de cette théorie de la connaissance en tant que telle. Le second sera quant à lui voué à considérer la manière dont cette théorie affecta la philosophie des sciences de Bertalanffy, et plus spécifiquement sa compréhension du concept de système et des perspectives holistiques et émergentistes. Le troisième chapitre, comme tout le reste de cette thèse d'ailleurs, s'appuiera sur les deux premiers. Il exposera ce que Bertalanffy appelait lui-même sa « conception organismique » de la biologie, qui consistait à la fois en une perspective biophilosophique particulière portée sur le monde de la vie et en un programme scientifique destiné à la rendre opérationnelle. Je montrerai que cette conception, développée pour l'essentiel entre 1926 et 1932, constituait une « systémologie biologique » préfigurant à maints égards son projet de « systémologie générale », sans pour autant pouvoir être considérée comme une simple « déclinaison biologique » qu'il aurait ensuite progressivement généralisée. Il se révélera en effet que la compréhension bertalanffienne du rôle et de l'intérêt éminent des modes de pensée « exacte » pour les approches systémiques qu'il cherchait à promouvoir était encore loin d'être mature en 1932. Le quatrième chapitre exposera justement l'ensemble des travaux contemporains ou légèrement antérieurs qui, tout en étant fondateurs de la « biologie mathématique », jouèrent ce rôle décisif de maturation dans l'élaboration de sa « systémologie générale », principalement entre 1933 et 1937. Un cinquième chapitre montrera ensuite comment Bertalanffy développa ses propres recherches biomathématiques, dans le cadre d'un effort plus général initié en 1933 pour mettre en œuvre son programme « organismique » en biologie. Les premiers succès que le Viennois rencontra permettront déjà de rendre compte de la possibilité pour lui de formuler dès 1937 son projet « systémologique ». Mais il s'agira aussi de pointer les limites de ses travaux biologiques, et surtout de mettre en évidence la dynamique de leur développement. La prise en compte des recherches effectuées par Bertalanffy entre 1938 et 1944 apparaîtra très utile à cet égard. Elle le sera aussi dans un sixième chapitre consacré à la « théorie générale des systèmes ouverts » qu'il esquissa en 1939-1940, dont je chercherai à élucider le rôle spécifique dans la genèse de sa « systémologie générale ».

2-1 – Importance, origines et fondements du perspectivisme de Bertalanffy

2-1-1 – *Nécessités d'une prise en compte de la théorie de la connaissance de Bertalanffy en préalable à toute interprétation de ses travaux*

Accorder une attention particulière à la théorie de la connaissance de Bertalanffy avant toute considération de ses travaux scientifiques peut paraître paradoxal dans l'optique d'une histoire de son projet « systémologique » général. En effet, bien que presque tous ses écrits soient parsemés de réflexions et de remarques d'ordre épistémologique, on ne trouve pas dans son œuvre de véritable systématisation de ses positions. Même son essai publié en 1955 « sur la relativité des catégories », qui s'approche d'une telle systématisation, laissa implicites bien des aspects de ces positions, lesquels ne s'éclairent qu'à la lumière d'autres textes. Appréhender la théorie de la connaissance de Bertalanffy impose ainsi une tâche ressemblant fort à la construction d'un puzzle. De surcroît, c'est surtout à partir des années 1950, donc tardivement, qu'il formula les réflexions épistémologiques les plus détaillées en livrant les pièces maîtresses de cette théorie. Pourquoi donc mon choix d'une présentation décalée ?

2-1-1-1 – *La précocité et le rôle central du perspectivisme de Bertalanffy*

La première raison de ce choix est qu'il m'apparaît impossible de comprendre correctement le sens des travaux de Bertalanffy sans avoir constamment à l'esprit cette théorie de la connaissance. Une théorie qu'il choisit pour la première fois en 1953 de qualifier de « perspectivisme »¹, les termes « perspective » et « perspectiviste » apparaissant néanmoins chez lui dès 1937 dans une discussion portant sur les conséquences épistémologiques de la théorie des « milieux » de Uexküll². Un enjeu majeur à cet égard est, comme je le montrerai au 2-2, la signification du concept de « système » ; c'est-à-dire la question de la nature des êtres voués à former les objets de la « systémologie générale », et donc l'interprétation bertalanffienne de l'ontologie systémique. Un autre enjeu en est la compréhension que Bertalanffy eut des méthodes inhérentes à ce projet, et plus profondément encore de ses vocations scientifiques et philosophiques.

Une raison supplémentaire de mon choix est que les contours de son perspectivisme se dessinent dès ses premières publications (de 1923 à 1932, et cela vaut même pour la toute première). Bien des aspects épistémologiques de ses travaux scientifiques réalisés entre la fin des années 1920 et le début des années 1940 trouveront leur explication, c'est-à-dire leur cohérence épistémologique, grâce à l'explicitation des présupposés de leur auteur : que son perspectivisme soit durablement resté largement implicite ne signifie pas qu'il n'opérait pas déjà.

2-1-1-2 – *Le problème des interprétations erronées des positions de Bertalanffy*

L'importance de l'analyse de la théorie de la connaissance de Bertalanffy se perçoit d'autant mieux si l'on considère les études qui lui ont déjà été consacrées, ou plus généralement les références dans la littérature systémique. De mon point de vue, qu'il s'agira bien sûr de justifier, presque toutes souffrent en effet d'une information trop parcellaire sur ses écrits abordant les questions ontologiques et épistémologiques, et sont en conséquence amenées à des interprétations erronées de sa compréhension du projet « systémologique » général. Pour nombre d'entre elles, la raison en est la référence exclusive ou quasi-exclusive au livre publié en 1968, *General System Theory* : il ne constitue qu'un recueil hétéroclite d'essais antérieurs partiellement traduits, que Bertalanffy jugea certes les plus représentatifs de son projet « systémologique », mais qui ne fournissent pas, même dans leur ensemble, les clefs nécessaires pour comprendre ses positions en théorie de la connaissance, et restent au contraire marqués par des ambiguïtés significatives. Un problème majeur est le manque, chez la plupart de ces commentateurs, de connaissance des écrits de Bertalanffy en allemand, en particulier de ses écrits précoces. Un autre, qui concerne aussi ses commentateurs germanophones, est la tendance à

¹ Bertalanffy L. von (1953a), p. 236.

² Bertalanffy L. von (1937b), p. 155.

l'interpréter coûte que coûte dans un sens prédéterminé, quitte à le citer en omettant certains passages allant précisément à l'encontre de l'interprétation avancée. Le plus aberrant avec cette ignorance ou ces biais est que des systémiciens ont pu prétendre développer des conceptions « révolutionnaires » (telles que la « théorie critique des systèmes ») en balayant d'un revers les positions soit disant naïves de Bertalanffy, alors que l'on pourrait retrouver tous leurs arguments chez lui.

Un rapide tour d'horizon suffira à montrer cette confusion. Un récent critique a pu parler de *l'ontologie réaliste* de Bertalanffy et même de « tous les théoriciens des systèmes généraux », tout en prétendant réhabiliter contre eux les vues de Kant sur le concept de système¹. Un autre, pourtant dans ce que je considère par ailleurs comme la plus fine analyse du projet de Bertalanffy, avait quelques années plus tôt étiqueté sa position comme celle d'un *réalisme analytique* et même d'un *essentialisme*, au prix d'une troncature très significative dans une citation pourtant cruciale². Certains philosophes du monde « communiste », qui décelaient des convergences intéressantes entre la pensée de Bertalanffy et le matérialisme dialectique, jugèrent même que le point de vue philosophique sous-jacent en était le *matérialisme* (« timidement » dialectique), voire le simple « matérialisme scientifique spontané »³. D'autres encore ont cru pouvoir l'inscrire dans le mouvement *phénoménologique*, en insistant paradoxalement à la fois sur sa « croyance en la possibilité d'atteindre une certitude » et sur un prétendu « relativisme », tout en mettant en exergue le soi-disant reflet d'« *anti-kantisme* » qui s'y manifesterait, là encore au prix de citations tronquées⁴. Enfin, certains ont jugé plus pertinent d'inscrire sa pensée dans la tradition *positiviste*, en soulignant en particulier sa proximité avec le phénoménalisme de Mach⁵.

2-1-1-3 – Premiers éléments sur l'inscription du perspectivisme de Bertalanffy dans la tradition critico-idéaliste

Si chacun de ces « étiquetages » contient une part de vérité, Bertalanffy s'est chargé lui-même de les récuser et d'indiquer la voie d'une interprétation correcte de ses positions, certes à défaut d'être systématique. J'ai déjà assez évoqué dans ma première partie (surtout aux 1-1-2-4, 1-3-1, 1-4-2-2 et 1-4-3-2) son opposition au matérialisme et au substantialisme, dont il ne saurait être taxé. Bien qu'il ait eu Schlick comme directeur de thèse et ait débattu jusqu'au début des années 1930 avec les membres du « Cercle de Vienne » en participant à certains séminaires et en contribuant à la revue *Erkenntnis*, Bertalanffy fut par ailleurs tout sauf un néo-positiviste. Il en indiqua lui-même les raisons majeures, qu'il me faudra par la suite préciser et interpréter :

J'ai été formé dans la tradition néo-positiviste du groupe de Moritz Schlick, plus connu ultérieurement sous le nom de « cercle de Vienne ». Néanmoins, l'intérêt que je portais manifestement au mysticisme allemand, au relativisme de Spengler, à l'histoire de l'art et à d'autres sujets aussi peu orthodoxes, excluait que je devienne un bon positiviste⁶.

L'épistémologie (et la métaphysique) du positivisme logique étaient fondées sur les idées de physicalisme, d'atomicité et la théorie de la connaissance « de la caméra ». Au regard des connaissances actuelles, tout ceci est périmé⁷.

La science et la philosophie ne se sont jamais débarrassées de la métaphysique et la métaphysique du positivisme en est une particulièrement naïve et superficielle⁸.

La recherche scientifique se conforme rarement aux commandements rigides des positivistes. Beaucoup de développements scientifiques ont commencé avec des problèmes « métaphysiques »

¹ Dubrovsky V. (2004), p. 109 et p. 113 en particulier. Le point de vue de Kant sera considéré au 2-2-3-5.

² Müller K. (1996), p. 220. La citation tronquée en question élude entièrement le constructivisme de Bertalanffy qui apparaît dans l'original.

³ Ainsi Bendmann A. (1963), ppp. 216-221 et (1967), pp. 17-18.

⁴ Georgiou I. (1999), pp. 594-596 et (2000), surtout p. 396 et p. 410. Georgiou a tronqué précisément ce qui montre que toutes les critiques de Bertalanffy à Kant sont en fait d'inspiration néo-kantienne et tendent à s'opposer à son interprétation, laquelle est comme il apparaîtra réfutée par d'autres écrits bertalanffiens dont l'auteur semble avoir ignoré l'existence.

⁵ Afanasjew W.G. (1962), notamment p. 1044.

⁶ Bertalanffy L. von (1968a), p. 11.

⁷ *op. cit.*, p. XVIII.

⁸ Bertalanffy L. von (1967a), p. 55.

qui, selon le positivisme logique, auraient d'emblée dû être discrédités en tant que pseudo-problèmes¹.

Il doit être dit que le positivisme moderne a été un mouvement particulièrement stérile. Il est paradoxal que les « philosophes de la science » n'aient contribué ni à la recherche empirique ni à de nouvelles idées dans la science moderne – tandis que des philosophes professionnels ou à mi-temps, censurés pour leur « mysticisme », leur « métaphysique » ou leur « vitalisme », le firent indubitablement. Eddington et Jeans en physique, Driesch en biologie, Spengler en histoire, ne sont que quelques exemples².

Il apparaît dans sa correspondance avec les philosophes Arthur H. Bentley et Arno Bendmann que Bertalanffy rejetait vigoureusement l'idée d'être assimilé à un positiviste, quelle que soit l'acception du terme. Il écrivit par exemple au premier que « tandis que les logico-positivistes prétendent à une rigueur et une exactitude logique absolues dans leur terminologie et leur symbolisme, leurs concepts fondamentaux sont vagues et approximatifs ». Il rejoignit pleinement tant les critiques opérées par Bentley et John Dewey que celles, particulièrement acérées, publiées en 1966 par le philosophe britannique Stephen Toulmin, qui accusa l'empirisme logique de « simple et vain formalisme » excellent dans des « rituels purement liturgiques » mais qui, marqué par un « isolement scolastique » eu égard au développement historique effectif de la science, n'a jamais été capable d'y contribuer et apparaît bien au contraire comme un « obstacle majeur » à cet égard³. Bertalanffy ne cessa en fait de répéter que son perspectivisme constituait une théorie de la connaissance opposée aux positivismes en général, et non seulement au positivisme logique⁴, même si ce dernier fut souvent visé au premier chef par ses critiques. S'il exagéra cette opposition pour des raisons « stratégiques » que j'expliquerai, elle était bien réelle – une réalité qui n'excluait toutefois pas, nous aurons l'occasion de l'observer, de multiples convergences.

C'est en fait vers la tradition critico-idéaliste qu'il semble nécessaire de se tourner afin de percevoir les influences les plus profondes de Bertalanffy et la nature de son perspectivisme. On peut lire dès le début de sa thèse comment il s'opposa d'emblée autant au réalisme qu'à l'idéalisme subjectif, tout en laissant entendre qu'il s'inscrivait dans la tradition initiée par Kant (quitte, en fait, à la faire évoluer) :

[Il faut] contourner les difficultés tant du réalisme transcendantal que de l'idéalisme subjectif [...] La conception réaliste ne peut être satisfaisante dans la mesure où un être en soi du monde physique en tant que matière, énergie, etc., est impensable. Que le concept d'une chose en soi soit auto-contradictoire doit être tenu pour l'un des résultats les plus assurés de la philosophie depuis Kant. Tout objet présuppose un sujet pensant et le monde physique, énergétique, en tant qu'il est objectif, ne peut être réel en soi. Mais d'un autre côté, l'idéalisme subjectif ne saurait satisfaire non plus, lui qui rabaisse le monde à une illusion des sens : par ses régularités légales et sa stabilité, le monde se manifeste clairement assez en tant que réalité⁵.

Bertalanffy, lorsqu'il chercha à situer sa pensée, mentionna d'ailleurs comme ses pères spirituels ces néo-kantiens majeurs que furent Vaihinger, Reiningger et Cassirer. Il décrit le premier, auquel il consacra quatre essais dans sa jeunesse⁶, comme « un ami paternel »⁷. Il fit sa connaissance dans les années 1920, alors que Vaihinger était déjà fort âgé et aveugle. Et fut plusieurs fois accueilli dans sa résidence de Halle⁸, où Vaihinger avait enseigné depuis 1884.

¹ Bertalanffy L. von (1960a), p. 203.

² Bertalanffy L. von (1962a), p. 8.

³ Toulmin S. (1966), surtout p. 133. Lettres de Bertalanffy L. von à Bentley A.H. (20/09/1950) et à Bendmann A. (12/04/1966), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁴ Bertalanffy L. von (1960a), p. 204 et (1960c), p. 20 par exemple.

⁵ Bertalanffy L. von (1926a), p. 5.

⁶ Bertalanffy L. von (1929g) reste introuvable, mais était vraisemblablement une quasi-copie de (1929f), qui constituait une discussion des implications du fictionalisme de Vaihinger ; une discussion prolongée dans (1932a), lequel fut une contribution à un hommage collectif rendu à Vaihinger à l'occasion de son quatre-vingtième anniversaire. Quant à (1929c), il constituait une défense vigoureuse de Vaihinger face aux attaques d'un autre néo-kantien, Erich Adickes, qui lui avait reproché de dévoyer le sens de l'idéalisme transcendantal.

⁷ Bertalanffy L. von (1966b), p. 115.

⁸ Bertalanffy M. von (1973), p. 34.

Reininger, que Bertalanffy qualifia admirativement de « penseur profond »¹, fut son autre directeur de thèse et c'est en partie grâce à son influence qu'il obtint en 1934 un poste de *Privatdozent* (professeur assistant) à l'université de Vienne. Nommé professeur dans cette université en 1922, Reininger avait pris la tête de la Société philosophique, qu'il dirigea jusqu'à l'*Anschluß*². Il en transforma radicalement les orientations. D'une part, il substitua des conférences aux groupes de discussion, qui constituaient son mode traditionnel de fonctionnement ; il invita de nombreux philosophes allemands à s'exprimer, favorisant ainsi une circulation fructueuse des idées. Mais il orienta d'autre part nettement la Société vers un néo-kantisme, au point qu'elle devint en 1927 une simple section de la « Société kantienne » (*Kant-Gesellschaft*)³ que Vaihinger avait fondée en 1905. C'est d'ailleurs Reininger qui introduisit le monde philosophique viennois à la doctrine de ce dernier par une conférence prononcée en 1912, à la suite de la publication quelques mois plus tôt de son livre majeur, *Die Philosophie des « Als ob »* [« la philosophie du 'comme si' »]⁴. L'attitude réservée de Reininger à l'égard de la libre discussion suscita l'émergence de plusieurs groupes qui furent amenés à se réunir en dehors de la Société, chacun d'entre eux étant centré autour d'une personnalité particulière. Reininger eut le sien ; Schlick aussi : celui qui devint le Cercle de Vienne. Néanmoins, la Société demeura ouverte à des contributions diverses, y compris de la part de néo-positivistes tels que Schlick, Neurath, Hahn et Carnap⁵. Bertalanffy intervint deux fois dans le cadre des conférences organisées par la Société, en 1928 et en 1929, à propos des problèmes épistémologiques posés par la théorie de l'évolution⁶. J'ignore s'il avait le privilège de faire partie du groupe centré sur Reininger, mais l'influence de celui-ci est indubitable⁷ ; il est en particulier probable que sa rencontre avec Vaihinger se soit effectuée par son intermédiaire.

Quant aux relations effectives de Bertalanffy avec Cassirer, elles restent énigmatiques, mais son influence est certaine. Sa première référence fut très tardive, puisqu'elle date seulement de 1965. Il mentionna d'ailleurs toujours la « philosophie des formes symboliques » de Cassirer, qu'il qualifia d'« œuvre monumentale »⁸, à partir d'une version anglaise éditée aux États-Unis⁹ dans les années 1950 ! Ce qui peut laisser penser qu'il n'avait pas connu directement cette œuvre du philosophe allemand auparavant. Lorsqu'il reconnut son étroite proximité avec Cassirer, il insista en tous cas sur le fait qu'il était parvenu à ses idées de manière indépendante¹⁰. Il s'était toutefois référé plusieurs fois à « un élève de l'école de Cassirer », comme il la nomma, dès 1932 : il s'agit d'Harald Lassen¹¹. Cela n'implique certes pas qu'il ait connu les œuvres du « maître », mais il est hautement improbable qu'il ait ignoré ses idées et même qu'il ne l'ait pas lu dès cette époque, compte tenu de sa très bonne connaissance manifeste des travaux d'autres néo-kantiens majeurs (non seulement Vaihinger et Reininger, mais aussi Windelband et Rickert), déjà amplement relevée dans la première partie. Parle aussi en ce sens le fait que certaines de leurs références les plus fréquentes furent communes : il en va ainsi de Nicolas de Cues, Leibniz et Goethe, dont l'omniprésence a été assez soulignée chez le Viennois, et l'on peut y ajouter Wilhelm von Humboldt. On peut encore remarquer que Cassirer conclut lui-même en 1940 un long essai de philosophie biologique par un éloge appuyé de la perspective « organismique » de Bertalanffy, à laquelle il souscrivait apparemment sans réserve¹² :

¹ Bertalanffy L. von (1966b), p. 115.

² Il refusa en 1938 d'exclure les membres juifs de la Société philosophique et préféra mettre un terme à toutes les activités de celle-ci.

³ Blackmore J. et alii (2002), p. 281.

⁴ « Über Vaihingers Philosophie des "Als ob" », le 26 janvier (Blackmore J. et alii (2002), p. 290).

⁵ On dénombre entre 1922 et 1936 cinq interventions de Schlick, deux de Neurath, trois de Hahn et une de Carnap (Blackmore J. et alii (2002), pp. 294-298).

⁶ Il s'agit d'une conférence, le 29 novembre 1928, et d'une discussion autour de cette conférence, le 11 janvier 1929 (Blackmore J. et alii (2002), p. 296).

⁷ Comme Bertalanffy lui-même, son épouse Maria le place d'ailleurs parmi ses principales influences (Bertalanffy M. von (1973), p. 34).

⁸ Bertalanffy L. von (1965a), p. 28.

⁹ *The philosophy of symbolic forms*, 3 vols., New Haven, Yale University Press, 1953-1957.

¹⁰ Bertalanffy L. von (1965a), p. 45.

¹¹ Bertalanffy fit au moins deux fois référence, en 1932 (*Theoretische Biologie*, p. V) et en 1949 (*Das Biologische Weltbild*), à l'ouvrage de Lassen publié en 1931 : *Mechanismus, Vitalismus, Kausalgesetz a priori und die statistische Auffassung der Naturgesetzlichkeit in der gegenwärtigen Physik*. Je n'ai pas pu consulter cet ouvrage, mais je sais d'après ce qu'en écrivit Bertalanffy qu'y fut développée une philosophie organiciste avec laquelle il était globalement en accord, en dépit de quelques divergences. Il ne s'agit pas, quoiqu'il en soit, d'une influence sur Bertalanffy, mais d'un développement parallèle.

¹² Cassirer E. (1940, 1995), en particulier pp. 271-274

Bertalanffy ne manqua jamais par ailleurs de remercier ceux qui le commentaient favorablement en les citant en retour dans ses publications, et il n'y a aucune raison de penser qu'il ait durablement ignoré l'existence et le contenu de cet essai de l'illustre philosophe, même s'il fallut certainement plusieurs années compte tenu des circonstances de la guerre (il ne fut publié qu'en 1950). Est-il envisageable que Bertalanffy ne se soit jamais référé à Cassirer avant 1945 au motif de sa judéité, au même titre qu'il cessa de se référer à certains biologistes tels que Goldschmidt tout au long de la seconde guerre ? Toujours est-il qu'il souligna maintes fois à la fin de sa vie leurs profondes « convergences ». Il se déclara « en plein accord » avec Cassirer « en dépit de points de départ différents » : philosophie contre biologie, une différence d'origines très contestable si l'on tient compte des faits que Bertalanffy fit ses études en histoire de l'art et en philosophie, qu'il entama sa carrière comme philosophe et (comme je m'efforce entre autres de le démontrer dans cette thèse) qu'il le resta toujours de vocation¹. Toujours est-il qu'une fois reconnue sa convergence avec Cassirer, il ne tarit pas d'éloges à son égard :

Je m'émerveille souvent de la mesure dans laquelle mes idées vont parallèlement à celle de cet excellent penseur que fut Ernst Cassirer².

C'est justement en conclusion du même texte que Bertalanffy explicita le mieux son affiliation philosophique, à savoir essentiellement l'idéalisme critique et ses racines :

Ayant été éduqué dans le positivisme logique à sa source, été influencé par le relativisme culturel de Spengler et de Worringer, ayant étudié le mysticisme allemand et d'autres choses en complément de ma spécialité biologique, mes pensées – quelle qu'en soit la valeur – appartiennent clairement à un courant bien identifiable. Je suis un descendant de la grande tradition philosophique dans laquelle on trouve parmi d'autres Nicolas de Cues, Leibniz, Vico, Kant, Hegel, et qui fut continuée par Cassirer dans la philosophie moderne, parmi d'autres trop nombreux pour être énumérés. C'est la tendance de la philosophie « perspectiviste », par opposition à la philosophie « absolutiste » [...] ; celle qui entre en conflit avec les philosophies qui prétendent avoir découvert une « réalité » ou une « vérité » absolues³.

On ne saurait trouver de meilleure confirmation de la réalité des sources profondes d'inspiration de Bertalanffy que dans l'introduction au dernier essai de Rapoport sur la « systémologie générale » (1986) : le mathématicien, qu'on ne peut suspecter d'avoir été mal informé, y souligna dans sa préface à l'édition allemande que celle-ci avait germé avec Bertalanffy et « sur le sol de la *Naturphilosophie* et de l'idéalisme kantien »⁴. Ce qui n'exclut pas que le Viennois ait eu d'autres sources d'influence en théorie de la connaissance, et encore moins qu'il ait partagé certaines idées soutenues sur la base de telles orientations : tel est en particulier le cas avec les positivismes, et l'on peut remarquer que Comte lui-même n'aurait guère trouvé à redire sur la fin du dernier passage cité plus haut.

L'ambition de ce premier chapitre est de rassembler les pièces du puzzle bertalanffien en reconstruisant synthétiquement sa théorie générale de la connaissance. Si j'ai d'emblée jugé important de souligner ses liens avec les courants néo-kantiens, c'est parce qu'ils vont justement être un fil conducteur permanent de cette reconstruction et qu'il s'agira très largement, en définitive, de démontrer que par-delà les éventuelles postures et déclarations d'intention, on peut et même doit effectivement caractériser le perspectivisme bertalanffien comme une variante d'idéalisme néo-critique. L'exposé de cet idéalisme resterait toutefois à maints égards opaque si on le déconnectait de ce qui va apparaître comme une préoccupation profonde et permanente du philosophe et biologiste : son interrogation sur la condition humaine. Bien que développée assez tardivement dans son œuvre, c'est-à-dire après-guerre, sa vision de cette condition fournit des clefs importantes pour l'intelligibilité de sa théorie de la connaissance : je vais montrer que la première peut être interprétée comme le cadre philosophique général de la seconde. L'exposer en première place m'a paru justifié pour des raisons de cohérence ; mais c'est aussi légitime si l'on tient compte du fait que certains motifs essentiels de la vision bertalanffienne de l'homme sont très tôt repérables dans ses premières publications.

¹ Bertalanffy L. von (1965a), p. 43.

² Bertalanffy L. von (1966b), p. 118.

³ *op. cit.*, p. 136.

⁴ Rapoport A. (1986, 1988), préface.

2-1-2 – Une « anthropologie philosophique » comme cadre du perspectivisme bertalanffien

Lorsqu'il publia en 1949 l'essai majeur que fut *Das biologische Weltbild*, dont le sous-titre annonçait une étude de « la position de la vie dans la nature et la science », Bertalanffy fit figurer en dernière page le sommaire d'un second volume qu'il projetait de publier, sous-titré « L'organisme, l'homme et le monde ». Tous les thèmes de ses écrits ultérieurs y figurent, comme s'il n'avait fait ensuite que donner forme à ses conceptions, les développer et les raffiner. Les grandes lignes en avaient en fait été fournies dès 1948, dans une longue contribution au colloque autrichien d'Alpach¹. Dans une lettre au psychiatre Karl Menninger écrite dix ans plus tard, il expliqua qu'il avait projeté d'écrire dans ledit volume « une sorte d'anthropologie philosophique ». Les circonstances chaotiques et difficiles de son émigration et de son installation sur le Nouveau Continent² ne lui laissèrent pas le loisir de le faire, mais il reconnut dans ce courrier que son rapprochement avec la psychologie et la psychiatrie, intervenu depuis lors, lui avait été précieux pour élaborer ses conceptions, et qu'il ne regrettait pas, bien au contraire de n'avoir pu publier ce livre à l'époque³. Toujours est-il qu'il était parfaitement conscient en utilisant l'expression « anthropologie philosophique » qu'elle n'avait rien de neuf : il l'écrivit à son correspondant. Le dernier essai publié par Cassirer en 1944, son *Essai sur l'homme*, constituait le paradigme même d'une telle anthropologie. Comme l'a souligné l'un des meilleurs spécialistes du philosophe néo-criticiste, l'« anthropologie philosophique » avait constitué dans les années 1920 un développement spécifique de la philosophie allemande dont Cassirer fut avec Scheler le représentant majeur. Et le fait est que ce développement fut stimulé par l'insatisfaction suscitée par les approches purement empiriques et quantitatives des sciences de l'homme⁴ : il est envisageable que Bertalanffy se soit en particulier pour cette raison vu comme un héritier de Cassirer.

2-1-2-1 – Fondements biologiques de la spécificité humaine

Son anthropologie philosophique avait pour vocation de définir la spécificité de l'homme en tant qu'être vivant irréductible à sa biologie, en particulier de fonder la thèse de l'irréductibilité des sciences de l'homme aux sciences du vivant. Il ne s'ensuivait toutefois pas pour lui que les premières doivent ignorer les secondes, bien au contraire. L'une des tâches essentielles de la biologie serait précisément de rendre compte des conditions de possibilité de l'émergence du « phénomène humain » (une expression de Teilhard de Chardin, dont Bertalanffy n'ignorait pas les spéculations mystico-émergentistes sur la « noosphère »⁵). C'est en connexion avec ses propres travaux sur la croissance animale, qui seront étudiés au 2-5, que Bertalanffy discerna deux processus supposés avoir joué un rôle décisif dans cette émergence.

Le premier est la « cérébralisation progressive » dont on peut observer la manifestation dans l'évolution menant à la lignée humaine. Les travaux d'Eugène Dubois sur les mammifères, largement évoqués par Bertalanffy⁶, avaient exhibé dès 1897 certaines régularités mathématiques à ce sujet. Dubois, suivi par Louis Lapicque, avait ainsi établi qu'au sein d'une même espèce ou d'un groupe d'espèces étroitement apparentées, la masse du cerveau croît en raison allométrique (i.e. proportionnellement à une puissance) de la masse corporelle. Par ailleurs, Dubois exhiba dans une série formée de différents ordres de mammifères et culminant chez l'homme – la musaraigne, la taupe,

¹ Bertalanffy L. von (1948a) et (1948b).

² J'ai raconté ces circonstances dans leurs détails dans Pouvreau D. (2009b), pp. 81-135. Les dix années s'étendant de 1945 à 1954 furent successivement marquées par sa soumission à une procédure de « dénazification » qui, si elle n'aboutit pas à une condamnation, n'avait pas, loin s'en faut (et pour cause !), permis lever tout soupçon quant à sa collusion avec le régime nazi ; à une période d'incertitude à Vienne marquée par un déclassement en tant qu'universitaire ; à un départ pour la Suisse en 1948 suivi d'un séjour en Grande-Bretagne en 1949 ; et à une émigration vers le Canada la même année, dans un premier temps (six mois) à Montreal, puis une installation à Ottawa qui fut marquée pendant près de cinq ans par de multiples conflits au sein de l'université d'Ottawa, où il avait obtenu une chaire.

³ Bertalanffy L. von, lettre à Menninger K. (01/07/1959), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁴ Krois J.M. (2004), p. 281.

⁵ Bertalanffy se référa plusieurs fois dans (1967a) à l'essai intitulé « Le phénomène humain » publié par Teilhard de Chardin en 1947, où fut notamment développé (pp. 177 sq.) le fameux concept de « noosphère », qui référerait à une sorte de « conscience collective de l'humanité » constituant l'étape ultime d'une évolution émergente conçue comme une « montée vers la conscience » (le « point omega »), par-delà les « lithosphère » (monde inerte), « biosphère » (monde vivant) et « sociosphère » (monde des relations sociales ou écologiques). Tout en soulignant l'intérêt spéculatif des vues de Teilhard, Bertalanffy restait toutefois distant vis-à-vis de son mysticisme.

⁶ Bertalanffy L. von (1940a), pp. 111-113 ; (1951d), pp. 209-210 ; (1956a), pp. 34-35. Voir aussi Gayon J. (2000), pp. 749-750.

des ongulés primitifs, des ongulés modernes, des singes anthropoïdes, le Pithécantrope et l'*Homo sapiens* – une suite géométrique exprimant le doublement de la masse cérébrale relative (rapport entre la masse du cerveau et la masse corporelle globale) lorsqu'on passe dans cette série d'une espèce à la suivante. Des changements accompagnés de transformations qualitatives dans l'architecture cérébrale, qui furent étudiées notamment par Bernhard Rensch en 1952 : l'apparition de la région ventrale du lobe frontal, essentielle pour le langage et unique chez l'homme ; et la superposition de trois niveaux d'appareils neuraux, dont le dernier manifeste un développement sans pareil chez l'homme : la corde spinale, le paléo-cortex et le néo-cortex¹.

L'autre processus distingué par Bertalanffy (sur la base de travaux de Louis Bolk réalisés dans les années 1920) est ce que l'on a pu appeler le « retardement » du développement de l'homme, qui le distingue des autres anthropoïdes. Une « néoténie » liée à des transformations des équilibres hormonaux qui correspond à la conservation, chez les adultes humains, de certains caractères fœtaux et juvéniles disparaissant au cours du développement normal des individus d'une espèce phylogénétiquement apparentée telle que le chimpanzé. Ainsi le crâne d'un bébé chimpanzé présente-t-il beaucoup plus de similitudes avec celui de l'homme adulte qu'avec celui du chimpanzé adulte. Bertalanffy mentionna d'autres caractéristiques anatomiques « primitives » préservées chez l'homme adulte, notamment la préservation de la prono-supination de l'avant-bras, en opposition à la fixation en pronation du radius et de l'ulna chez les autres mammifères ; et sa dentition, relativement réduite en comparaison des autres anthropoïdes, qui mène à la subordination de la face à la boîte crânienne. Bertalanffy insista particulièrement sur la manifestation quantitative de la néoténie dans la forme spécifique des courbes de croissance pondérale chez l'être humain, qui ne comportent pas la phase quasi-exponentielle initiale observée chez les autres mammifères et traduisent au contraire une prolongation considérable de la période infantile².

Les faits que non seulement l'anatomie, mais aussi les instincts humains comportent maintes caractéristiques primitives et ne soient pas, contrairement à ceux des autres animaux, spécialisés en relation avec un processus d'adaptation à un environnement particulier, ont selon Bertalanffy placé l'homme dans une situation de « détresse biologique ». Mais sa cérébralisation particulière et la durée anormale de sa période infantile lui auraient fourni l'opportunité d'une longue période d'apprentissage et de développement mental lui permettant de faire de cette « détresse » une « vertu » : pour survivre, il aurait dû « compenser sa vulnérabilité biologique » en s'ouvrant sur son « entourage » (au sens du terme donné par Uexküll) et en développant des mécanismes d'apprentissage, l'acquis tendant à prédominer sur l'inné. Il apparaîtrait précisément de ce fait comme l'unique animal ne se conformant pas à la « théorie des milieux » de Uexküll : manquant d'adaptation organique et instinctive à un environnement spécifique, toute portion de son « entourage » serait susceptible de devenir l'objet de son intérêt : il aurait un « monde » [*Welt*] et non pas un « milieu » [*Umwelt*]. Plus précisément, il se serait par nécessité créé son « milieu », d'un type unique parce qu'il transcende les nécessités biologiques : la culture³. Bertalanffy, qui ne développa pas par hasard ce thème en 1940, fut ici très inspiré par sa lecture d'un essai publié l'année précédente par Arnold Gehlen, qui avait justement vigoureusement critiqué Uexküll en ces termes en affirmant que l'homme n'a pas de « milieu » au sens biologique de sa théorie, mais seulement différents milieux culturels à l'intérieur d'un monde unifié. Il fut aussi par la suite influencé dans ces idées par un article publié en 1943 par le psychologue viennois Norbert Thumb – un élève de son ami Karl Bühler – consacré à une discussion de la pertinence des conceptions biologiques de Bertalanffy pour la philosophie des rapports entre psychologie et biologie : Thumb, se référant à Gehlen, y avait écrit que « l'homme possède grâce à son organisation différenciée une 'ouverture au monde' » et qu'il « crée lui-même son milieu », ne se laissant donc pas caractériser par un unique type biologiquement déterminé de « milieu »⁴.

¹ Bertalanffy L. von (1956a), pp. 36-37 ; (1958a), pp. 9-10.

² Bertalanffy L. von (1940a), pp. 114-118 ; (1951d), p. 211 ; (1956a), pp. 34-36 ; (1956e), pp. 13-14 ; (1968c), p. 133.

³ Bertalanffy L. von (1940a), pp. 116-118 ; (1948a), pp. 263-264 ; (1951a), pp. 211-212 ; (1956a), pp. 34-36 ; (1956e), pp. 13-14 ; (1967a), pp. 19-20.

⁴ Thumb N. (1943), pp. 144-145.

2-1-2-2 – Principe de « cognition créatrice » contre « dogme de l'immaculée perception » : le cadre constructiviste de Bertalanffy

Les considérations précédentes, bien que relativement tardives dans l'œuvre de Bertalanffy, eurent fonction de justifier ce qui constitua quasiment d'emblée le noyau de sa philosophie de la connaissance : un constructivisme dont je vais progressivement montrer l'inspiration essentiellement néo-critique. Ce constructivisme se sophistiqua au cours des années, intégrant notamment à partir des années 1950 les principes développés dans les psychologies et épistémologies « génétiques » de Heinz Werner et Jean Piaget. C'est en 1955 que Bertalanffy formula de la manière la plus explicite la vision fondamentale à partir de laquelle son constructivisme fut développé, en quelque sorte sa matrice :

Aucun organisme, l'homme inclus, n'est un simple spectateur de la scène du monde [...] Il est un ré-acteur et un acteur du drame [...] Il semble que ce soit la plus sérieuse insuffisance de la philosophie occidentale classique de Platon à Descartes et Kant que de considérer primordialement l'homme comme un spectateur, un *ens cogitans*, alors que pour des raisons biologiques il doit essentiellement être un acteur, un *ens agens* dans le monde où il est jeté¹.

Peut-être (compte tenu de sa familiarité avec les écrits du physicien) Bertalanffy avait-il en tête en écrivant ce passage une remarque que Bohr fit en 1929 dans le même sens et en utilisant des termes similaires, dans la conclusion d'un article où le physicien considérait la signification de la mécanique quantique pour la biologie – Bertalanffy évoqua en tout cas précisément à ce sujet l'interprétation par Bohr et Heisenberg des relations d'indétermination, en 1966 :

La situation nouvelle qui se présente en physique nous rappelle instamment cette ancienne vérité que nous sommes aussi bien acteurs que spectateurs dans le grand drame de l'existence².

C'est le thème « organismique » de l'« activité primaire » de l'organisme, dont j'ai largement évoqué les multiples origines en première partie³, que Bertalanffy investit ici d'un rôle cardinal en matière de théorie de la connaissance. Ce thème ne jouait pas encore explicitement ce rôle dans ses écrits des années 1930 :

Contre la conception de la réactivité primaire, selon laquelle le « schéma stimulus-réponse » serait fondamental pour le comportement de l'organisme, nous en venons de nos jours toujours plus à la conclusion que c'est son activité qui doit être conçue comme primaire.

Bertalanffy référait principalement à l'activité autonome du système nerveux et au fait que ce sont des mouvements rapides, et non pas le repos, qui constituent l'état normal de nombre d'animaux dans un environnement constant déterminé. L'essentiel dans chaque cas serait que l'activité de l'organisme n'a pas pour origine primordiale une stimulation par l'environnement : elle serait avant tout spontanée, trouvant sa source dans l'organisme lui-même⁴. Bertalanffy n'eut aucune difficulté à connecter ces considérations biologiques à la psychiatrie et à la psychologie, d'autant plus qu'il connaissait dès cette époque les travaux de Goldstein, dont il reprit plus tard les critiques déjà considérées au 1-4-6-3 du modèle « homéostatique » de la psyché développé par Freud et ses disciples :

L'homme normal, dans son effort pour dominer le monde, va d'un ébranlement à un autre [...] L'adulte qui se trouve toujours en face de situations nouvelles, tant internes qu'externes, sera à nouveau toujours ébranlé par l'étonnement et par l'angoisse [...] Il s'efforce de diminuer l'angoisse et nous voyons apparaître dans son image du monde une tendance à l'ordre, à la continuité, à l'assimilation. Mais cette tendance ne suffit pas, il s'y ajoute une pulsion déjà présente chez l'enfant, vers la nouveauté, vers la conquête du monde, vers l'élargissement de son horizon tant matériel que spirituel. C'est entre ces deux tendances qu'oscille son comportement [...] Le résultat de ces deux tendances, c'est la création de la culture. Mais on ne devra pas dire que ce monde ordonné qu'elle représente est le produit de l'angoisse – tel Freud, par exemple, qui comprend la culture comme une sublimation des instincts réprimés. On méconnaîtrait ainsi complètement le côté

¹ Bertalanffy L. von (1955b), p. 256.

² Bohr N. (1929, 1993), p. 111. Voir aussi Bertalanffy L. von (1966b), p. 122.

³ En particulier aux 1-3-2-2, 1-3-2-3, 1-4-3-4, 1-4-5-6 et 1-4-6-3.

⁴ Bertalanffy L. von (1937b), pp. 133-134 ; (1940a), pp. 59-61.

productif de l'activité humaine [...] L'ébranlement appartient à l'essence de l'homme et même à tout ce qui est organique [...] Toute vie doit se dérouler dans l'insécurité et dans l'ébranlement¹.

Dans les années 1950, Bertalanffy retrouva ce thème chez des psychologues comme Piaget et Bühler, après l'avoir vu développé aussi dans l'éthologie de Konrad Lorenz au cours de la décennie précédente. Il put ainsi souligner sa convergence avec eux, et la manière dont il le fit révèle au passage comment la critique du behaviorisme, récurrente chez lui à partir de cette époque, se maria aisément avec l'anti-utilitarisme inhérent à l'idéal de la *Bildung* :

Lorenz et moi-même avons insisté il y a longtemps sur la nécessité de considérer l'organisme comme un système essentiellement actif [...] Si nous nous tournons vers les questions psychobiologiques, nous constatons que l'évolution est très voisine. L'une des bases importantes de la théorie freudienne est le « principe de stabilité » qu'il a repris à Fechner. La tendance suprême de l'organisme, biologique et mental, serait de se débarrasser des *stimuli* et d'aboutir au repos dans un état d'« équilibre » [...] Ceci ne paraît pas rendre compte des phénomènes que l'on désigne sous divers noms : activités ludiques, exploration, créativité, etc. [...] Tout comme l'organisme physique, l'organisme mental évite l'état d'équilibre et l'un de ses caractères essentiels semble être non pas de « se libérer des tensions » mais plutôt d'élaborer de nouvelles « tensions »².

Le comportement humain n'est pas simplement dirigé vers la relaxation des tensions [...] Une grande part du comportement – jeu et activités exploratoires, culture en général – ne s'accorde pas à ce schème. L'homme (et les organismes en général) ne sont pas des machines stimulus-réponse comme le présuppose la théorie [behavioriste] ; une activité immanente allant de pair avec l'ainsi nommée « fonction de plaisir » [Bühler]³ est une part importante du comportement. La vie et le comportement ne sont pas simplement utilitaires⁴.

Toute l'anthropologie philosophique, et plus généralement le perspectivisme de Bertalanffy, peuvent dès lors en un sens être tenus pour un développement de cette vision, dont le pivot était la récusation radicale de la conception de la cognition comme « copie » du monde extérieur [*Abbildtheorie*] et du « dogme de l'immaculée perception ». Cette récusation ne fut à vrai dire en rien tardive dans son œuvre : le développement précoce de sa « biologie théorique » se fondait en particulier sur l'idée que « chaque description contient déjà un moment théorique »⁵, et qu'on ne saurait donc accepter l'*Abbildtheorie*. Par quoi il se montrait ici encore un disciple de Goethe, comme Cassirer⁶ qui le cita en l'approuvant : le poète et morphologiste avait déjà affirmé que « la sagesse suprême consiste à reconnaître une théorie dans toute facticité »⁷. Mais les développements plus systématiques n'intervinrent que plus tard chez Bertalanffy, dans les années 1950 et 1960. Comme le psychologue Hadley Cantril à la même époque⁸, qui lui écrivit d'ailleurs en 1950 pour lui signifier son parfait accord avec ses conceptions⁹, il s'agissait pour lui de voir les phénomènes, le monde que nous expérimentons, comme produits par la perception et non comme la cause de cette dernière. Mais aussi, comme il en avait déjà posé l'idée en 1936, de faire de la perception une construction précédant la conceptualisation ; par quoi il se distanciant de Kant, selon lequel l'entendement marque le matériel sensible de l'empreinte de ses catégories¹⁰ – de sorte que s'il put bien invoquer Kant pour avancer ses thèses, ce n'était en toute rigueur que dans une perspective néo-criticiste :

Le principe de l'organisme psychophysique actif ne vaut pas que pour la partie motrice du comportement, mais aussi pour les processus cognitifs. La perception n'est pas un reflet passif du

¹ Goldstein K. (1934, 1983), p. 259.

² Bertalanffy L. von (1956d), pp. 7-8.

³ Karl Bühler avait en fait parlé de « *Funktionslust* » (envie fonctionnelle) pour désigner le plaisir dans l'activité pour elle-même, indépendamment du but à atteindre et de ce qui est réalisé. Voir Bertalanffy L. von (1956e), pp. 20-21.

⁴ Bertalanffy L. von (1964a), p. 499.

⁵ Bertalanffy L. von (1932b), p. 25.

⁶ Cassirer éprouvait pour Goethe une « fascination » qui n'avait rien à envier à celle de Bertalanffy : voir Krois J.M. (2004), p. 281.

⁷ Goethe J.W., in Cassirer E. (1929, 1972a), p. 39.

⁸ Cantril H., in Laszlo E. (1972a), p. 203.

⁹ Lettre de Cantril H. à Bertalanffy L. von (29/03/1950), *Archives du B.C.S.S.S.*

¹⁰ Bertalanffy L. von (1937c).

monde extérieur, telle une photographie en couleur ; les informations qui en sont tirées sont au contraire organisées en un univers par un acte créateur¹.

C'est le summum de la naïveté philosophique que de tenir les « objets matériels » pour simplement « donnés » [...] C'est un « acte mental » qui fait de la « confusion florissante et bourdonnante » (James) des impressions sensorielles des « objets matériels ». Les choses et l'esprit, les objets et sujets ne sont pas des *data* ultimes, mais des *facta*, un modelage de l'expérience dans un cadre catégorial. Que l'« esprit » ne soit pas un récepteur passif de stimuli, d'informations, d'*eidola*, de données des sens, mais qu'en un sens très réel il crée son univers, n'est pas seulement de la bonne philosophie kantienne mais aussi un acquis fondamental de la psychologie moderne [...] Tout ce qui est ultimement donné, c'est l'univers phénoménal [*phenomenal universe*] ou monde de l'expérience directe (l'*Urerlebnis*, pour reprendre le terme de mon vieux maître Reininger) qui, d'une manière ou d'une autre, est organisé par des « concepts » ou catégories de la connaissance humaine².

La perception n'est pas une réflexion de « choses réelles » (quel que soit leur statut métaphysique), et la connaissance n'est pas une simple approximation de la « vérité » ou de la « réalité ». C'est une interaction entre le sujet connaissant et l'objet connu, qui dépend d'une multitude de facteurs biologiques, psychologiques, culturels et linguistiques³.

Bertalanffy put à ce sujet se référer non seulement à Cassirer, mais aussi à Suzanne K. Langer (une élève de Whitehead) et à Piaget : il trouva chez eux tous les éléments nécessaires à l'explicitation de son propre constructivisme – ce qui ne signifie pas qu'il se soit limité à s'approprier leurs idées, mais seulement que c'est indubitablement leur lecture qui lui permit de mettre en forme des positions qui, quoique repérables, restèrent longtemps implicites.

Cassirer avait effectivement formulé dès 1910 l'idée que le mythe, l'art, le langage, et la science ne sauraient être des copies du monde, soulignant à propos de cette dernière qu'elle se livrerait à « une entreprise vaine et sans profit » si tel devait être son sens⁴. Il avait alors commencé à développer un constructivisme systématique selon lequel l'esprit « construit et impose l'être »⁵, introduisant ainsi un ordre dans l'expérience qu'il a du monde sensible. Par l'intermédiaire d'une telle « césure dans le flux continu des processus »⁶, la pensée se donnerait pour tâche « d'utiliser l'élément durable pour féconder le transitoire lui-même »⁷. Selon Cassirer, qui aurait tout comme Bertalanffy certainement fait sienne la fameuse maxime de Bachelard selon laquelle « rien ne va de soi, rien n'est donné, tout est construit »⁸, aucun objet ne serait antérieur à l'activité spontanée, synthétique, de l'entendement du sujet. La connaissance serait « une mise en forme et une refonte internes de la matière qui s'offre à nous de l'extérieur »⁹, les objets n'étant pas donnés à la pensée, mais constitués par elle. L'acte de connaissance serait donc un processus d'objectivation progressive. C'est une attaque en règle contre la métaphysique que Cassirer opéra ici :

Connaître un contenu, c'est le réinvestir pour lui donner la valeur d'objet en le détachant de la simple phase du donné immédiat et en lui conférant une certaine constance et une certaine nécessité logique. Ce faisant, nous ne connaissons pas « les objets » – au sens où on atteindrait leur détermination telle qu'elle leur est donnée à l'origine et à l'exclusion de toute autre – ; *nous construisons une connaissance de l'objet, en opérant certaines délimitations à l'intérieur du cours uniforme des contenus d'expérience et en retenant tels éléments et tels enchaînements invariants destinés à opérer la liaison de l'expérience [...] Ainsi la « chose » est-elle, non plus la référence inconnue, la substance massive qui s'impose à nous, mais une expression pour désigner la forme et le mode de l'acte même du concept. Tout ce que la métaphysique impute aux choses en soi sous le nom de propriété se révèle désormais comme un moment nécessaire inscrit dans le processus d'objectivation*¹⁰.

¹ Bertalanffy L. von (1967a), p. 92.

² Bertalanffy L. von (1966b), p. 121 et p. 133. Voir aussi (1965c), p. 1103. Et (1971b), p. 104.

³ Bertalanffy L. von (1972b), pp. 37-38.

⁴ Cassirer E. (1910, 1977), p. 194.

⁵ Cassirer E. (1923, 1972a), p. 51.

⁶ Cassirer E. (1910, 1977), p. 254.

⁷ *op. cit.*, p. 364.

⁸ Bachelard G. (1938, 1999), p. 14.

⁹ Cassirer E., in Pouget J.M. (2003), pp. 264-265

¹⁰ Cassirer E. (1910, 1977), p. 343. Les italiques me sont propres.

Il faudrait par conséquent prendre conscience de « l'illusion naturelle » qui consiste à accorder à nos constructions conceptuelles « le privilège d'une objectivité pourvue d'unité et de réalité »¹ : c'est en hypostasiant ces constructions que l'on retomberait régulièrement dans les antinomies inhérentes à toute espèce de dogmatisme².

Bien qu'elle fût probablement la plus sophistiquée à ce sujet, la philosophie de Cassirer ne fut en fait à ce propos qu'une efflorescence du néo-kantisme, tout entier placé sous le signe du rejet de l'*Abbildtheorie*. Ainsi Rickert et Vaihinger furent-ils tout aussi radicaux. Pour eux non plus, il ne s'agirait jamais, dans la connaissance et l'activité intellectuelle en général, de « refléter » ou de « copier » une réalité, mais toujours de la sélectionner, de la simplifier et de la retraduire dans un ensemble de rapports conceptuels³ :

En fait, les erreurs humaines les plus grandes et les plus importantes tirent leur origine de l'assimilation de processus cognitifs à des copies de la réalité elle-même⁴.

Le concept de la connaissance entendue comme reflet de la réalité est intenable [...] La connaissance n'est pas un reflet obtenu par la description des « phénomènes », mais une *transformation*⁵.

Ces positions furent aussi celles de Simmel et Weber, dont il n'est pas illégitime de dire qu'ils cherchaient à fonder les sciences sociales sur des bases néo-criticistes. Ainsi Weber écrivit-il dans la même veine que la connaissance historique n'est pas un reflet de la réalité, mais une « construction », un « ordre de la pensée », un « cosmos de relations conceptuelles »⁶.

La « philosophie selon une nouvelle clef » publiée en 1942 par Langer, que Bertalanffy découvrit après-guerre et qu'il loua comme « l'un des grands livres de la philosophie moderne »⁷, s'inscrivait dans ce sillage elle aussi, et la référence de Bertalanffy à William James citée plus haut en fut d'ailleurs probablement une reprise :

Le monde que rencontrent en fait nos sens n'est pas un monde de « choses » à propos duquel nous sommes invités à découvrir des faits dès lors que nous avons codifié le langage logique nécessaire à cette fin ; le monde de la sensation pure est si complexe, si fluide et plein, que la pure sensibilité aux stimuli ne rencontrerait que ce que James a appelé « une confusion florissante et bourdonnante » [...] Un objet n'est pas une donnée, mais une forme construite par l'organe sensible et intelligent. Même l'enregistrement subjectif de l'expérience sensible, « l'image [*image*] des sens », n'est pas une copie directe de l'expérience réelle, mais a été « projetée », au cours du processus de copie, dans une nouvelle dimension, la forme plus ou moins stable que nous appelons image [*picture*]⁸.

C'est enfin certainement à Piaget que Bertalanffy dut son insistance sur l'interaction de l'objet et du sujet dans le processus de connaissance, même si ce thème lui était familier compte tenu de sa présence centrale dans le « complémentarisme » de Bohr et Heisenberg, déjà évoqué aux 1-1-1-1 et 1-4-2-5 et dont il sera encore question au 2-2-2-3. Dès ses études sur « la construction du réel chez l'enfant », Piaget avait en effet exhibé le véritable processus de co-construction de l'objet et du sujet que le développement cognitif manifeste, donnant en quelque sorte un contenu scientifique à l'allégorie du poète espagnol Antonio Machado selon laquelle « le chemin se construit en marchant, tel un sillage sur l'océan »⁹ :

La construction des relations spatiales, plus encore que celle des schèmes perceptifs particuliers, atteste le primat de l'activité intellectuelle sur les structures toutes faites [...] L'espace est le produit d'une interaction entre l'organisme et le milieu, dans laquelle on ne saurait dissocier l'organisation de l'univers perçu de celle de l'activité propre [...] *L'intelligence* ne débute ni par la connaissance du moi ni par celle des choses comme telles, mais par celle de leur interaction, et c'est en s'orientant

¹ *op. cit.*, p. 244.

² *op. cit.*, p. 148.

³ Voir notamment Ferrari M. (2001), p. 128.

⁴ Vaihinger H. (1911, 1965), p. 8.

⁵ Rickert H. (1926, 1997), p. 56 et p. 58.

⁶ Weber M. (1904), in Oexle O.G. (2002).

⁷ Bertalanffy L. von (1965a), pp. 28-29 ; Bertalanffy ajouta au passage que c'était d'autant plus remarquable qu'il s'agissait d'une femme...

⁸ Langer S.K. (1942, 1963), p. 89 et p. 144.

⁹ Machado A., in Le Moigne J.L. (2002a), p. 25.

simultanément vers les deux pôles de cette interaction qu'elle *organise le monde en s'organisant elle-même*¹.

Piaget avait aussi fourni là des fondements psychogénétiques à une remarque profonde déjà faite par Cassirer en 1927, qui résume bien la position commune évoquée ici :

Toute connaissance authentique et véritable présente non un décalque de la réalité, mais une direction déterminée de l'activité intellectuelle [...] Pour atteindre à l'intuition du vrai, l'esprit n'a pas à copier un être extérieur, mais à s'explicitier lui-même ainsi que sa propre essence².

C'est d'ailleurs dans le même essai publié en 1927 que Cassirer investit dans cette perspective le Cusain du statut de premier penseur critique – un an avant que Bertalanffy n'y voie « le spectacle grandiose de la naissance de l'esprit (et de la science) moderne »³. Le cardinal serait en effet non seulement le premier théologien à s'être interrogé non sur Dieu Lui-même, mais sur les moyens de Le connaître. Il serait plus profondément le premier à avoir compris que « l'esprit ne peut créer de savoir authentique, de savoir nécessaire, que de son propre fonds » ; mais aussi « la nécessité de passer, pour le dire en langage kantien, d'une 'copie' du donné à une construction 'architectonique' du cosmos » :

Dans la nécessité de l'objet, le moi se reconnaît lui-même, il reconnaît la force et la direction de sa spontanéité. Cette idée fondamentale de l'idéalisme philosophique avait déjà été comprise par Nicolas de Cues dans toute sa rigueur et sa profondeur⁴.

C'était là une interprétation parfaitement légitime de la philosophie du Cardinal, lequel avait dès 1463 célébré le pouvoir de l'âme qui

par son invention crée de nouveaux instruments pour discerner et savoir, comme Ptolémée l'astrolabe et Orphée la lyre, et pareillement beaucoup d'autres. Et ce ne fut point à partir d'une réalité extérieure que ces inventeurs firent ces créations, mais à partir de leur propre pensée, car ils développèrent dans la matière sensible ce qu'ils avaient conçu comme projet⁵.

Un passage qu'il était effectivement tentant de rapprocher de ceux de Kant mettant en exergue le rôle constructeur de la raison :

[Les physiciens] comprirent que la raison n'aperçoit que ce qu'elle produit elle-même d'après son projet, qu'elle doit prendre les devants avec les principes qui déterminent ses jugements suivant des lois constantes, et forcer la nature à répondre à ses questions, au lieu de se laisser conduire par elle comme à la laisse⁶.

2-1-2-3 – *La spécificité de l'homme en tant qu'« animal symbolique »*

Selon Bertalanffy, la créativité propre de l'esprit humain, intimement liée aux spécificités de l'homme en tant qu'être biologique, se manifeste dans ce qui constituerait un produit de son activité permettant de le distinguer radicalement de tous les autres animaux : la fonction symbolique. La création d'univers symboliques aurait été « le fait primordial de l'anthropogenèse ». Bertalanffy en vint ainsi à partir de 1948 à caractériser l'homme comme un « animal vivant dans une forêt de symboles », c'est-à-dire encore, comme l'avait fait Cassirer quatre ans plus tôt en guise de conclusion de sa « philosophie des formes symboliques »⁷, comme un « animal symbolique »⁸ :

¹ Piaget J. (1934, 1973), p. 189 et p. 311. Les italiques me sont propres.

² Cassirer E. (1927, 1983), p. 55.

³ Bertalanffy L. von (1928c), pp. 15-17.

⁴ Cassirer E. (1927, 1983), pp. 182-183. Voir aussi p. 78.

⁵ Cues N. de (1463, 1985), p. 148.

⁶ Kant E. (1787, 1980), seconde préface à la Critique de la Raison pure, p. 739.

⁷ Cassirer définissait une « forme symbolique » comme « toute énergie de l'esprit par l'intermédiaire de laquelle un contenu spirituel doté de signification se trouve relié à un signe sensible tout en lui étant intimement attribué » (in Ferrari M. (2001), p. 171).

⁸ Cassirer E. (1944, 1975), pp. 43-45 : « L'homme ne peut échapper à son propre accomplissement. Il ne peut qu'accepter les conditions de sa vie propre. Il ne vit plus dans un univers purement matériel, mais dans un univers symbolique [...] Plutôt que de définir l'homme comme *animal rationale*, nous le définirons comme *animal symbolicum* ».

Si nous nous demandons en quoi consiste la définition scientifique de la position spécifique de l'homme, la réponse est à mon sens univoque. Le monopole de l'homme, rendu possible par l'évolution de son néocortex, est la création d'un univers symbolique dans la pensée et le langage¹.

Hormis la satisfaction de ses besoins biologiques, qu'il partage avec l'animal, l'homme vit non dans un univers de choses, mais dans un univers de symboles [...] Le monde d'objets qui l'entoure est la *matérialisation de ses activités symboliques* [...] L'homme est de part en part un animal constructeur de symboles, utilisateur de symboles et dominé par les symboles².

À vrai dire, il ne s'agissait pas là d'une innovation, pas plus chez Cassirer que chez Bertalanffy. Ce dernier releva lui-même que l'écrivain Ernest T. Thurston avait dès le début du siècle remarqué que « chaque chose en ce monde n'est que non sens et creuse stupidité hormis aux yeux qui voient le symbolisme caché derrière elle »³. Il aurait pu ajouter que le philosophe et psychologue Arthur D. Ritchie, cité par Langer, avait remarqué en 1936 dans son « histoire naturelle de l'esprit » que

pour autant que la pensée soit concernée, et ce à tous les niveaux de pensée, la vie mentale est un processus symbolique [...] L'acte essentiel de la pensée est la symbolisation⁴.

Ce n'est toutefois qu'avec Cassirer et surtout Langer qu'advint la systématisation de la caractérisation en question. La seconde, qui reconnaissait une grande dette envers Whitehead, mais aussi envers Cassirer et Goldstein, tenait « la fonction de *transformation symbolique* pour une activité naturelle, une forme supérieure de réponse nerveuse caractéristique de l'homme »⁵. Il y aurait selon elle un « besoin de symbolisation », « primaire, essentiel et impérieux », antérieur même à la pensée et non réductible à elle. La raison en serait en fin de compte biologique, liée à la nature unique du fonctionnement cérébral de l'homme, en tant qu'il consiste essentiellement à transformer le « courant de l'expérience » :

En réalité, ce n'est pas l'acte essentiel de la pensée qui est symbolisation, mais un acte *essentiel à la pensée* et antérieur à lui. La symbolisation est l'acte essentiel de l'esprit [...] Ce n'est que lorsque l'on pénètre dans la diversité de l'activité symbolique – comme l'a fait Cassirer par exemple – que l'on commence à voir pourquoi les êtres humains n'agissent pas comme des chats, des chiens ou des singes super-intelligents. C'est que notre cerveau est seulement un relativement bon transmetteur, tandis qu'il est un transformateur extraordinairement puissant [...] Le fait que le cerveau humain poursuit constamment un processus de transformation symbolique des données de l'expérience qui lui parviennent en fait une véritable fontaine d'idées plus ou moins spontanées⁶.

Bertalanffy opposait la caractérisation de l'homme comme « animal symbolique » aux critères classiques. Il considérait ainsi pour trois raisons comme insatisfaisant de tenir le langage pour le propre de l'homme : d'abord parce qu'il y a des langages animaux ; ensuite parce que le concept de symbolisme est plus large que celui de langage, englobant des symbolismes discursifs (qui communiquent des informations relatives à des objets) et non-discursifs (qui ont trait à la communication de valeurs) ; enfin, parce qu'il y a des formes de symbolisme plus primaires, moins sophistiquées, que le langage. Les deux dernières raisons étaient largement inspirées par les études de Langer : celle-ci avait insisté sur l'idée que l'esprit tend à opérer avec des symboles très en-deçà du niveau du langage et il la rejoignait dans une critique des logico-positivistes partagée par Bühler et Piaget⁷, dénoncés pour leur ignorance des « immenses possibilités d'une véritable sémantique au-delà des limites du langage discursif », et leur « erreur fondamentale » consistant à identifier tout symbolisme au symbolisme discursif⁸. Comme Cassirer⁹, Bertalanffy jugeait par ailleurs tout aussi inapproprié de définir l'homme comme un « animal rationnel », seule une petite partie de son comportement se révélant être rationnelle. Également inadéquate était selon lui sa caractérisation

¹ Bertalanffy L. von (1958a), pp. 11-12.

² Bertalanffy L. von (1967a), pp. 21-22. Voir aussi (1956a), p. 37 ; (1956d), p. 18 ; (1957a), p. 41 ; (1968c), p. 134.

³ Thurston E.T. (1909), in Bertalanffy L. von (1956a), p. 37.

⁴ Ritchie A.D. (1936), in Langer S.K. (1942, 1963), p. 27.

⁵ Langer S.K. (1942, 1963), pp. xiv-xv.

⁶ Langer S.K. (1942, 1963), p. 41 et p. 43.

⁷ Bühler K. (1926) et Piaget J. (1970), p. 19.

⁸ Langer S.K. (1942, 1963), pp. 86-88 et pp. 144-145.

⁹ Cassirer E. (1944, 1975), pp. 44-45.

comme *homo faber*, critère symptomatique à ses yeux d'une époque obnubilée par la technologie : les activités symboliques précèdent en effet la fabrication d'objets¹.

Bertalanffy fournit trois critères supposés permettre au contraire de caractériser le symbolisme comme une activité spécifiquement humaine. Les symboles seraient (1) des signes « librement créés », c'est-à-dire non pas volontairement, arbitrairement, consciemment ou rationnellement produits, mais sans rapport nécessaire, exprimant des contraintes biologiques, avec ce qu'ils symbolisent – ce qui signifie que ce rapport ne serait pas imposé de l'extérieur, mais « établi par un acte de création reposant sur la nécessité de donner une signification aux choses » ; (2) des signes « représentatifs d'un contenu » ; et (3) des signes « transmis par tradition »². Ces trois critères étaient jugés nécessaires et suffisants, pourvu qu'ils soient appliqués ensemble. Le second critère, que Bertalanffy tira de la distinction effectuée par Bühler entre les trois fonctions du langage comme « expression » [*Ausdruck*], « injonction » [*Befehl*] et « représentation » [*Darstellung*], constituerait une différence essentielle entre le langage humain et presque tous les langages animaux, qui comportent les deux premières fonctions. Quant aux rares exceptions telles que le « langage » des abeilles, elles ne satisferaient pas le troisième critère, ces langages étant innés et instinctifs³.

2-1-2-4 – La fonction médiatrice du symbolisme

Bertalanffy insista sur la fonction représentative du symbolisme et sa signification profonde. Cassirer avait avancé, en en faisant le pivot de sa « philosophie des formes symboliques », que le principe commun à ces formes, inhérent à cette fonction, est la mise à distance du réel. L'homme interposerait un système de symboles entre lui et le monde, donnant ainsi naissance à un univers intermédiaire. Sa définition en tant qu'« animal symbolique » s'enracinait chez les deux philosophes dans la donnée anthropologique fondamentale que constituerait cet acte de médiation symbolique :

L'univers de l'esprit humain tel qu'il se construit dans le langage et l'utilisation de l'outil, dans la représentation artistique et dans la connaissance conceptuelle, ne signifie rien d'autre que *l'art du détour* sans cesse davantage élargi et raffiné⁴.

Ainsi Cassirer considérerait-il que la pensée scientifique ne peut mettre en forme le réel qu'en s'en éloignant au préalable, que c'est seulement ainsi qu'elle peut gagner son emprise sur lui :

La théorie [...] n'atteint la proximité du réel à laquelle elle aspire qu'en instituant une certaine distance entre elle et la réalité, en apprenant à faire toujours plus « abstraction » de cette dernière⁵.

C'est une conception à laquelle souscrivit pleinement Bertalanffy (aussi bien que Whitehead⁶) :

Les lois naturelles ne sont pas en liberté dans la nature, mais doivent être gagnées par stylisation de la réalité expérimentale, par abstraction de tous les empêchements⁷.

Si tous deux firent de Goethe l'une de leurs principales références, c'est notamment parce que le poète avait déjà entrevu que toute activité intellectuelle consiste essentiellement à substituer au monde sensible un univers symbolique⁸. C'est une vision dont Einstein lui-même tendit à se rapprocher lorsqu'il parla d'un « effort » général de l'homme pour « dépasser le monde l'expérience » en le « remplaçant » par une « image » qu'il s'en fait⁹ ; à ce détail significatif près que n'est plus nécessairement conservée dans le symbole l'exigence propre à l'image d'une ressemblance avec ce

¹ Bertalanffy L. von (1965a), pp. 26-27 et p. 38 ; (1968c), pp. 133-135.

² Bertalanffy L. von (1948a), p. 264 ; (1956a), p. 37 ; (1957a), p. 41 ; (1958a), p. 12 ; (1965a), pp. 29-32 ; (1967a), pp. 25-56 ; (1968c), pp. 134-135.

³ Bertalanffy L. von (1956e), p. 20 ; (1958a), pp. 13-14 ; (1965a), pp. 29-32 ; (1968c), pp. 134-135.

⁴ Cassirer E., in Pouget J.M. (2003), p. 277 (voir aussi pp. 275-276).

⁵ Cassirer E. (1929, 1972b), p. 317.

⁶ Lequel souligna de plus son inspiration platonicienne : Whitehead A.N. (1926, 1994), pp. 50-51.

⁷ Bertalanffy L. von (1932b), p. 28.

⁸ Goethe J.W., in Bertalanffy L. von (1949d), p. 362 : « Le vrai, identique au divin, ne se laisse jamais connaître directement par nous, nous ne le contemplons que dans un reflet, dans l'exemple, le symbole ».

⁹ Einstein A. (1918), in Helms S.J. (1991), p. 31 : « L'homme cherche à se former pour lui-même, d'une manière qui lui est adaptée, une image lucide et simplifiée de notre monde, et de dépasser ainsi le monde de l'expérience en s'efforçant de le remplacer, dans une certaine mesure, par cette image. C'est ce que font le peintre, le poète, le philosophe spéculatif et le scientifique, chacun selon sa voie ».

dont elle est image¹. Selon Cassirer, la pensée scientifique, en particulier, ne ferait autre que traduire les impressions perçues dans un système de symboles figurant ses propres exigences ; au lieu d'atteindre un monde de « choses » individuelles, elle érigerait de la sorte un univers de lois médiatisé par des signes relationnels, aboutissant à la résolution de l'expérience en pures relations² :

Tout notre savoir, si achevé qu'il puisse être en lui-même, ne nous livre jamais les objets en personne, mais seulement des signes de ces objets et de leurs relations mutuelles³.

Les concepts de la science n'apparaissent plus comme des imitations d'existants objectifs, mais comme des symboles représentant les arrangements et les liaisons fonctionnelles à l'intérieur du réel⁴.

C'est dans le même esprit que Bertalanffy évoqua la substitution de l'opération et de l'expérimentation effectuées sur les symboles des « choses » à l'opération et à l'expérimentation effectuées sur les « choses » elles-mêmes :

Toute notre activité intellectuelle consiste en dernière analyse en une substitution de signes ou de symboles⁵ aux choses et en une opération et un calcul avec eux et non sur les choses elles-mêmes⁶.

Et il aboutit comme Cassirer à l'idée que la fonction ultime du symbolisme est d'organiser la matière brute des sensations en un univers cohérent de significations ; un univers certes enraciné dans la réalité sensible, mais foncièrement distancié et permettant, d'une manière apparemment paradoxale, d'avoir prise sur elle du fait même de cette distanciation. C'est une vision que Goethe semble avoir aussi anticipée lorsqu'il déclara :

Ce qui demeure en suspens dans le phénomène fluctuant se stabilise dans les pensées continues⁷.

Un aphorisme que Bertalanffy cita plusieurs fois, toujours en connexion avec cette idée :

C'est en représentant la réalité fluente dans un système de symboles créés avec pénétration que l'on en vient à une domination artistique, scientifique et technique de la réalité⁸.

C'est la fonction représentative qui crée un « univers » [...] Ce n'est que lorsqu'advient le symbolisme que l'expérience devient un « univers » organisé [...] Le symbolisme contribue à la *consistance* de l'univers⁹.

Le fruit de l'activité symbolique serait en définitive la construction d'un « univers humain », d'un monde indépendant des impressions instantanées auquel l'homme s'adapte et qui constitue l'objet d'un « intérêt » dépassant les nécessités vitales :

L'univers de l'homme est le monde du vécu ordonné par des symboles¹⁰.

Au lieu d'être un pur produit de son environnement, l'« animal symbolique » serait créateur du sien : la culture. Et non seulement son « monde » ne serait pas prédéterminé par son organisation psychophysique innée comme le sont les « milieux » théorisés par Uexküll, mais il irait à maints égards à l'encontre même de son statut en tant qu'être biologique¹¹. Par un mouvement remarquable, Bertalanffy revint ainsi quatre décennies plus tard à la dernière partie de sa thèse doctorale, où nous l'avons vu au 1-4-7-3 récuser l'idée selon laquelle la pulsion de conservation dans le combat pour la vie dicte l'activité humaine, et souligner que les valeurs culturelles sont, dans une perspective purement biologique, inutiles voire nuisibles pour l'individu et l'espèce humaine. Il avait alors affirmé

¹ Nous verrons au 2-1-3-1 que cette nuance très importante fut en particulier soulignée et exploitée par Hemplholtz dans les années 1860.

² Cassirer E. (1910, 1977), p. 216) et (1929, 1972b), p. 59.

³ Cassirer E., in Seidengart J. (1990), p. 164.

⁴ Cassirer E. (1910, 1977), p. 243. Voir aussi (1929, 1972b), pp. 442-443.

⁵ On peut remarquer que la mise en synonymie du « signe » et du « symbole » dans ces discussions était commune à Bertalanffy et à Cassirer (voir les deux citations précédentes de ce dernier). Elle n'apparaît pas comme un problème dans la mesure où, comme il a été expliqué plus haut, les symboles étaient définis comme des signes satisfaisant certains critères spécifiques.

⁶ Bertalanffy L. von (1949d), p. 362. Voir de même (1948a), p. 265 ; (1951d), p. 206) ; (1953a), p. 239 ; (1956a), p. 38 et (1958a), p. 15.

⁷ Goethe J.W., in Bertalanffy L. von (1949d), p. 362 : "Was in schwankenden Erscheinung schwebt, befestiget in dauernden Denken".

⁸ Bertalanffy L. von (1949d), p. 362.

⁹ Bertalanffy L. von (1965a), p. 57 (repris dans (1967a), p. 32). Voir aussi Pouget J.M. (2003), p. 278.

¹⁰ Bertalanffy L. von (1968c), p. 140.

¹¹ Bertalanffy L. von (1951c), p. 37 ; (1965c), p. 68

que toute culture est de ce point de vue « une sorte de dégénérescence », et qu'une explication biologique de la culture est « un non-sens »¹. C'est cette vision que l'on retrouve dans les années 1960, renforcée par des arguments tirés entre autres des philosophes et psychologues mentionnés :

Le comportement non symbolique sert de toute évidence en général la préservation de l'individu et de l'espèce [...] Par opposition, le comportement symbolique est non seulement créateur dans son fondement, mais il transcende largement l'intérêt biologique [...] Le monde symbolique de la culture est profondément non-naturel [*un-nature*], transcendant et souvent même négateur de la nature, des instincts, de la nécessité et de l'adaptation biologiques².

Une dualité irréductible inhérente à la position spécifique de l'homme devrait dès lors structurer toute la problématique de l'anthropologie :

L'homme, comme le dit un vieux dicton, est un citoyen de deux mondes. Il est un organisme biologique ayant un équipement physique, des pulsions, des instincts et des limites inhérentes à son espèce. Et en même temps, il crée, utilise, domine et est dominé par un monde supérieur qui, sans implications théologiques et philosophiques et en termes comportementaux, peut au mieux être défini comme l'univers ou les univers de symboles. C'est ce qu'on appelle la culture humaine³.

2-1-2-5 – *Points de vue néo-kantiens sur les origines, la genèse et la logique évolutive de la fonction symbolique*

Bertalanffy jugeait comme Cassirer qu'une compréhension correcte de la nature et des fonctions du symbolisme impose d'en saisir la logique évolutive et de ne pas d'emblée se focaliser seulement sur cette forme hautement sophistiquée de symbolisme discursif que constitue la science. La mise à distance du réel, caractéristique décisive du moment représentatif de tout symbolisme, ne serait pas plus apparue d'emblée dans l'évolution de l'« animal symbolique » que les processus d'abstraction ne sont d'emblée accessibles à l'enfant. Tous deux cherchèrent à interpréter la logique évolutive en question dans un sens très hégélien, en ce sens qu'il s'agissait pour eux d'y voir un processus d'objectivation de l'esprit. Toutes les formes de symbolisme participeraient de ce processus. En conséquence devrait être récusée l'idée que Bertalanffy qualifia sans nuance et avec un souci surtout polémique de « positiviste », selon laquelle les pensées magique et mythique ne sont que des stades primitifs de développement reflétant une « confusion prélogique », voués à s'effacer au profit de la pensée scientifique : une idée qui fut défendue par Lucien Lévy-Bruhl, justement attaqué par Bertalanffy à ce propos⁴. Cassirer jugeait possible d'établir une continuité entre les manifestations de l'esprit en ce que ce dernier, à travers *toutes* les formes symboliques *sans exception*, se révèle constitutif d'univers et transforme par là-même le monde en sa propre expression, i.e. s'y objective. L'objectivité ne serait donc plus un attribut propre aux sciences exactes, mais un état dont on peut observer divers niveaux et manifestations :

Le monde de la science exacte apparaît [dans la philosophie des formes symboliques] bien moins comme le début que comme la fin d'un processus d'objectivation dont les racines plongent dans d'autres couches plus anciennes de formation⁵.

Cette vision unitaire, dont il faut remarquer qu'elle n'était en fait pas étrangère au positivisme comtien⁶, se fondait chez Cassirer sur une différenciation de la fonction symbolique en trois modes auxquels correspondraient trois « mondes de formes » qui seraient autant de moments (ou « phases ») de manifestation de l'esprit : les fonctions expressive, caractéristique du mythe ; représentative, caractéristique du langage ; et significative, caractéristique de la science. Tous ces moments étant organiquement liés, quoique distincts :

Bien loin d'être absolument étrangère à la précédente, chaque phase ne fait que réaliser ce qui s'esquissait et s'amorçait déjà en elle. En outre, cette compénétration des phases singulières n'exclut

¹ Bertalanffy L. von (1926a), pp. 89-95.

² Bertalanffy L. von (1967a), p. 27.

³ Bertalanffy L. von (1964a), p. 248.

⁴ Bertalanffy L. von (1965a), p. 56.

⁵ Cassirer E. (1929, 1972b), p. 494.

⁶ Voir plus loin la « loi des trois états » de Comte.

pas pour autant leur opposition nette et tranchée. Car chaque phase nouvelle instaure une exigence originale et riche de sens, une norme et une « idée » nouvelles de la vie de l'esprit elle-même. Si continu qu'apparaisse le passage, les accents spirituels de la signification ne s'en déplacent pas moins constamment en lui, et chacun de ces déplacements fait surgir un nouveau « sens global » de la réalité¹.

Bien que n'ayant pas encore une conception aussi élaborée et systématique du problème à cette époque, Bertalanffy s'était engagé vers elle dès sa thèse et ses essais sur Vaihinger du tournant des années 1930. Rejoignant de ce point de vue aussi bien les positivistes du XIX^e siècle que les néo-kantiens (Vaihinger apparaissant justement en quelque sorte à leur intersection), le Viennois avait alors souligné le caractère au moins originellement anthropomorphe de bien des concepts des sciences dites « exactes » tels que celui de force, et insisté à la suite du philosophe de Halle sur l'idée que « le sentiment mythique n'est pas seulement un stade antérieur à la connaissance scientifique, car la pensée scientifique elle-même est encore liée à des mythes »². C'est aussi dès cette époque et toujours en référence à Vaihinger qu'il évoqua de manière récurrente sa vision de la science comme processus de « dé-anthropomorphisation » (l'idée étant clairement présente chez lui dès 1929 bien qu'il n'ait utilisé cette expression qu'à partir de 1937), par quoi il faut comprendre qu'elle « élimine[rait] toujours plus les moments [cognitifs] issus des sens humains », ce qui implique ultimement qu'elle tendrait à évacuer toutes les représentations liées à l'intuition sensible et *a fortiori* leurs hypostases ou réifications éventuelles :

Un trait de caractère essentiel de la science est qu'elle se dé-anthropomorphise progressivement³.

L'esprit scientifique tend à éliminer l'expérience mythique de sa description du monde [...] À l'image mythique de choses interagissant selon des forces secrètes, la pensée scientifique tend à substituer le schème abstrait d'une succession régulière dépourvue de vie intérieure [...] Ainsi la « force » a-t-elle été transmuée de cause active en simple expression de certaines relations quantitatives⁴.

Il faut noter que Cassirer fut bien près d'utiliser lui aussi le terme « dé-anthropomorphisation » en tant que synonyme de celui d'« objectivation » – un sens qui, comme il va apparaître, fut bien celui que lui conféra en définitive Bertalanffy :

L'impression en tant que telle contient un élément anthropomorphe [...] L'histoire des sciences de la nature est alors l'histoire exemplaire de la régression constante de cet élément et de son élimination complète⁵.

La constance de Bertalanffy dans cette vision de la direction de l'activité scientifique est impeccable. Ainsi développa-t-il ses réflexions à ce sujet en 1965 en affirmant que l'empathie (« la projection, la personnification, l'animisme et l'anthropomorphisme »), l'hypostase (« la conception des événements en termes de substances persistantes ») et la réification (« le fait de faire des concepts des entités 'réelles' ») constituent les « catégories générales du mythe », les deux dernières constituant de surcroît « des développements très naturels »⁶, des tendances spontanées de l'esprit qui, en tant que telles, ne correspondraient donc pas simplement à une ou des époques historiques du développement de l'esprit humain. Il s'agissait effectivement là d'une différence majeure avec tout positivisme :

L'expérience mythique n'est pas du passé ni une idiosyncrasie des tribus sauvages, mais est toujours active chez l'homme « civilisé ».

Il n'était pas pour autant si éloigné des critiques positivistes du concept de « force », que nous retrouverons au 2-2-1-3, lorsqu'il ajouta alors, parfaitement fidèle à ses premiers écrits :

La science est pleine d'entités qui constituent des concepts réifiés, lesquels sont seulement lentement détrônés en tant qu'entités métaphysiques. Le combat de plusieurs siècles en physique

¹ *op. cit.*, pp. 494-495.

² Bertalanffy L. von (1926a), ppp. 10-11 ; (1929f), p. 330 et (1932a), p. 67.

³ Bertalanffy L. von (1937b), p. 156.

⁴ Bertalanffy L. von (1932a), p. 68. Voir aussi (1929f), pp. 330-331.

⁵ Bertalanffy L. von (1932a), p. 68 et Cassirer E. (1910, 1977), pp. 346-347. Voir aussi Cassirer E., in Pouget J.M. (2003), p. 280 : « [La logique des sciences de la nature est] l'élimination progressive de tous les éléments anthropomorphiques dans leur image du monde ».

⁶ Bertalanffy L. von (1965a), p. 55.

pour passer d'un concept anthropomorphe de « force » à une notion abstraite exprimant certaines relations quantitatives en est un exemple. L'hypostase de la « matière » en tant que réalité ultime dans la vision mécaniciste du monde en est un autre¹.

L'empreinte profonde de Vaihinger à ce propos apparaît si l'on considère sa théorie du « développement organique des idées » et du progrès de la connaissance, qui mérite d'être évoquée ici. Cette théorie se fondait sur une philosophie fictionaliste dont les principes sont exposés dans l'annexe 2-1-2-5. De cette « philosophie du comme si » très influencée par Nietzsche et enracinée en particulier dans un « pragmatisme vital » similaire, je retiendrai en premier lieu ici l'idée directrice selon laquelle la pensée ne parvient à organiser avec plus ou moins de succès l'expérience qu'en se détournant du « réel » au moyen de la création d'un monde de fictions qui, en dépit de leur « irréalité », lui sont aussi utiles que nécessaires. Ainsi que l'insistance de Vaihinger sur la nécessité de distinguer fictions et hypothèses en dépit de la difficulté d'opérer cette distinction en pratique, et sur l'erreur selon lui aussi répandue que fondamentale qui consiste à hypostasier les premières, c'est-à-dire à confondre le monde du « comme si » avec le monde « réel », suscitant ainsi des controverses sans fin.

Vaihinger inscrit ces réflexions dans une théorie du « développement organique des idées » inspirée par Schopenhauer. À tous les niveaux de « réalité » se vérifierait une « loi de la prépondérance des moyens sur la fin », selon laquelle les moyens initialement orientés vers une fin déterminée tendent à s'autonomiser et à devenir des fins en elles-mêmes :

La pensée, qui sert originellement les buts de la volonté et devient seulement graduellement une fin en soi est l'instanciation particulière la plus évidente d'une loi universelle de la nature qui se manifeste toujours et partout sous de nouvelles formes, dans la vie organique, dans les processus de l'esprit, dans la vie économique et dans l'histoire².

Cette « loi » imprimerait une direction particulière au devenir de l'esprit humain : la pensée, qui aurait initialement eu un but pratique, aurait eu tendance à prendre son autonomie en tant que pensée théorique. Le résultat de cette évolution est qu'ignorant ainsi sa nature de génératrice de fictions, elle se serait de plus en plus posée des problèmes aporétiques :

La pensée commence par de légères déviations initiales par rapport à la réalité (semi-fictions) et, devenant toujours plus audacieuse, finit par opérer à l'aide de constructions qui sont non seulement opposées aux faits, mais auto-contradictoires³.

La grandeur de la pensée serait néanmoins son aptitude à reconnaître progressivement les raisons de ses apories. Cette aptitude s'exprimerait dans une seconde « loi » formulée par Vaihinger, celle des « changements cognitifs », dont il fournit comme paradigmes les destins des mythes platoniciens et du système de Ptolémée. Selon cette « loi » où le concept bertalanffien de « dé-anthropomorphisation » prend selon moi sa source, les idées parcourent en général un cycle marqué par trois époques. La première, liée à leur « tendance naturelle à la stabilisation », les voit transiter d'un stade fictionnel à un stade hypothétique, puis à un stade dogmatique. Parfois même, la fiction se métamorphose directement en dogme. Un second processus, régressif, advient alors : l'équilibre atteint dans le dogme est instable, les contradictions affleurent et le dogme est bientôt ramené à une hypothèse. De nouveaux doutes ne tardent pas à apparaître. Il arrive que l'idée initiale soit éliminée ; mais le plus souvent, elle survit en comme fiction plutôt que de disparaître, revenant ainsi à son statut initial.

Cette théorie, dont l'affinité avec la « loi des trois états » du positivisme comtien est évidente⁴, fournit à Vaihinger le sens de la connaissance en général. Il ne saurait selon lui y avoir de véritable compréhension du monde, sinon en apparence. Toute « compréhension » ne serait au fond qu'une réduction et une assimilation de l'existant à un nombre de plus en plus restreint de constructions

¹ Bertalanffy L. von (1965a), p. 58.

² *op. cit.*, p. xxx.

³ *op. cit.*, p. 16.

⁴ Comte écrit de cette « loi » au début de son *Cours de philosophie positive* : « [Elle] consiste en ce que chacune de nos conceptions principales, chaque branche de nos connaissances, passe successivement par trois états théoriques différents : l'état théologique, ou fictif ; l'état métaphysique, ou abstrait ; l'état scientifique, ou positif ». Dans l'état « théologique », l'esprit est en quête de « connaissances absolues » ; il invoque des « agents surnaturels » et recherche les « causes premières et finales ». Dans l'état métaphysique, « les agents naturels sont remplacés par des forces abstraites, véritables entités (abstractions personnifiées) inhérentes aux divers êtres du monde ». Dans « l'état positif » enfin, « l'esprit humain, reconnaissant l'impossibilité d'obtenir des notions absolues », se limite à l'observation et au raisonnement afin d'établir des « lois naturelles », c'est-à-dire des « relations invariables de succession et de similitude » : Comte A. (1830, 1975), pp. 21-22.

conceptuelles qui, en dernière analyse, se révèlent être des fictions. La connaissance adviendrait précisément lorsque les anthropomorphismes sont démasqués et que l'admiration superstitieuse des formes logiques est abolie ; en d'autres termes, lorsque les fictions sont consciemment reconnues et utilisées en tant que telles. Tel serait le mouvement de la science moderne, en particulier de la physique : elle se découvrirait progressivement connaissance des pures relations, c'est-à-dire des « séquences » et des « coexistences » médiatisées par des fictions. Tel serait aussi le mouvement de la philosophie qui, avec un criticisme pragmatique tel que celui qu'il défendait, « se libère[rait] de la croyance infantile en le pouvoir et en la validité ultime de la pensée » tout en reconnaissant « le fait de la coïncidence pratique ultime de la pensée et de l'existence »¹.

2-1-2-6 – *L'éclairage des psychologies « génétiques » sur les origines, la genèse et la logique évolutive de la fonction symbolique*

Si ces conceptions de Vaihinger marquèrent profondément celles de Bertalanffy avant-guerre et se retrouvent encore longtemps après, sa découverte après-guerre des psychologies dites « génétiques » de Werner et Piaget l'amena à appréhender le problème de la logique évolutive du symbolisme dans une perspective plus complète, incluant des dimensions anthropologique et psychologique.

L'hypothèse qu'il formula (pour la première fois en 1956) fut que le langage, et plus généralement la fonction symbolique, tirent leur origine de la pensée et des pratiques magiques. Ces dernières se caractériseraient par l'absence de reconnaissance de la fonction représentative des symboles, autrement dit par la confusion entre le signe et le signifié. Le mythe biblique avait affirmé que nommer les choses confère un pouvoir sur elles ; plus généralement, les symboliser reviendrait à en prendre possession à travers leurs images symboliques. La création d'un signe matériel ou acoustique d'une chose et les opérations sur ce signe s'y inscriviraient dans une logique où l'absence de distanciation entre les deux induit la croyance en la possibilité de dominer la seconde par la seule manipulation du premier². Bertalanffy, qui se référa justement à Cassirer à ce propos, estimait que la pensée mythique et les origines du langage marquèrent les débuts de la « différenciation entre sujet et objet, réalité et symbole » ; une différenciation essentielle qui se serait « progressivement établie » au cours de l'évolution humaine et à partir de laquelle la fonction représentative des symboles se serait « réalisée dans le langage, l'art et la science »³ :

L'invention du symbolisme représentatif fut la grande découverte, l'événement décisif de l'évolution humaine⁴.

Comme raisons expliquant cette émergence, Bertalanffy avança les « instincts sociaux », le « faible degré de spécialisation des organes », le « niveau élevé d'activité autonome » et « l'absence de possession de moyens de communication instinctifs »⁵.

Bien que Bertalanffy, en accord avec Bühler et Piaget⁶, ait récusé, comme il l'avait fait eu égard à celui de Haeckel (« l'ontogenèse récapitule la phylogenèse »), le principe selon lequel le développement mental de l'individu particulier « récapitule » l'évolution générale de l'humanité dans ses deux composantes biologique et culturelle, il voyait entre ces évolutions une analogie profonde. C'est-à-dire (conformément à sa logique « systémologique » examinée ultérieurement) l'existence d'un même principe formel rendant compte de ces évolutions sans qu'il soit pour autant nécessaire d'admettre un quelconque rapport de type causal ou substantiel. À savoir le principe « organismique » de hiérarchisation par différenciation structurale et fonctionnelle, appliqué ici à la différenciation entre sujet et objet, ego et non-ego, symbole et « chose » symbolisée :

¹ Vaihinger H. (1911, 1965), p. 163.

² Bertalanffy L. von (1956a), p. 38 ; (1956e), p. 20 ; (1958a), p. 15 ; (1965a), p. 55 ; (1967a), p. 38 ; (1968c), p. 138.

³ Bertalanffy L. von (1965a), pp. 62-63.

⁴ *op. cit.*, p. 55.

⁵ Bertalanffy L. von (1968c), p. 137.

⁶ Voir Brauckmann S. (1997), p. 195.

Le « je » [I] et le ça [it] cristallisent à partir d'un flux indifférencié d'expérience, et ceci advient dans le développement individuel de la conscience de l'enfant aussi bien que dans l'évolution biologique de l'homme et l'évolution culturelle vers la conscience individuelle¹.

L'idée que le langage « holophrastique » (où un seul terme tient lieu de phrase) précéda la séparation des significations et le discours articulé fut formulée par W. von Humboldt dès le début du XIX^e siècle². D'un autre côté, Werner et Piaget avaient établi que l'état primitif de perception est vraisemblablement la synesthésie (l'association de plusieurs sens dans la perception d'un même phénomène), à partir de laquelle l'expérience (hormis dans certains cas particuliers tels que la vision du poète, l'extase mystique ou les états psychédéliques) se différencie, et où naissent les dualités catégoriales. Les fonctions mentales progresseraient au cours du développement psychologique de l'individu d'un état « syncrétique » ou « a-dualiste » vers une distinction claire des fonctions, une dissociation entre la « chose », son symbole et le « moi » que Bertalanffy qualifia lui-même tantôt d'« objectification », tantôt d'« objectivation progressive »³. Ce sont clairement avant tout les écrits des deux psychologues qui suscitèrent le rapprochement opéré par Bertalanffy, mais il est tout aussi clair qu'il y était prédisposé ; il n'est en effet pas anodin que Reiningger, dont il fut un fidèle disciple, ait lui aussi très tôt insisté sur la lente genèse de la distinction entre l'ego et le non-ego (qu'il tenait pour la catégorie la plus fondamentale)⁴ :

Un nouvel accès au problème fondamental de l'objectivation devrait être permis si premièrement on le considère génétiquement, c'est-à-dire dans son développement évolutif, culturel et individuel ; et si deuxièmement l'objectivation n'est pas seulement conçue au sens épistémologique, mais aussi au sens pratique de la fabrication d'objets, d'une « manipulation » [...] Il est devenu évident avec la psychologie du développement que la conscience quotidienne de l'Européen moderne, avec sa claire coupure entre sujet et objet et sa « frontière de l'ego » [*ego-boundary*] ne constitue pas une donnée primaire, mais s'est constituée au cours d'un long et pénible développement. Tant dans le développement psychique de l'enfant que sur la voie de l'homme primitif à l'homme de culture, se trouve initialement un « univers a-dualiste » du vécu (Piaget) où la coupure entre sujet et objet n'est pas encore réalisée, un « continuum perceptuel-conceptuel-motivationnel » ou « syncrétisme » (Werner) [...] Se forme finalement le monde objectif des « objets » et un « moi » clairement coupé de ces derniers. Un processus étroitement lié à la capacité humaine de symbolisation, i.e. la création de « substituts » idéaux des choses [...] Mais ce processus est aussi étroitement lié à l'objectivation en un sens pratique : dès lors que l'homme apprend à créer des « reproductions » des choses, le fondement de la symbolisation et, en définitive, de la coupure entre sujet et objet, fut donné [...] En ce que le symbole n'« est » plus l'objet mais se limite à le « signifier », qu'une différenciation entre perception et conception surgit, advient la distanciation entre objet, symbole et moi, et en définitive l'édification d'un « univers » humain : le monde du vécu ordonné par des symboles⁵.

L'apport spécifique de Piaget fut d'avoir montré comment les catégories se forment au cours du développement mental de l'enfant à partir des opérations qu'il pratique sur son « entourage ». Bertalanffy eut raison d'affirmer qu'il fut d'inscrire le principe d'opérationnalité dans ce développement lui-même⁶ :

L'élaboration de l'univers par l'intelligence sensori-motrice constitue le passage d'un état dans lequel les choses sont centrées autour d'un moi qui croit les diriger tout en s'ignorant lui-même en tant que sujet à un état dans lequel le moi se situe au contraire, au moins pratiquement, dans un monde stable et conçu comme indépendant de l'activité propre. On ne saurait expliquer cette évolution que par le développement de l'intelligence elle-même. L'intelligence procède, en effet, d'un état dans lequel l'accommodation au milieu est indifférenciée de l'assimilation des choses aux schèmes du sujet à un état dans lequel l'accommodation des schèmes multiples est devenue distincte de leur assimilation respective et réciproque [...] Ce processus résume toute l'évolution de l'intelligence sensori-motrice⁷.

¹ Bertalanffy L. von (1965a), p. 56.

² Bertalanffy L. von (1965c), p. 1103.

³ Bertalanffy L. von (1967a), p. 38.

⁴ Voir Brauckmann S. (1997), p. 193.

⁵ Bertalanffy L. von (1968c), pp. 138-140.

⁶ Bertalanffy L. von (1956e), p. 19.

⁷ Piaget J. (1934, 1973), p. 307. Remarquons le titre de l'essai : *La construction du réel chez l'enfant*.

Les connaissances se constituent au plan de l'action elle-même avec leurs bipolarités logico-mathématique et physique, sitôt que, grâce aux coordinations naissantes entre les actions, le sujet et les objets commencent à se différencier en affinant leurs instruments d'échange¹.

Selon Bertalanffy comme Piaget, le processus d'objectivation en question n'aurait pas de terme. Surtout, il ne se limiterait pas au plan sensori-moteur mais se poursuivrait sur celui de la pensée représentative. Cassirer avait déjà pointé cet aspect à sa manière en montrant comment l'introduction en mathématiques d'« éléments idéaux » (tels que les nombres complexes) permet de réaliser de nouvelles synthèses, de constituer des systèmes de relations inédits en objets qui servent à leur tour de point de départ à de nouvelles relations, s'intégrant ainsi dans un système d'ordre supérieur :

[La pensée mathématique] ne cesse de résoudre tout être en de pures relations ; mais inversement elle n'arrête pas de regrouper chaque totalité de relations dans le concept d'un être².

Il avait ainsi retrouvé sur « un mode critique » (pour reprendre l'expression de Bertalanffy) l'idée développée dans la métaphysique de la stratification d'un N. Hartmann selon laquelle chaque « forme » est susceptible de devenir « matière » d'une « forme » supérieure. Une idée que l'on retrouve justement chez des structuralistes tels que Piaget :

Il n'y a pas un niveau privilégié des objets mathématiques sur lesquels on opère, mais les opérations elles-mêmes, ainsi que les structures, peuvent devenir à leur tour objets mathématiques pour une théorie située à un niveau supérieur de l'échelle³.

Il n'y a plus d'« êtres » mathématiques au sens ontologique du terme⁴.

Le psychologue avait très tôt ébauché lui aussi ce principe essentiel du constructivisme dans sa description du processus dit d'« abstraction réfléchissante », expression faisant référence au niveau primaire à la construction de combinaisons d'abstractions tirées des « schèmes de l'action » s'exerçant sur les objets, et plus généralement à la « construction d'opérations sur d'autres opérations »⁵. Il n'y a dès lors rien d'étonnant à ce que Bertalanffy se soit appuyé sur les « psycho-généticiens » plus encore que sur Cassirer quant au problème de l'objectivation : avec eux, le constructivisme qu'il embrassait semblait avoir trouvé ses bases scientifiques.

2-1-2-7 – Productivité et autonomie des univers symboliques

C'est à une propriété essentielle du symbolisme que Bertalanffy attribua au moins en partie la capacité de l'esprit humain à « dé-anthropomorphiser » son image du monde, à la manière du « baron de Münchhausen se tirant de son propre bourbier », une métaphore qu'il tira peut-être de Weyl⁶. Cette propriété est ce qu'il appela sa « productivité », ou encore la « magie de l'algorithme ». L'homme n'en aurait découvert l'existence qu'en reconnaissant l'impuissance de la magie classique, c'est-à-dire en prenant conscience du caractère représentatif du symbolisme. La manifestation majeure en serait l'existence de la science et de la technologie ; et la mathématique en constituerait l'incarnation la plus pure. Bertalanffy insista sur le fait que des symboles demeurent improductifs tant qu'ils restent isolés, mais que la situation change s'ils peuvent être combinés selon des règles établies ; si, en quelque sorte, le langage symbolique possède non seulement un « vocabulaire », mais aussi une « grammaire » ; c'est-à-dire encore s'il prend la forme d'un algorithme, au sens d'« un système de symboles connectés selon des règles préétablies »⁷. La possibilité d'itération de règles leur confère en effet une « générativité » : on obtient ce qu'il appela une « machine à penser »⁸ qui, pourvu que les symboles et

¹ Piaget J. (1970), p. 19 (*L'épistémologie génétique*).

² Cassirer E. (1929, 1972b), p. 440.

³ Lichnerovitz A. (1967), in Piaget J. (1967), p. 478 : cet ouvrage interdisciplinaire (*Logique et connaissance scientifique*), dont Piaget organisa l'édition et auquel il contribua lui-même substantiellement, peut-être tenu pour la « bible du structuralisme ».

⁴ Piaget J. (1967), in Piaget J. (1967), p. 565.

⁵ Piaget J. (1970), p. 19 et p. 57 en particulier. Voir aussi Piaget J. (1934, 1973), p. 334 : « Sur le plan de la pensée représentative qui est en même temps celui des relations sociales ou de la coordination entre les esprits individuels, de nouvelles assimilations et de nouvelles accommodations deviennent nécessaires, qui débute à leur tour par une phase d'indifférenciation chaotique pour procéder ensuite à une différenciation et à une harmonisation complémentaires ».

⁶ Bertalanffy L. von (1955b), p. 259. Voir Weyl H. (1927, 1949, 1963), p. 154.

⁷ Bertalanffy L. von (1956a), pp. 38-39 et (1958a), p. 16.

⁸ Bertalanffy L. von (1948a), p. 266 ; (1951d), p. 4 ; (1958a), p. 16 ; (1965a), p. 33.

les règles de leurs combinaisons soient adéquatement choisis, fournit plus de « dividendes » que le « capital conceptuel » investi à l'origine. La logique de la représentation symbolique et de sa fertilité serait ainsi celle que Hertz énonça dans un fameux adage que Bertalanffy cita maintes fois :

Nous nous faisons des simulacres ou des symboles intérieurs des objets extérieurs, et nous les faisons d'une espèce telle que les conséquences des images, nécessaires selon la pensée, sont toujours à leur tour les images des conséquences, nécessaires selon la nature, des objets reproduits¹.

La fertilité d'un tel « système algorithmique » tiendrait donc à ce qu'il permet de tirer les conséquences d'hypothèses sur le réel pouvant être expérimentalement testées ; de prédire des événements et des relations encore inconnus ; et d'établir des résultats qui resteraient sans lui insoupçonnés ou difficiles à atteindre. En ce sens, il serait « plus intelligent que ses créateurs »², à l'image du joueur d'échecs artificiel dont le cybernéticien William R. Ashby, très vite cité par Bertalanffy à ce sujet, annonça dès 1950 la possibilité de principe qu'il soit capable de combiner les règles strictes de déplacement des pièces (i.e. de maîtriser la « grammaire » du jeu) au point de battre ceux qui l'ont construit – une possibilité depuis lors devenue réalité³. Bertalanffy ne mentionna pas Hertz pour cette interprétation, mais se marque ici l'influence de ses lectures de jeunesse puisque Nernst, dans un article de 1922 auquel il se référa plusieurs fois dans ses premières publications, avait cité son collègue en ce sens :

On ne peut pas étudier la merveilleuse théorie électromagnétique de la lumière de Maxwell sans avoir par moments l'impression que les formules mathématiques sont habitées d'une vie autonome et d'un entendement propre, comme si elles étaient plus intelligentes que nous, plus même que leur inventeur, comme si elles nous restituaient plus que ce qui y a été mis⁴.

En parlant de « vie autonome », Nernst avait toutefois tendu ici à opérer la conjonction entre deux idées *a priori* très différentes : non seulement celle de la « productivité » des systèmes symboliques, dont il vient d'être question, mais aussi celle de ce que Bertalanffy, en l'identifiant à l'évolution de « l'esprit objectif dont avait parlé Hegel », appela justement l'« autonomie », ou encore la « vie propre » de tels systèmes⁵. Sans se référer à Nernst, le Viennois fit pleinement sienne cette même conjonction à partir de 1948, en cherchant à la fonder. Il reprenait ainsi un thème qu'il avait déjà discuté dans sa thèse sous l'influence explicite de Simmel⁶. Il avança l'idée que la « productivité » des systèmes symboliques irait de pair avec la genèse d'une « logique immanente » à laquelle serait soumis leur développement : ils seraient comme « auto-propulseurs »⁷. Il faut insister sur l'importance et le caractère central de cet argument chez Bertalanffy, puisque c'est en dernière analyse le seul qu'il ait fourni afin de légitimer l'appréhension des cultures et des civilisations, ainsi que des organisations sociales, politiques et économiques dont elles sont solidaires, comme des « systèmes supra-individuels » (ou, comme il les appelait encore en 1926, des « intégrations d'ordre supérieur ») soumis à des lois propres et devant être étudiés comme tels :

C'est pour cette raison qu'en négligeant les transitions, on peut en gros trouver trois domaines ou niveaux principaux dans l'observation du monde : la nature inanimée, les systèmes vivants et l'univers symbolique, chacun ayant ses lois immanentes caractéristiques⁸.

Et il y voyait une signification profonde, celle vers laquelle convergeait toute son anthropologie philosophique – comme celle de Cassirer. Ce dernier avait dès 1930 envisagé le progrès humain sous l'angle d'une « libération progressive de soi de l'homme » fondée sur son aptitude à la symbolisation et à la mise à distance symbolique du monde qui la caractérise. Le langage, le mythe, la religion et

¹ Hertz H. (1910), in Bouveresse J. (1991), p. 117.

² Bertalanffy L. von (1948a), p. 266 ; (1949d), p. 362 ; (1951d), p. 4 ; (1956a), pp. 38-39 ; (1958a), pp. 16-17 ; (1965a), p. 33.

³ Ashby R.W. (1952a). Voir aussi Bertalanffy L. von (1955b), p. 259. Rappelons que les meilleurs logiciels échiquiers battent désormais les meilleurs grand-maîtres, y compris les derniers champions du monde. Il faut tout de même préciser que les capacités combinatoires ne sont pas seules en question : puisqu'il faut toujours départager diverses possibilités combinatoires avant chaque coup, le logiciel du jeu artificiel doit être muni d'une fonction d'évaluation des positions dont les critères sont fixés par le programmeur : là est toute la difficulté...

⁴ Hertz H., in Nernst W. (1922), p. 490.

⁵ Bertalanffy L. von (1948a), p. 266 et (1965a), p. 33.

⁶ Bertalanffy L. von (1926a), pp. 86-87 et 95.

⁷ Bertalanffy L. von (1967a), p. 30. L'expression américaine était « *self-propelling* ».

⁸ *op. cit*

l'art seraient autant de manifestations de cet affranchissement progressif qui culminerait dans la science¹. Quant à Bertalanffy, nous avons déjà observé qu'en connexion avec son principe d'« activité primaire » et sa conception orthogénétique de l'évolution, il avait été amené dès ses premiers travaux biologiques à voir dans la nature systémique des organismes l'expression d'un processus d'autonomisation vis-à-vis de leur environnement. Ce qu'il esquissa dès 1940 n'est rien moins qu'une transposition de cette vision à l'anthropologie. La technique, matérialisation du symbolisme, pourrait être considérée comme une poursuite de cette logique évolutive par d'autres moyens :

Le trait essentiel le plus profond de « l'évolution supérieure » est l'autonomisation progressive de l'organisme par rapport au monde extérieur. Plus le niveau d'organisation d'un organisme est élevé, plus il est indépendant des relations extérieures [...] Et l'on peut considérer la technique humaine comme une poursuite de la tendance phylogénétique à cette indépendance croissante des conditions extérieures ; car elle aussi a en définitive pour logique de faire de l'homme un être dominant les facteurs naturels au lieu d'être dominés par eux².

Bertalanffy insista par la suite sur l'opposition entre une évolution purement biologique, qui ne peut dériver que de l'hérédité génétique, et une évolution culturelle fondée sur la tradition : avec l'avènement de l'« animal symbolique », « l'Histoire se substitue[rait] à la phylogenèse », l'implication majeure étant l'accélération « torrentielle » du rythme de l'évolution humaine³.

2-1-2-8 – *L'ambivalence de la fonction symbolique et ses conséquences : la « tragédie de la culture » selon Bertalanffy*

Dès la dernière partie de sa thèse et en connexion avec son affirmation de l'irréductibilité de la culture à la biologie, Bertalanffy avait pointé un paradoxe tragique immanent à la condition humaine, directement lié à ce qu'il voyait comme une ambivalence constitutive de la fonction symbolique. Constatant, en tirant argument des tourments de son époque, que « l'homme de culture » du XX^e siècle était tout sauf justifié à se dire plus satisfait de sa condition que « l'homme de l'âge de pierre », et qu'il y avait comme une « absurdité » apparente à œuvrer à l'édification de la culture alors qu'elle semblait bien devoir rendre « plus malheureux » non seulement l'individu, mais aussi l'humanité dans son ensemble, il exposa ce paradoxe en ces termes :

Précisément, le meilleur en nous exige que nous travaillions pour une culture que l'on peut voir comme un préjudice à la vie et au bien-être ; d'y travailler à la manière des meilleurs des hommes ayant justement créé cette culture. Contradiction incompréhensible ! Ceux qui furent complètement altruistes, qui sacrifièrent leur bonheur et souvent leur vie pour l'humanité, ont créé une chose [*Gebilde*] qui mène justement cette humanité à une misère toujours plus grande. Contradiction incompréhensible !⁴

La constance de sa vision est là encore remarquable puisque Bertalanffy déclara près de quarante ans plus tard que les « systèmes symboliques » sont à la fois « le fondement des réalisations les plus sublimes de l'homme » et « la cause de toutes ses folies »⁵. Ce thème ressurgit en fait dans ses écrits à partir de 1948. Il s'appropriera alors de nouveau et réinterprétera sans le dire les thèmes simméliens de l'aliénation et de la « tragédie de la culture » à la lumière de son analyse de la fonction symbolique. Certes, celle-ci aurait l'aspect « positif » d'avoir permis à l'homme de s'arracher aux servitudes naturelles : les « triomphes » scientifiques et technologiques en seraient l'expression. Mais il y aurait une « vérité profonde » dans la métaphore biblique identifiant « l'arbre de la connaissance » à celui de la mort ; il serait tout aussi légitime de voir l'invention des univers symboliques comme la « chute de l'homme », une sorte de « péché originel » : il devrait « payer pour son unicité »⁶.

Ainsi l'intentionnalité serait-elle rendue possible par le symbolisme, qui permet l'anticipation par la pensée d'événements futurs, en particulier la détermination de l'action, du comportement présent, conformément à la représentation d'un objectif à atteindre. Mais ce trait propre à l'homme,

¹ Cassirer E. (1930), in Pouget J.M. (2003), pp. 276-277.

² Bertalanffy L. von (1940a), pp. 108-109.

³ Bertalanffy L. von (1948a), p. 265 ; (1951c), p. 37 ; (1951d), p. 7 ; (1956a), p. 38 ; (1958a), p. 14 ; (1967a), pp. 38-39 ; (1968c), p. 136.

⁴ Bertalanffy L. von (1926a), pp. 91-92.

⁵ Bertalanffy L. von (1967a), p. 31.

⁶ Bertalanffy L. von (1951c), p. 37 ; (1956a), p. 39 ; (1958a), pp. 17-19.

source majeure de sa grandeur, serait simultanément l'origine de son anxiété vis-à-vis de la mort, voire simplement de l'avenir en général¹. L'autonomie des univers symboliques impliquerait par ailleurs toujours une tendance pour l'individu, accentuée dans la civilisation moderne, à devenir étranger au monde qui l'entoure, à ne pas être en mesure de s'y intégrer, de se l'approprier. Deux phénomènes spécifiquement humains seraient les conséquences néfastes majeures de cette tendance aliénante où la réalité symbolique se montre susceptible de « contrôler le comportement humain plus puissamment que la réalité biologique » : les guerres et les névroses. Celles-ci traduiraient en effet des conflits entre univers symboliques et pulsions biologiques, ou entre ces univers eux-mêmes (conflits idéologiques), liés à la prédominance chez l'« animal symbolique » de « quasi-besoins », c'est-à-dire de besoins tirant leur origine d'un cadre symbolique déterminé. Bertalanffy attribuait ainsi les phénomènes d'agression au « couplage d'instincts [refoulés] avec des constructions au niveau symbolique », et il interprétait les troubles mentaux, dont les formes seraient des fonctions de la culture, aux résultats de « perturbations » de la fonction symbolique. Dans tous les cas, les deux tendances « naturelles » à l'hypostase et à la réification des concepts joueraient un rôle essentiel, d'où l'importance vitale d'une perspective (néo-)criticiste². Condition en définitive tragique que celle de l'homme, condamné en quelque sorte à faire des instruments de son propre accomplissement ceux de sa servitude.

Il est particulièrement intéressant et significatif pour la suite que Bertalanffy ait localisé les dangers en question dans la plurivocité inhérente aux symboles dès lors que l'on quitte la sphère des mathématiques. Notons qu'il restait en cela fidèle au Cusain, dont Cassirer avait fort bien remarqué qu'il fut l'instigateur de l'idée que la mathématique, en fixant la signification des termes et en soumettant leurs connexions à des règles déterminées, est seule en mesure de mettre un terme aux conflits que ces termes peuvent sinon engendrer³. Selon Bertalanffy, les succès des mathématiques seraient d'ailleurs précisément liés à l'univocité de leurs opérations symboliques ; plus au contraire les symboles deviennent vagues et imprégnés de sentiments, plus ils nourriront les passions et susciteront l'éveil des instincts, engendrant ainsi le cours sanguinaire de l'histoire. Le problème général de l'humanité consisterait dès lors à assumer la plurivocité de ses créations symboliques, donc le caractère essentiellement tragique de sa condition, tout en contrôlant ces créations afin de mettre leur puissance au service de l'harmonie humaine et non des compulsions destructrices ; on relèvera au passage comment Bertalanffy récusait définitivement après-guerre les thèmes typiques des « philosophies de la vie » qui avaient dominé le contexte culturel de sa jeunesse :

Le danger pour l'humanité ne se trouve pas dans « l'intellect », dans le « rationalisme » ou dans la « machine », qu'il faudrait ou que l'on pourrait dépasser par des valeurs intuitives. Nous ne pouvons pas revenir en arrière sur l'évolution qui a fait de l'homme ce qu'il est. Néanmoins, c'est à l'homme lui-même qu'il revient de choisir d'appliquer la puissance de prévision dont il est en possession soit pour son élévation, soit pour sa propre extermination⁴.

Un point essentiel, que nous retrouverons avec Rapoport plus explicitement encore, étant que les mathématiques seraient, comme le criticisme, susceptibles de constituer un outil salutaire d'une fonction culturelle éminente, pourvu qu'on les développe adéquatement vers leur application aux affaires humaines... c'est-à-dire au service d'une perspective systémique⁵.

Avec sa vision de l'homme en tant qu'« animal symbolique », l'anthropologie de Bertalanffy fournit un cadre philosophique général à une théorie perspectiviste de la connaissance dont maints éléments opérèrent dès ses premiers travaux mais dont l'explicitation n'intervint que progressivement, à partir de 1937. Il s'agit maintenant de reconstruire cette théorie dans toute sa cohérence : elle constitue, comme je l'ai annoncé, un prolégomène indispensable à toute compréhension correcte de la nature et des vocations de son projet « systémologique ».

¹ Bertalanffy L. von (1948a), p. 265; (1951d), p. 206; (1956a), pp. 37-39; (1958a), p. 15; (1967c), p. 29; (1968c), p. 138.

² Bertalanffy L. von (1948a), p. 267; (1951c), p. 37; (1956a), pp. 38-40; (1956d), pp. 15-17; (1958a), p. 18; (1958b), pp. 52-55; (1967a), pp. 31-32.

³ Cassirer E. (1927, 1983), pp. 73-74.

⁴ Bertalanffy L. von (1948a), p. 267.

⁵ Bertalanffy L. von (1948a), pp. 266-267. Rapoport A. (1957), p. 90 et (1960a).

2-1-3 – *La théorie perspectiviste de la connaissance de Bertalanffy*

La tâche consiste à expliquer la signification et les origines conceptuelles des trois moments constitutifs du perspectivisme de Bertalanffy, ainsi que leurs relations mutuelles. Si les deux premiers moments en question peuvent être qualifiés de relativistes, le troisième préserve l'idée de la possibilité d'une connaissance absolue. Ce qui interdit d'interpréter ce perspectivisme comme un relativisme. Nous retrouverons donc ici la problématique du dépassement de l'opposition entre relativisme et quête d'absolu, dont j'ai souligné au 1-1-3-1 l'importance dans la formation des idées de Bertalanffy :

Les catégories de la connaissance dépendent premièrement de facteurs biologiques et deuxièmement de facteurs culturels ; mais en dépit de cet enchevêtrement trop humain, une connaissance absolue, émancipée des limitations humaines, est possible en un certain sens¹.

2-1-3-1 – *La thèse de la relativité biologique des catégories*

L'idée d'une « dépendance » de la cognition et de la connaissance à des « facteurs biologiques », ce qu'il appela la « relativité biologique des catégories », constituait le premier moment du perspectivisme de Bertalanffy. Il la formula ainsi en 1955 :

Les catégories de l'expérience ou formes de l'intuition, pour utiliser l'expression de Kant, ne sont pas des *a priori* universels, mais dépendent plutôt de l'organisation psycho-physique et des conditions physiologiques de l'animal expérimentant, l'homme inclus².

Il soutint en fait cette thèse dès 1937, dans une discussion du concept d'*Umwelt* de Uexküll qui l'amena d'ailleurs à introduire pour la première fois dans ses publications les termes « perspective » et « perspectiviste » dans le contexte de la théorie de la connaissance :

Ce qui, pour un organisme, peut devenir un « stimulus » ou un « signe » [*Merkmal*] et auquel il répond par une réaction déterminée, est déterminé par son plan structural et fonctionnel, i.e. par la constitution spécifique de ses organes des sens et de réaction ; comme l'exprime von Uexküll, chaque organisme découpe pour ainsi dire dans la masse des choses qui l'entourent et conformément aux dits organes un petit nombre de caractéristiques [*Merkmale*] auxquelles il réagit, qui forment dans leur ensemble son « milieu » [*Umwelt*] ; rien du reste ne lui étant accessible. Chaque animal est comme entouré d'une bulle de savon par son milieu, lequel porte en lui tout ce qui fait sa vie et est constitué des caractères qui lui sont accessibles [...] La relation entre le milieu et l'organisation [psychobiologique] concerne aussi les « formes de l'intuition » que Kant tenait pour des principes immuables, « *a priori* » : l'espace et le temps. Le biologiste trouve qu'il n'y a pas d'espace ni de temps en soi, mais des espaces et temps qui dépendent de l'organisation³.

Uexküll avait abouti à un perspectivisme dont nous retrouverons bientôt le motif essentiel, celui d'une totalité inaccessible en tant que telle sur laquelle sont seules possibles des perspectives mutuellement contradictoires, chez d'autres auteurs antérieurs auxquels Bertalanffy s'affilia (tels que le Cusain). Selon Uexküll, l'« entourage » d'un organisme, c'est-à-dire ultimement la nature dans son ensemble, renfermerait en effet « tous les milieux, sans être reconnu ni jamais pouvoir l'être par tous les sujets de ces milieux » :

Le milieu entier n'est qu'une infime partie de la nature, découpée selon les facultés du sujet [...] Le rôle que joue la nature en tant qu'objet dans les différents milieux est éminemment contradictoire. Si l'on voulait rassembler ses caractères objectifs, on serait devant un chaos. Et cependant tous ces milieux sont portés et conservés par la totalité qui transcende chaque milieu particulier. Derrière tous les mondes auxquels il donne naissance se cache, éternellement présent, le sujet : la nature⁴.

Non seulement Bertalanffy resta toute sa vie attaché à ce principe de relativité, mais il ne manqua jamais de fournir de nouveaux arguments à son appui – ce qui ne l'empêcha pas, je vais y revenir, de rejeter le relativisme sur lequel déboucha Uexküll.

¹ Bertalanffy L. von (1955b), p. 247. Voir le § 1-1-3-2.

² Bertalanffy L. von (1955b), p. 250, et plus généralement pp. 247-250.

³ Bertalanffy L. von (1937b), pp. 154-155.

⁴ Uexküll J. von (1934, 1965), pp. 88-90.

Il cita ainsi dès 1937 les travaux publiés respectivement six et trois ans plus tôt par les physiologistes Johannes G. von Allesch et Emil von Skramlik, qui étaient allés dans le sens des vues de Uexküll en montrant le caractère non-euclidien de l'espace perceptif (qu'il s'agisse de l'espace visuel ou de l'espace tactile), ainsi que ceux réalisés dans la première moitié des années 1930 par J. von Stein-Beling et Hans Kalmus, qui avaient démontré que le temps expérimenté, loin d'être newtonien, est de même une fonction de la physiologie de l'animal considéré¹. Et lorsqu'Aldous Huxley, alors devenu un ami et l'un de ses correspondants, publia en 1954 *The doors of perception* [« les portes de la perception »], où l'écrivain anglais décrivait avec force détails et un mysticisme assumé les transformations profondes de la perception (notamment les phénomènes de synesthésie) et des catégories fondamentales de l'expérience (telle que la distinction entre sujet et objet, moi et non-moi, etc.) induites par sa propre prise de mescaline², Bertalanffy y trouva un argument supplémentaire particulièrement convaincant dans la même direction³. Il invoqua par ailleurs les évolutions de la physique (et ce dès 1937), qui montreraient elles aussi que « les catégories apparemment innées et *a priori* de la perception et de la pensée sont en fait conditionnées par des facteurs biologiques ». Les théories de la relativité comme l'avènement de la physique atomique avaient en effet magistralement illustré selon lui ce principe de relativité biologique en révélant que les « catégories et conceptualisations fondées sur l'expérience quotidienne », fécondes dans « le monde de dimensions médianes auquel l'*homo sapiens* est biologiquement adapté », deviennent totalement inadéquates pour l'étude des mondes astronomique et atomique, de « l'extrêmement petit » et de « l'extrêmement grand »⁴. Inspiré sans le dire par les modélisations de Warren S. McCullough et Walter H. Pitts sur les réseaux de neurones, qui avaient en 1943 exploité la logique booléenne afin de formaliser la « loi du tout ou rien » semblant régir le fonctionnement neuronal, Bertalanffy alla jusqu'à formuler l'hypothèse selon laquelle « la structure même de notre logique [serait] déterminée par celle de notre système nerveux central », d'où dériverait le caractère « héraclitéen » inhérent à la pensée, c'est-à-dire sa nécessaire structuration autour d'oppositions conceptuelles⁵.

En embrassant ainsi la thèse de la relativité biologique des catégories, Bertalanffy ne s'inscrivait pas seulement à la suite de Uexküll, mais dans le prolongement d'une longue « tradition » dont la théorie de l'*Umwelt* fut en quelque sorte l'aboutissement : celle d'un « néo-kantisme biologique » qui avait consisté à réinterpréter l'esthétique transcendantale kantienne en transformant les « formes *a priori* de l'intuition » en propriétés de l'organisation biologique. Uexküll en indiqua d'ailleurs lui-même l'origine lorsqu'il défendit sa lecture de Kant faisant du sujet le créateur actif de sa propre réalité, qui privait l'*a priori* de sa prétendue nature transcendante ou logique pour en faire un pur produit des contraintes imposées par la constitution biologique. Il s'appuya en effet alors sur la doctrine des « énergies spécifiques » des organes des sens de Johannes Müller, qui avait au milieu du XIX^e siècle interprété ce qui est donné à la conscience dans la perception non comme un stimulus extérieur, mais comme une représentation mentale de l'état de certains nerfs stimulés : selon sa théorie, un même stimuli peut être « traduit » de différentes manières selon l'« énergie spécifique » du nerf stimulé, la conséquence immédiate étant que différents organismes, dans la mesure où leurs systèmes nerveux et leurs combinaisons d'« énergies spécifiques » diffèrent, doivent nécessairement percevoir des réalités différentes⁶. Ce n'est toutefois pas tant Müller lui-même que Helmholtz et Friedrich A. Lange qui virent la portée de sa théorie et s'en inspirèrent afin d'initier la réinterprétation de Kant en question. S'appuyant sur ses propres études physiologiques expérimentales des sensations optiques et acoustiques, Helmholtz tira vers la fin des années 1860 la conclusion que celles-ci

¹ Bertalanffy L. von (1937b), pp. 155-156. Voir aussi (1955b), pp. 248-249.

² Huxley A. (1954), pp. 13-69.

³ Bertalanffy L. von (1955b), p. 250.

⁴ Bertalanffy L. von (1955b), p. 257 ; (1965a), pp. 61-62 et (1966b), p. 126. Voir aussi (1937b), p. 156.

⁵ Bertalanffy L. von (1955b), p. 261. Voir aussi McCullough W.S. & Pitts W.H. (1943, 1968), pp. 93-96 et Helms S.J. (1991), pp. 41-42. Leur modélisation consistait à représenter l'activité de tout neurone par une proposition logique, les relations entre de telles propositions devant correspondre aux relations physiologiques existant effectivement entre cellules nerveuses. Leur principal résultat fut le théorème selon lequel « tout ce qui peut être décrit complètement et sans ambiguïté est *ipso facto* réalisable par un réseau neuronal [formel] adéquat », donc qu'un grand nombre d'opérations mentales peuvent en principe être représentées par un réseau de neurones formel. McCullough et Pitts fournirent eux-mêmes une interprétation perspectiviste de leur travail qui allait dans le sens fourni par Bertalanffy : « notre connaissance du monde, nous-mêmes compris, est incomplète quant à l'espace et indéfinie quant au temps. Cette ignorance, implicite dans tous nos cerveaux, est la contrepartie de l'abstraction qui rend notre connaissance utile ».

⁶ Voir Harrington A. (1996), p. 45 et Ferrari M. (2001), p. 13.

« dépendent principalement de la constitution spécifique du système nerveux », qu'elles ne sont jamais que « des symboles, des signes que la nature fournit pour indiquer les choses »¹, et qu'il n'y a donc pas entre la sensation et son objet un rapport de type reproductif, mais représentatif :

Dans la mesure où la qualité de notre sensation nous donne un compte rendu de ce qui est propre à l'influence externe par laquelle elle a été excitée, elle peut en être considérée comme le symbole mais non comme une *image*. Car d'une image on exige une sorte de ressemblance avec l'objet dont elle est l'image [...] Mais un signe n'a pas du tout besoin de cette sorte de ressemblance avec ce dont il est le signe².

Ainsi que l'écrivit Cassirer, le monde des phénomènes n'était selon Helmholtz « rien de plus qu'un ensemble de signes qui n'ont aucune ressemblance avec leurs causes, les choses réelles, tout en leur étant légalement coordonnés de façon à pouvoir exprimer par eux-mêmes toutes les différences et tous les rapports des choses »³. Lange s'inscrit à la même époque dans la continuité de cette interprétation « psycho-physiologique » et empiriste de Kant, qui identifiait en fin de compte les structures *a priori* conditionnant l'expérience sensible à celles du système nerveux et que certains néo-kantiens comme Cohen et Rickert dénoncèrent comme « subjectiviste »⁴. Lange tenait en effet lui aussi les organes des sens pour des « appareils d'abstraction », considérant que notre image de l'univers est « déterminée par la structure des organes »⁵. Il en vint même à écrire que la « physiologie des organes des sens » est rien moins que « le kantisme développé ou justifié »⁶. Le monde se réduirait à notre représentation, notre système cognitif déterminant les modalités à l'intérieur desquelles notre expérience trouve sa forme. La « chose en soi », la « matière », la « substance », la « causalité », ne seraient que des fictions permettant de structurer l'activité de la pensée, qui ne référerait à aucune réalité extérieure⁷. On comprend dès lors que Vaihinger se soit autoproclamé disciple de Lange et ait aussi rangé Nietzsche parmi les disciples de ce dernier⁸ : un tel « néo-kantisme biologique » pouvait naturellement déboucher sur un fictionalisme et un « pragmatisme vital ». Mais ce n'était pas là une nécessité et, même s'il peut être considéré comme un héritier de cette « tradition » philosophique, Bertalanffy s'abstint d'aboutir à une telle conclusion contradictoire avec son attachement à l'idée d'une « connaissance absolue ».

2-1-3-2 – *La thèse de la relativité culturelle des catégories*

Si le fait de défendre la thèse de la relativité biologique des catégories exprimait clairement l'impact d'un certain type de néo-kantisme sur Bertalanffy, il l'articula à une autre thèse caractéristique des autres courants néo-kantiens sans pour autant leur être exclusive : celle qu'il dénomma la « relativité culturelle des catégories ». Une thèse solidaire chez lui comme chez ces prédécesseurs (quoique diversement) d'une vision holistique de la « culture » comme unité organique de tous les aspects de l'activité et de la pensée humaine à une époque et en un lieu déterminé, qui consistait à affirmer que toutes les catégories de l'entendement sont coulées dans le moule d'une culture donnée qu'elles façonnent en retour, et en portent donc l'empreinte. Elle apparaît chez Bertalanffy dès 1924, dans son premier essai sur la « morphologie historique » de Spengler : il y manifesta son plein accord avec les thèses relativistes déjà évoquées de ce dernier (en particulier quant à la relativité culturelle des mathématiques et de la physique)⁹, un accord qui ne faiblit jamais par la suite puisque les mêmes analyses, voire les mêmes formulations, se retrouvent dans son essai de 1955 spécifiquement voué au problème général de la « relativité des catégories ». Entre ces deux essais ne se trouve toutefois dans ses publications aucune discussion à ce sujet, son attachement à ce thème ne

¹ Helmholtz H. von (1867), in Ferrari M. (2001), p. 21. Voir aussi pp. 13-14.

² Helmholtz H., in Verley X. (1998), p. 114.

³ Cassirer E. (1929, 1972b), p. 171.

⁴ Liebert A. (1926), pp. 377-378.

⁵ Lange F.A., (1866, 2004), pp. 719-741, en particulier p. 730.

⁶ Lange F.A., *op. cit.*

⁷ Voir à ce sujet Ferrari M. (2001), pp. 24-26.

⁸ Vaihinger H. (1911, 1965), p. xxxvi et p. 341.

⁹ Bertalanffy L. von (1924a), I.

se marquant que par la répétition périodique de l'idée que toute théorie scientifique est « l'expression d'un *Zeitgeist* », « de son époque »¹.

Ce culturalisme, particulièrement sous la forme du jugement précédent, assumait alors déjà une fonction stratégique éminente dans l'argumentaire de Bertalanffy. Une fonction qu'il importe d'autant plus de souligner d'emblée que c'est elle qui, chez lui comme chez maints autres promoteurs d'une pensée holistique au XX^e siècle, ouvrit la porte à l'idéologisation de cette dernière. Ce culturalisme permit en effet de mettre en correspondance le règne d'une pensée « mécaniciste » en sciences et en philosophies de la nature et de l'homme avec des formes déterminées d'organisation socio-économico-politique et d'idéologie abhorrées et, par opposition, de justifier qu'une pensée holistique-organismique ne saurait s'imposer dans les diverses disciplines scientifiques sans être solidaire d'une « transformation générale de l'esprit » à laquelle elle devrait œuvrer et dont la portée déborderait largement les frontières des sciences de la nature pour concerner la culture dans son ensemble, en particulier ses expressions sociales, économiques et politiques².

Les sources de Bertalanffy quant à la thèse de la relativité culturelle des catégories sont aussi aisément repérables que dans le cas de son homologue « biologique ». Dans un premier temps se marquèrent ouvertement les influences des « morphologues de l'histoire » (Spengler, Danilevski, et dans une moindre mesure Worringer), qu'il se limita à citer à ses débuts. Mais il faut d'abord y ajouter leurs « aïeux » : Vico (qui ne devint l'une de ses références qu'à partir des années 1960), Herder, Hegel et Marx. De part la familiarité de Bertalanffy avec les travaux des « écoles » néo-kantiennes de Marburg et Heidelberg (notamment par les biais de Reininger et Vaihinger), il est de surcroît très invraisemblable qu'il ait à ses débuts ignoré que l'un de leurs motifs caractéristiques, notamment chez Rickert et Cassirer, était une historicisation du sujet kantien, plus précisément la transformation de la critique kantienne de la raison en une « critique de la culture », en particulier celle de certaines catégories fondamentales telles que celles de sujet et d'objet comme des catégories culturelles, et la compréhension des sciences de la nature elles-mêmes comme des biens culturels³. Il est d'ailleurs remarquable que, lorsqu'il détailla en 1955 ses conceptions à ce sujet, Bertalanffy mentionna W. von Humboldt comme le précurseur direct le plus précoce de la thèse relativiste en question, au motif qu'il avait déjà « souligné la dépendance de notre vision du monde à des facteurs linguistiques et à la structure du langage »⁴ : Humboldt avait été l'une des sources majeures d'inspiration de la philosophie des « formes symboliques » de Cassirer. Animé par l'idéal goethéen d'universalité, il ne doutait pas de l'unité fondamentale de l'humanité. Mais il considérait, comme l'avait fait Goethe au sujet du monde organique, qu'elle ne pouvait être recherchée qu'à travers la diversité des modes d'existence humains : les cultures. Une recherche dont la vocation était de faire émerger un type de l'esprit humain analogue aux « archétypes » du père de la morphologie « idéaliste » :

En embrassant l'histoire entière de l'humanité, on peut en tirer un portrait de l'esprit et du caractère de l'homme, qui ne coïncide parfaitement avec aucune nation ni aucune époque, bien que chacune y ait contribué : c'est dans cette perspective que je me situe⁵.

Le langage était chez Humboldt l'objet privilégié de toute analyse de la culture. Il le jugeait susceptible de révéler l'« âme » d'un peuple :

Loin de se réduire à un moyen de communication et d'intelligence réciproque, [le langage] constitue un monde véritable que l'esprit doit interposer entre lui et les objets grâce à son travail intérieur⁶.

Telle que Cassirer la formula synthétiquement, l'idée fondamentale de Humboldt était ainsi que « l'homme ne se borne pas à penser et à concevoir le monde par l'intermédiaire de la langue », mais que « c'est déjà la façon dont il *voit* intuitivement et dont il *vit* dans cette intuition que cet élément

¹ Bertalanffy L. von (1927c), p. 252 ; (1928a), p. 230 ; (1930a), pp. 4-5 ; (1934b), p. 339 ; (1937b), p. 1.

² Bertalanffy L. von (1928a), pp. 229-230 ; voir aussi (1937b), p. 3 et (1968c), p. 14 : les trois passages montrent la constance de la fonction stratégique évoquée sur un intervalle de quarante ans.

³ Voir Orth E.W., in Rickert H. (1926, 1997), pp. VI-VII et p. XIV ; Ferrari M. (2001), p. 150 ; Pouget J.M. (2003), p. 267.

⁴ Bertalanffy L. von (1955b), p. 250.

⁵ Humboldt W. von, in Andler D. et alii (2002), p. 81.

⁶ Humboldt W. von, in Cassirer E. (1929, 1972b), p. 65.

médiateur conditionne »¹. En d'autres termes (ceux de Cassirer justement), le langage lui apparaissait comme une « forme symbolique ».

La référence de Bertalanffy à Humboldt en 1955 fut en fait consécutive à la réactualisation de ses idées dans le champ ethnolinguistique au cours des années précédentes. Une réactualisation sur laquelle Aldous Huxley attira son attention en octobre 1952 en lui envoyant un article de Benjamin L. Whorf qui venait d'être publié². Huxley avait dès les années 1930 été convaincu que la structure du langage joue un rôle déterminant pour celle de la pensée, en particulier scientifique, et fut impressionné lorsqu'il découvrit les thèses que Whorf et son maître Edward Sapir avaient soutenues depuis lors ; il les interpréta comme la preuve que « tout langage existant constitue une théorie implicite sur l'homme et l'univers », une sorte de « prison » que ses créateurs ont eux-mêmes inconsciemment érigée³.

Whorf avait visé à corroborer des hypothèses fondamentales formulées par Sapir qui, tout en reprenant le thème humboldtien, étaient allées beaucoup plus loin et, ce faisant, avaient rompu avec l'arrière-plan universaliste des recherches de l'humaniste allemand pour se mettre au service d'un relativisme culturaliste radical. Sapir avait récusé l'idée que les processus cognitifs de tous les êtres humains possèdent une structure logique commune opérant indépendamment du langage, pour lui opposer celle selon laquelle les schémas linguistiques façonnent ce que l'individu perçoit du monde et la manière dont il le pense :

Les êtres humains ne vivent pas dans le seul monde objectif, ni seulement dans le monde de l'activité sociale telle qu'on la comprend d'ordinaire, mais sont à la merci du langage particulier qui est devenu le médium d'expression pour leur société [...] Le « monde réel » est dans une large mesure inconsciemment construit sur les habitudes de langage du groupe [...] Nous voyons, entendons et d'une manière générale expérimentons comme nous le faisons parce que les habitudes de langage de notre communauté nous prédisposent à certains choix interprétatifs⁴.

Whorf s'employa à sa tâche de corroboration en comparant le langage des Indiens Hopi et les langues indo-européennes. Selon ses analyses, les concepts de « temps », d'« espace », de « substance » ou encore de « matière » tels que pensés dans le monde occidental et en particulier dans la science « mécaniciste », ne sont « pas essentiels à la construction d'une image cohérente du monde »⁵ : ils seraient co-déterminés par la structure grammaticale spécifique des langues indo-européennes. Dans celles-ci, les substantifs, les adjectifs et les verbes apparaissent comme des unités grammaticales fondamentales, toute phrase étant essentiellement une combinaison de ces parties. D'où résulterait que les modes méristiques de pensée leur sont pour ainsi dire consubstantiels :

L'arrière-plan grammatical de notre langue maternelle inclut non seulement notre manière de construire des propositions, mais aussi la manière dont nous disséquons la nature et brisons le flux de l'expérience en objets et entités afin de construire des propositions à son sujet [...] La segmentation de la nature est un aspect de la grammaire [...] Nous coupons et organisons l'étendue et le flux des événements ainsi que nous le faisons largement parce que, par l'intermédiaire de notre langue maternelle, nous sommes enclins à procéder ainsi, et non parce que la nature elle-même est segmentée exactement de la même manière pour tous [...] L'anglais et les langues similaires nous amènent à penser l'univers comme une collection d'objets et d'événements distincts correspondant aux mots. Et c'est effectivement l'image implicite que nous ont fournie la physique et l'astronomie classique⁶.

Ce qui ne signifiait pas que la science moderne fut (selon ses propres termes) « causée » par la grammaire des langues indo-européennes, mais qu'elle fut en quelque sorte « colorée » par elle⁷. Par opposition, Whorf montra que dans un langage tel que celui des Hopis, aucune distinction entre passé, présent et futur n'existe, et qu'il n'y a pas non plus dans le discours de sujet et de prédicat séparables, chaque événement y étant signifié comme un tout. Ce qui n'aurait aucunement empêché les Hopis

¹ Cassirer E. (1929, 1972b), p. 235.

² Lettre de Huxley A. Bertalanffy L. von du 10/10/1952, in Gray W. & Rizzo N.D. (1973), I, p. 193.

³ Deery J. (1996), p. 78.

⁴ Sapir E., in Whorf B.L. (1939, 1956), p. 134.

⁵ Whorf B.L. (1939, 1956), p. 153 et (1940, 1956), p. 216.

⁶ Whorf B.L. (1941, 1956), pp. 239-240.

⁷ Whorf B.L. (1940, 1956), p. 221.

d'avoir élaboré une vision cohérente du monde. D'une part Whorf s'estima donc fondé à confirmer les vues relativistes de Sapir :

Aucun individu n'est libre de décrire la nature avec une impartialité absolue : chacun est contraint à certains modes d'interprétation même lorsqu'il se sent libre au plus haut point [...] Nous en arrivons ainsi à un nouveau principe de relativité, qui affirme que tous les observateurs ne sont pas amenés par la même preuve physique à la même image de l'univers, à moins que leurs bagages linguistiques soient similaires ou puissent être calibrés [...]

Ce que j'appelle « principe de relativité linguistique » signifie en termes informels que des utilisateurs de grammaires sensiblement différentes sont orientés par leurs grammaires vers des types d'observation différents et des évaluations différentes d'actes d'observation extérieurement similaires, et qu'ils ne sont donc pas équivalents en tant qu'observateurs, devant au contraire parvenir à des visions sensiblement différentes du monde¹.

Mais si Bertalanffy et d'autres tels que Huxley prêtèrent un intérêt très vif à son « principe de relativité linguistique », c'est clairement aussi parce que les modes holistiques de pensée dont ils prônaient la nécessité semblaient d'autre part avoir trouvé avec Whorf à la fois une légitimité inédite et une explication de leur difficulté à s'imposer dans la culture occidentale :

Les visions monistes, holistiques et relativistes de la réalité suscitent l'intérêt de philosophes et de certains scientifiques, mais elles sont très handicapées lorsqu'elles font appel au « sens commun » de l'homme occidental moyen – non parce que la nature les réfute, mais parce qu'on doit en parler dans un nouveau langage.

Les penseurs modernes ont depuis longtemps souligné que le mode mécaniciste de pensée est arrivé à une impasse devant les grands problèmes de la science. Nous débarrasser de cette manière de penser est extrêmement difficile lorsque nous n'avons aucune expérience linguistique d'une autre et lorsque même nos logiciens et mathématiciens les plus avancés n'en fournissent pas [...] Le mode mécaniciste de pensée est peut-être simplement un type de syntaxe naturel à l'usage quotidien des langages indo-européens par Monsieur Tout-le-monde, rigidifié et intensifié par Aristote et ses disciples médiévaux et modernes².

Dès ses essais de 1924 sur Spengler, Bertalanffy avait esquissé une compréhension de la signification de la relativité culturelle des catégories qu'il développa ultérieurement en 1955 en précisant sa relation avec son homologue biologique, leurs rôles respectifs dans les processus cognitifs. Commentant en particulier l'idée spenglerienne d'une relativité culturelle des sciences mathématiques, il avait alors souligné – contre une interprétation courante des conceptions du philosophe de l'Histoire – que cette relativité ne concerne en rien la nécessité logique de leurs formules et théories, leur validité universelle : tout être en acceptant les prémices devrait en accepter les conclusions. C'est à la fois en amont et en aval de leurs constructions que se révélerait leur relativité culturelle. À savoir dans le choix même de leurs prémices, dans l'interprétation qui leur donne un sens, dans le choix des aspects du réel qui sont mathématisés et dans la manière dont ils le sont : tous seraient des « expressions de l'âme particulière » de la culture qui en a accouché³. Lorsqu'il réitéra en 1955 son adhésion à l'idée selon lui « essentiellement correcte » qu'existent plus généralement des « styles de cognition caractéristiques de certains groupes humains », Bertalanffy chercha à la connecter au principe de relativité biologique en le lui surimposant. Il fit en effet opérer ce dernier sur la seule *perception* du monde, celui de relativité culturelle opérant quant à lui sur l'« *aperception* » du réel et les modalités de sa conceptualisation :

Notre *perception* est essentiellement déterminée par notre organisation psycho-physique spécifiquement humaine. C'est pour l'essentiel la thèse de Uexküll. Les catégories linguistiques et culturelles en général ne modifieront pas les potentialités de l'expérience sensorielle. Elles modifieront toutefois l'*aperception*, c'est-à-dire les traits de la réalité expérimentée sur lesquels on se focalise et insiste, et ceux qui sont négligés [...] Ce qui est vu dépend de notre *aperception*, de notre ligne d'attention et d'intérêt qui, à son tour, est déterminée par les symboles linguistiques grâce auxquels nous représentons et résumons la réalité [...] La *perception* est universellement humaine, déterminée par l'équipement psycho-physique de l'homme. La *conceptualisation* est liée à

¹ *op. cit.*, p. 214 et p. 221 respectivement.

² Whorf B.L. (1939, 1956), p. 152 et (1941, 1956), p. 238 respectivement.

³ Bertalanffy L. von (1924a), I et (1955b), p. 252 et p. 254.

la culture parce qu'elle dépend des systèmes symboliques que nous appliquons, lesquels sont largement déterminés par des facteurs linguistiques, la structure du langage appliqué¹.

2-1-3-3 – *Le thème perspectiviste de Bertalanffy et sa dualité : principales ascendances dans le contexte des années 1920*

Comprendre la philosophie de la connaissance de Bertalanffy requiert de ne considérer les deux thèses relativistes qui viennent d'être discutées que comme des *moments* de cette philosophie, certes primordiaux et constitutifs. Mais lui-même prit soin en 1955 de récuser sa réduction à un relativisme ou aux diverses formes de conventionnalisme et de pragmatisme utilitariste :

Ayant indiqué la relativité biologique et culturelle des catégories de l'expérience et de la cognition, nous pouvons d'un autre côté indiquer les limites de cette relativité [...] Le relativisme a souvent été formulé afin d'exprimer le caractère purement conventionnel et utilitaire de la connaissance, avec son ultime futilité comme arrière-plan émotionnel [*emotional*]. Nous pouvons toutefois voir que de telles conséquences ne sont pas impliquées [par ces principes de relativité]².

Que voulait-il ainsi signifier ? La réponse exige de mettre au préalable en évidence la dualité de son thème perspectiviste. Cette sous-section et la suivante sont consacrées à cette tâche, sur la base d'une enquête concernant les multiples sources, quasi-contemporaines ou au contraire très anciennes, qui lui inspirèrent ce thème.

Le noyau de ce dernier, que Bertalanffy rattacha à la « tradition » dont il se réclamait et dont Héraclite, Nicolas de Cues, Leibniz, Goethe et Cassirer étaient à ses yeux les principaux hérauts, était l'idée que le sujet connaissant ne fait jamais que filtrer le flux de la réalité dans des systèmes de symboles « rigides et séparants ». Des systèmes qui constitueraient autant de perspectives parfois contradictoires permettant certes de contrôler conceptuellement et pratiquement cette réalité, mais qui ne pourraient en appréhender que certaines facettes et ne sauraient jamais en épuiser toutes les dimensions³. Que la pensée semble devoir s'organiser « essentiellement en termes d'oppositions » conceptuelles était à ses yeux une possible raison profonde de cette limitation⁴, mais il considérait manifestement le caractère biologiquement et culturellement *situé* du sujet connaissant et le moment représentatif constitutif de la fonction symbolique comme ses causes suffisantes. Il est possible aussi que Bertalanffy ait adhéré à l'idée que l'homme, parce qu'il n'est qu'une partie du tout cosmique, demeure à jamais incapable de l'embrasser pleinement. Une idée qui fut explicite chez son maître Vaihinger, selon qui ce serait précisément « parce que notre monde conceptuel est lui-même un produit du monde réel qu'il ne peut être un reflet de la réalité »⁵. Et qui fut sous-jacente à certains commentaires, déjà cités au 1-4-2-5, de Bohr et surtout de Heisenberg sur la signification épistémologique des « relations d'indétermination » quantique.

Bertalanffy trouva tous les éléments formant le noyau de son thème perspectiviste dans le contexte des années 1920. Dès cette époque, il n'ignorait probablement pas que Dilthey et Simmel⁶ avaient auparavant formulé de pareilles conceptions dans le domaine des « sciences de la culture ». Il cita en tous cas Dilthey en ce sens plusieurs décennies plus tard :

Chaque vision du monde est historiquement conditionnée et donc limitée et relative. Chacune exprime à l'intérieur de ses limitations un aspect de l'univers. À cet égard, chacune est vraie. Chacune est néanmoins partielle. Il nous est refusé de contempler tous les aspects dans leur totalité. Nous voyons la pure lumière de la vérité seulement sous la forme de divers rayons réfractés⁷.

Cette citation suggère aussi une forte influence de Reininger, lequel défendit très tôt de telles conceptions dont le trait commun était la conciliation de l'affirmation du caractère partiel de toute vision du monde et de toute connaissance, et d'une volonté de préserver l'idée que peut néanmoins leur être attribuée une valeur de vérité. Reininger écrivit d'ailleurs en 1931 :

¹ Bertalanffy L. von (1955b), p. 253. Les italiques me sont propres.

² *op. cit.*, p. 255.

³ Bertalanffy L. von (1949d), p. 362 en particulier.

⁴ Bertalanffy L. von (1955b), p. 262.

⁵ Vaihinger H. (1911, 1965), p. 65.

⁶ Sur cet aspect de la pensée de Simmel, voir notamment Jankelevitch V. (1925), in Simmel G. (1988), pp. 14-24.

⁷ Dilthey W., in Bertalanffy L. von (1965a), p. 69.

Je m'en tiens au mot de Goethe selon lequel la vérité est à comparer à un diamant dont les rayons vont dans de multiples directions et non dans une seule¹.

L'impact d'autres néo-kantiens comme Vaihinger et Cassirer ne fait en tous cas aucun doute. Il sera discuté plus loin dans le reste cette section en plusieurs étapes, compte tenu de sa spécificité, de sa profondeur et de son importance. On peut aussi songer à celui de biologistes d'inspiration holistique dont Bertalanffy connaissait bien les œuvres qui, tels Reinke, avaient cherché à légitimer leur philosophie de la biologie en affirmant la nécessité de considérer les phénomènes « à partir d'autant de points de vue différents que possible » dans la mesure où « seule la pluralité de l'examen conduit à la reconnaissance de la vérité »².

Mais eu égard à l'impact du contexte des années 1920, il importe surtout d'évoquer les profonds bouleversements épistémologiques inhérents à l'évolution de la physique, auxquels Bertalanffy fut d'emblée très attentif : ils jouèrent du point de vue de son perspectivisme aussi un rôle éminent dans la formation de ses conceptions. Le premier moment de ce bouleversement intervint un demi-siècle auparavant avec Boltzmann. Le physico-mathématicien autrichien avait en effet montré que plusieurs représentations d'une même classe de phénomènes peuvent coexister et même être complémentaires, bien qu'elles utilisent des concepts contradictoires : sa mécanique statistique (1871) avait réinterprété les résultats purement « phénoménologiques » de la thermodynamique « classique » initiée par Sadi Carnot et Rudolf Clausius en rendant compte de l'accroissement d'entropie dans les systèmes isolés en termes à la fois *déterministes* à l'échelle « microscopique » des collisions entre molécules, et *statistiques* à l'échelle « macroscopique » ; c'est-à-dire en fin de compte en expliquant des phénomènes *irréversibles* à partir de phénomènes *réversibles* au moyen d'un formalisme mathématique adéquat. Plus de trois décennies plus tard, l'idée avait été introduite avec les théories de la relativité (1905 et 1916) qu'il n'y a pas de point de vue absolu sur le monde – de « point d'appui d'Archimède », selon l'expression utilisée entre autres par Arendt³ ; que la science se mène toujours de l'intérieur de la nature et qu'elle est donc en ce sens⁴ située. Le point essentiel ici étant qu'aucun relativisme n'était ainsi impliqué, bien au contraire : selon la logique d'Einstein, les *points de vue* doivent être situés pour que les *lois* puissent demeurer *universelles* et *invariantes* – un souci d'invariance dont la traduction épistémologique fut en particulier le recours à la notion de *groupe* dans la dérivation des formules de la cinétique relativiste, avec le groupe de transformation de Lorentz-Einstein. Enfin et surtout, notamment du fait de sa fréquentation du Cercle de Vienne où ils étaient âprement débattus, Bertalanffy fut particulièrement influencé par les controverses nées en physique atomique à propos des « problèmes de dualité » liés à l'inadéquation des concepts classiques dans ce domaine : dualité ondes-corpuscules, dualité sujet-objet, dualité des descriptions spatio-temporelle et déterministe d'un phénomène. Ces controverses paraissaient dans les années 1920 rétives à toute tentative de dépassement, si ce n'est (là encore) dans le formalisme mathématique de la mécanique quantique alors naissante⁵. Bohr fut amené en conséquence à formuler en 1927 son « principe de complémentarité »⁶, selon lequel toute tentative d'appréhender la réalité microphysique dans tous ses aspects à l'aide de nos formes habituelles d'intuition impose le recours à des images et à des concepts (des « idéalisations ») mutuellement exclusifs. Un principe qui allait de pair avec ce que Louis de Broglie appela le « sentiment pénible de vouloir enfermer un joyau dans un écrin qui n'est pas fait pour lui »⁷, et auquel Bohr comme Heisenberg ne tardèrent pas à attribuer une portée très générale :

Tous les concepts, ou plutôt tous les mots, n'ont qu'un sens relatif, dépendant du choix arbitraire de notre point de vue ; de plus, il sera en général nécessaire de nous placer à différents points de vue pour éclairer sur toutes ses faces un seul et même objet, ce qui rend impossible une description univoque de cet objet⁸.

¹ Reininger R. (1931), in Nawratil K. (1969), p. 93.

² Reinke J. (1901), p. 26.

³ Arendt H. (1954, 1972b), p. 353 et (1958, 1983), pp. 326-338. Cette expression n'est pas originellement d'Arendt : on la trouve par exemple (avec le même sens) chez Fries C. (1925/26), p. 211.

⁴ Et non au sens d'une situation biologique, historique ou culturelle.

⁵ Bohr N. (1929, 1993), p. 16 et (1927, 1993), p. 81; Heisenberg W. (1961), p. 40.

⁶ Bohr N. (1927, 1993), pp. 51-65.

⁷ De Broglie L. (1937, 1986), p. 229. Voir aussi pp. 226-228.

⁸ Bohr N. (1929, 1993), p. 91. Voir aussi p. 17.

Remarquons au passage que ce n'est certainement pas un hasard si Lotka tira comme Bertalanffy des conclusions perspectivistes de ces développements physico-philosophiques – certes sous d'autres influences, en particulier celle de Bertrand Russell¹ :

Dire que les formules [de la physique] suffisent à décrire le cours des événements *tel que nous l'observons*, n'exclut pas la possibilité qu'elles soient incapables de décrire le véritable phénomène *entier*, qui, pourrait-on s'imaginer, comprend des éléments importants échappant à notre observation [...] Les développements récents des sciences physiques ont ouvert plus grande la porte au doute sur le fait que nos formules décrivent complètement les phénomènes fondamentaux du monde [...] Ils ont démontré que toutes nos voies d'observation, tous nos dispositifs expérimentaux, sont par leur nature même, et en principe, incapables de nous renseigner d'une manière exacte et complète sur les données ultimes et fondamentales des systèmes physiques².

Reste que du point de vue de la genèse des conceptions de Bertalanffy, l'essentiel dans toutes ces évolutions de la physique est qu'avec encore plus de force peut-être que leurs homologues issues des « sciences de la culture », elles ne constituaient en rien des incitations à la dévaluation de la science et au scepticisme : leurs traits perspectivistes s'y manifestaient bien au contraire comme autant de moments nécessaires du progrès de la connaissance, et leur contribution à la compréhension duale du perspectivisme que Bertalanffy se forgea au cours de ces années fut de ce point de vue particulièrement importante.

2-1-3-4 – *Les ascendances cusaine et leibnizienne du perspectivisme bertalanffien et de sa dualité*

Cette dualité avait toutefois des sources d'inspiration beaucoup plus anciennes et tout aussi importantes que celles évoquées précédemment. Nicolas de Cues, plus précisément sa doctrine de la « docte ignorance », fut l'une d'entre elles. Il importe ici de la prendre en considération, mais en conservant à l'esprit que le commentaire appliqué par Maurice de Gandillac à Cassirer, à savoir que sa connaissance et son utilisation de l'œuvre cusaine sont restées « partielles ou, du moins, sélectives »³, est au moins autant valable pour Bertalanffy⁴.

Ainsi sa première publication, en 1923, comportait-elle déjà un résumé synthétique de la doctrine cusaine explicitant le thème perspectiviste qu'il développa plus tard sur un mode moins métaphysique. Qu'on en juge à la manière dont il en résuma alors le premier moment :

Toute notre connaissance est nécessairement unilatérale [*einseitig*]. Car l'Être absolu se situe par-delà nos concepts : il peut bien être intuitivement appréhendé, mais aucune formulation conceptuelle ne saurait restituer pleinement une telle vision intuitive. La connaissance logique ne peut éclairer qu'une face de l'Être universel, non épuiser sa multiplicité infinie. Car l'Être absolu est une coïncidence des opposés, une unité des contraires ; chaque assertion conceptuelle à son sujet ne vaut que d'un certain point de vue, n'a qu'une validité relative et doit nécessairement être complétée par une assertion contraire issue d'un point de vue opposé⁵.

Dans l'essai entièrement voué au Cusain qu'il publia cinq ans plus tard, Bertalanffy s'attacha à développer les idées sous-jacentes à cette doctrine. La plus importante était à ses yeux que toute connaissance serait essentiellement à la fois analogique et tendue vers la considération de simples parties du réel, et que ce caractère la rendrait inapte à saisir le Fondement dans son unité, où toutes les

¹ Lotka A.J. (1925), pp. 420-421 : « La différence essentielle entre l'*ego* et le non-*ego* est seulement une différence dans le système de classement, pour ainsi dire, d'une collection de données. Arrangées en une collection d'observations à partir d'une perspective, ce sont les expériences d'un *ego*. Arrangées comme une collection d'aspects du monde à partir de différentes perspectives, elles forment dans leur totalité les apparences du monde extérieur ». Il reprenait ici la notion de « centre de perspective » développée en 1921 par Russell.

² Lotka A.J. (1934), pp. 26-27.

³ Gandillac M. de, in Seidengart J. (1990), p. 21.

⁴ Bertalanffy écrivit par exemple que Nicolas de Cues « brisa les sphères célestes cristallines d'Aristote » et « enseigna l'infinité du monde dans un espace infini », ce qui reste contestable car de Cues affirmait en fait le caractère indéfini du monde, réservant le terme d'infini à Dieu seul (*De docta Ignorantia*, II, 11-12) : « Puisqu'il est impossible qu'il soit clos entre un centre corporel et une circonférence, ce monde, n'ayant que Dieu pour centre et pour circonférence, reste insaisissable à notre pensée. Et bien qu'il ne soit pas infini, faute de termes entre lesquels il serait clos on ne peut cependant le concevoir fini » (in Gandillac M. de (2001), p. 76) ; voir aussi Cassirer E. (1927, 1983), p. 30. Par ailleurs, Bertalanffy affirma que le Cardinal enseignait la rotation de la Terre autour de son axe et sa révolution autour du Soleil suivant une orbite approximativement circulaire (1928c, p. 17). Ce qui est tout aussi contestable puisque selon de Gandillac ((2001), p. 15), le mouvement de la Terre semble ne s'être réduit pour le Cusain qu'à une oscillation sur son axe.

⁵ Bertalanffy L. von (1923), II.

oppositions nées de nos seuls concepts limités sont résorbées. Le Cusain avait effectivement énoncé que « toute recherche est comparative », soulignant que « l'adaptation congruente du connu à l'inconnu excède la raison humaine »¹ et affirmant :

La seule chose que nous sachions du vrai est que, tel qu'il est, il est insaisissable dans sa précision, car la vérité est d'une absolutissime nécessité, ne pouvant être ni plus ni moins que ce qu'elle est, tandis que notre intellect est du domaine du possible. Par conséquent la quiddité des choses, c'est-à-dire la vérité des étants, reste inaccessible dans sa pureté².

Bertalanffy l'interpréta comme suit en 1928 :

Selon le Cusain, toute connaissance est incertaine ; car la connaissance consiste à comparer l'inconnu avec le connu, comparaison qui ne peut jamais atteindre une précision totale [...] Notre ignorance concerne particulièrement Dieu. Toute notre connaissance ne se rapporte qu'aux choses individuelles que nous voyons autour de nous. Mais Dieu est la totalité de toutes les choses ; Il ne peut donc jamais être connu par nos concepts, puisque ceux-ci ne désignent jamais que des choses individuelles [...] Il n'y a rien qui puisse être opposé à Dieu, unité de toutes choses. Dieu est donc l'unité de tout, y compris celle des contraires³.

Et c'est effectivement sur ce principe de « coïncidence des opposés », tenu par Bertalanffy pour le motif central de la pensée cusaine⁴, que se fondait la conviction du cardinal (révolutionnaire dans son contexte et à laquelle A. Huxley consacra l'un de ses plus profonds ouvrages⁵) de l'existence d'une sagesse unique s'exprimant sous divers noms et vénérée à travers des usages variés, qui se reflète de différentes manières dans les religions⁶.

Si Bertalanffy put affilier sans difficulté Goethe au Cusain à ce sujet, c'est qu'il sut repérer une inspiration semblable chez le premier dans certaines de ses formulations :

Le Vrai, identique à Dieu, ne se laisse jamais directement connaître par nous ; nous ne le contemplons que dans le reflet, dans l'exemple, le symbole, dans des phénomènes individuels et apparentés⁷.

Il en va de même chez certains physiciens tels que Schrödinger et Wolfgang Pauli, qui s'approprièrent le thème unitaire exprimé le Cusain. Que ce soit, comme le fit le premier, en assumant pleinement son goût pour la mystique (védantique en l'occurrence)⁸ ; ou, comme le fit le second, en l'assimilant plus prudemment à un mythe nécessaire :

Je tiens l'ambition de dépasser les oppositions, y compris celle d'une synthèse embrassant la compréhension rationnelle et l'expérience mystique de l'unité, comme le mythe, assumé ou non, de notre âge présent⁹.

Que Bertalanffy ait pu percevoir dans de telles considérations, en particulier dans la philosophie de la complémentarité de « l'école de Copenhague », une réactualisation de l'inspiration cusaine, n'a dès lors rien d'étonnant :

Dans la doctrine cusaine de la coïncidence des opposés, le motif antique [i.e. héraclitéen] est une nouvelle fois repris pour être transmis aux temps modernes. L'idée que l'on ne peut parler de l'essence des choses – de Dieu selon les termes du Cusain – que sous la forme de propositions contradictoires est, si on l'interprète en termes modernes, la critique la plus profonde du symbolisme du langage qui, en définitive, trouve en définitive son expression la plus subtile dans les perspectives à la fois contradictoires et nécessaires de la physique moderne¹⁰.

¹ Cues N. de, in Gandillac M. de (2001), p. 68.

² *op. cit.*, pp. 71-72.

³ Bertalanffy L. von (1928c), pp. 17-18.

⁴ Bertalanffy L. von (1972e), p. 185. Il ne fut pas le seul à s'approprier cette doctrine cusaine ; Cassirer centra par exemple l'un de ses textes sur l'idée que « l'harmonie requise par le concept scientifique [...] est un authentique acte de synthèse des contraires » (1929, 1972b), p. 456.

⁵ Huxley A. (1948).

⁶ Dans son *De pace fidei* (1453), que Bertalanffy traduit partiellement dans (1928c), pp. 71-93.

⁷ Goethe J.W., in Bertalanffy L. von (1949d), p. 362.

⁸ Voir par exemple Schrödinger E. (1944, 1967, 1986), pp. 203-208.

⁹ Pauli W. (1955), in Deery J. (1996), p. 132.

¹⁰ Bertalanffy L. von (1949e), p. 182.

Il est saisissant de voir aussi comment l'association des idées que la procédure analogique constitue le cœur des processus cognitifs et qu'il y a là une sorte de déficience nécessaire (mais féconde) de la pensée se retrouve chez Vaihinger, ce que Bertalanffy n'ignorait pas¹.

Le Cusain fut naturellement amené à reprendre de Pseudo-Denys l'Aréopagite (auquel il se référa explicitement) l'idée que, Dieu étant « ineffable » et « inconcevable » car « plus grand que tout ce qui peut être nommé », toute théologie ne peut être que « négative », une « science de la nescience » : la pensée discursive ne pourrait guère que décrire ce qu'Il n'est pas². Et sa doctrine de la « docte ignorance » fut tout aussi naturellement et explicitement amenée à rejoindre Socrate, lequel pensait « ne rien savoir hormis son ignorance » :

Même à l'homme qui a le plus étudié, rien n'advient de plus parfait en matière de savoir que d'être trouvé le mieux instruit de sa propre ignorance, et plus docte est celui qui se saura le plus ignorant³.

Mais telle n'était pas sa signification ultime. Le terme « docte » ne référerait pas seulement pour le Cusain à la simple conscience de l'étendue de notre ignorance, conscience qui était avant tout pour lui celle du « fait » que nous ne pouvons connaître qu'au moyen de l'analogie⁴. Il y avait dans sa doctrine un second moment, positif celui-là, qui suscita particulièrement l'attention de Bertalanffy et inspira très largement le sens authentique, non sceptique et anti-relativiste, de son perspectivisme. Car selon le Cusain, si l'ignorance de l'homme pouvait être « docte », c'est aussi parce qu'en dépit du fait qu'il est une partie du Tout et qu'en tant que tel il ne saurait s'y élever, il a le pouvoir, comme chacune des créations de Dieu et même de manière plus parfaite que toute autre, d'en refléter partiellement la perfection. La maxime « *ex omnibus partibus relucet totum* », si chère à Bertalanffy et dont la portée profonde eu égard à la justification de la pensée holistique a déjà été soulignée au 1-4-1-5, trouvait là sa signification complémentaire. Rappelons que c'est dans le *Dialogus de Ludo Globi*, une œuvre de 1463 que Bertalanffy tenait pour sa plus subtile⁵, que le théologien avait affirmé :

L'univers se reflète en chacune, quelle qu'elle soit, de ses parties [...] Ce que contient l'univers de façon universelle, l'homme le contient aussi, de façon particulière, propre et distincte⁶.

Et dans son premier article de 1923, la conséquence de ce principe d'homologie pour la doctrine de la « docte ignorance », ce que j'appelle ici le « second moment » de cette doctrine, fut déjà tout autant souligné par Bertalanffy que son moment « relativiste » ou « sceptique » :

Il n'est malgré tout pas nécessaire de douter de notre connaissance. Même si ce n'est que partiellement, chaque chose particulière reflète le tout, donc toute connaissance particulière a une vérité, même si elle n'est que relative : *ex omnibus partibus relucet totum*⁷.

Bien que Leibniz n'ait jamais fait référence au Cusain et n'ait probablement pas même connu ses œuvres, Bertalanffy fut justifié à souligner la continuité à ce sujet entre les deux philosophes, qualifiant même le savant allemand de « successeur » du théologien⁸. J'ai dit au 1-4-1-5 que Leibniz concevait chacune de ses « monades » comme un « miroir vivant de l'univers »⁹, qui n'en a toutefois une perception « distincte » que d'une manière limitée, de sorte qu'elle l'« exprime » selon une « perspective » propre. Bien que la vérité ne soit une que du point de vue divin, chaque perspective

¹ Que les fictions soient à la fois nécessaires et utiles alors que leur principe même est le détournement de la réalité tenait en effet pour Vaihinger au « fait » qu'elles constituent des « centres de similarité » organisant des sensations similaires en complexes de sensations qu'elles permettent de connecter et de faire interagir, facilitant et accélérant de la sorte la comparaison des sensations particulières, et intensifiant le mouvement des idées en l'orientant dans des directions déterminées. Et pour lui aussi, le mode de production de la connaissance était l'analogie : « Toute connaissance est une réduction de l'inconnu au connu, c'est-à-dire une comparaison [...] Si [elle] va au-delà des simples successions et coexistences réelles, [elle] ne peut être qu'analogique » (Vaihinger H. (1911, 1965), p. xliii) ; Toute cognition est l'aperception [*apperception*] d'une chose à travers une autre [...] Toute conception et toute cognition sont fondées sur des aperceptions analogiques » (*op. cit.*, p. 29). C'est par ce biais que Vaihinger chercha à justifier que les fictions peuvent accomplir leur fonction, à savoir établir des « séquences » et des « coexistences » invariables, sans de quelque manière que ce soit être des reflets du réel.

² Cues N. de, in Bertalanffy L. von (1928c), pp. 40-41.

³ *op. cit.*, pp. 68-69.

⁴ Voir Gadoffre G., in Lichnerowicz A., Perroux F., Gadoffre G. (1980), T. 1, p. 49.

⁵ Bertalanffy L. von (1928c), p. 43.

⁶ Cues N. de (1463, 1985), pp. 91-92. Pour son commentaire sur la « subtilité » du *Dialogus*, voir Bertalanffy L. von (1968, 1973), p. 9.

⁷ Bertalanffy L. von (1923), II.

⁸ Bertalanffy L. von (1928c), pp. 24-25 et p. 28. Sur l'ignorance probable de Leibniz au sujet du Cusain, voir Gandillac M. de (2001), p. 12.

⁹ Leibniz G.W. (1714, 1991), p. 156.

avait donc aussi pour Leibniz une valeur, et même une valeur unique, celle de « représenter finiment l'infinité »¹. Tous les points de vue ne seraient par ailleurs pas équivalents, puisque leurs « degrés de perfection » diffèrent : ils pourraient être hiérarchisés. Le perspectivisme de Leibniz, qui déjouait ainsi tout relativisme, ne tenait donc pas la nécessaire multiplication des points de vue pour un signe de leur caractère illusoire : cette multiplicité était pour lui la *condition* même de leur vérité².

Ce trait commun des perspectivismes de Nicolas de Cues et de Leibniz se traduit diversement dans leurs usages respectifs de métaphores mathématiques destinées à en faire percevoir le sens. Il s'exprima aussi, par-delà cet usage, dans le rôle essentiel que tous deux attribuèrent aux mathématiques dans la construction du savoir. Là encore, l'impact de ces deux philosophes sur Bertalanffy fut des plus significatifs. Leibniz distinguait entre les « vérités de fait », contingentes et à rapporter à des consciences différentes, et les « vérités de raison », nécessaires et universelles. Son perspectivisme n'excluait pas l'existence de points fixes permettant de juger de l'ordre du monde ; pour lui, les mathématiques étaient justement vouées à produire des connexions universellement valides et à mettre au jour ces « vérités de raison » qui, par leur caractère même, devaient permettre de compenser la diversité des « perspectives » et les accorder³. Leibniz était convaincu que cette diversité ne fait jamais que décliner sur divers modes une unité fondamentale soumise à des règles invariables :

Les manières et les degrés de perfection varient à l'infini. Cependant le fond est partout le même, ce qui est une maxime fondamentale chez moi⁴.

Son intuition était en fin de compte que si la vérité s'exprime d'une infinité de manières, toutes, en tant qu'elles peuvent être rapportées aux mêmes « vérités de raison », sont en principe mutuellement « traductibles », comme le sont les différentes sections planes d'un cône, selon le principe de la géométrie projective.

Bertalanffy (et il en était explicitement conscient) fut à cet égard très « leibnizien » lorsqu'il illustra par l'analogie suivante sa conception perspectiviste de la science. Il en irait des rapports entre science et « réalité » comme de ceux entre le plan d'un édifice et cet édifice lui-même : ils ne se confondent pas, le premier n'étant qu'une « perspective » du second parmi une infinité possible ; il y aurait néanmoins une correspondance partielle – une sorte d'homomorphisme surjectif – entre le réel et son image « stylisée », qui conserverait de manière « univoque » certains « traits d'ordre ». Ce qui signifiait pour Bertalanffy, et il semble légitime de voir ici Leibniz comme l'un de ses précurseurs, que l'esprit humain a le pouvoir de restituer dans ses constructions certains aspects structuraux du réel :

La structure du réel est telle qu'elle correspond eu égard à certains traits formels à la structure logique de nos schémas conceptuels [...] Chaque science constitue une image schématisée de la réalité au sens où certains de ses traits d'ordre sont mis en correspondance univoque avec un schéma conceptuel⁵.

Restait néanmoins à expliquer les raisons de ce pouvoir, un problème auquel deux sous-sections ultérieures seront consacrées⁶ : Bertalanffy ne se satisfait pas comme Leibniz d'un principe métaphysique d'« harmonie préétablie ».

L'approche du Cusain différa de celle de Leibniz. Des commentateurs modernes l'ont décrite comme la construction d'une « théologie analogique fondée sur l'extension de l'infini mathématique à l'infini divin »⁷, à laquelle les mathématiques auraient fourni « des modèles transposables au plan théologique »⁸. Nicolas de Cues cherchait en fait à « s'élever des figures mathématiques aux figures théologiques par *addition de l'infinité aux figures mathématiques* » et à « se libérer ensuite des figures théologiques afin de contempler mentalement le seul Infini uni-trine »⁹ ; plutôt qu'une prétendue et

¹ Leibniz G.W., in Brunschvicg L. (1912, 1993), p. 224.

² Voir à ces sujets l'excellent article de Gaudemar M. de (2005) consacré au perspectivisme leibnizien, notamment pp. 112-118.

³ Gaudemar M. de (2005), p. 116.

⁴ Leibniz G.W., in Gaudemar M. de (2005), p. 113.

⁵ Bertalanffy L. von (1945), p. 4.

⁶ Voir les 2-1-3-6 et 2-1-3-7.

⁷ Gadoffre G., in Lichnerowicz A., Perroux F., Gadoffre G. (1980), T. 1, p. 49. M. de Gandillac l'a exprimé en affirmant que « la théologie cusaine a pour auxiliaire constant la mathématique dont les figures se prêtent à une infinitisation idéale provoquant une coïncidence avec leurs contraires, grâce à laquelle l'intelligence accède à l'Infini infigurable. » in Cues N. de (1991), p. 17.

⁸ Gandillac M. de, in Cues N. de (1991), p. 18.

⁹ Cues N. de (1453, 1991), pp. 97-98. Les italiques me sont propres.

bien improbable « extension » théologique d'un concept d'infini mathématique qui n'était ni maîtrisé, ni établi au XV^e siècle, il s'agissait de trouver dans les mathématiques (plus précisément la géométrie) un support intuitif et conceptuel pour amorcer une compréhension de l'infini divin : ne fut-ce pas, bien au contraire, la transposition théologique dont elles furent le produit qui engagea les réflexions géométriques du Cusain dans la voie d'une contribution au progrès vers le concept d'infini mathématique ? Si l'on conserve à l'esprit la signification étymologique du terme « métaphore » (« transposition »), on constate que Bertalanffy comprit très bien le Cusain lorsqu'il affirma que celui-ci enseignait que « nous ne pouvons apprendre la véritable signification de la Trinité divine que par « l'application de métaphores [*Gleichnisse*] mathématiques »¹. Il illustra parfaitement l'usage que le théologien fit de telles métaphores :

De même que le triangle infini coïncide avec une unique droite, il y a en Dieu une trinité infinie, qui est simultanément une unité infinie. Dans le cercle infini, le diamètre aussi est infini ; comme il n'y a pas plusieurs infinités, le centre, le diamètre et la circonférence coïncident en lui. Il s'ensuit que Dieu est *dans* tout, parce que le centre du cercle infini se situe en n'importe quel point² ; Il est aussi *hors* de toute chose parce que la circonférence infinie englobe toutes les choses ; et Il *pénètre* toute chose parce que le diamètre infini coupe n'importe quel point du monde³.

Avant même d'être investie d'une signification théologique, la « coïncidence des opposés » était ainsi celle que les cercles inscrits et circonscrits d'un polygone régulier ne sauraient jamais véritablement réaliser (en coïncidant avec le « cercle isopérimétrique ») tout en s'en rapprochant indéfiniment à mesure qu'augmente le nombre de côtés du polygone⁴. Le concept de « docte ignorance » lui-même fut d'ailleurs expliqué par le Cusain à l'aide de ce problème géométrique, au moyen d'une transposition analogique :

L'intellect fini, puisqu'il n'est pas la vérité, ne saisit jamais la vérité de façon si précise qu'à l'infini il ne la puisse saisir de façon plus précise, car il est par rapport à elle ce que le polygone est au cercle auquel il s'assimile toujours davantage à mesure qu'augmente le nombre de ses angles inscrits, sans que jamais pourtant le polygone ne s'égalise au cercle, même si l'on multiplie à l'infini le nombre de ses angles, à moins qu'il ne devienne lui-même cercle⁵.

Il était en fait convaincu que l'esprit humain est capable de s'élever par la voie des nombres (« selon Pythagore, principes de toutes choses et de leur connaissance ») jusqu'au *seuil* de l'ultime mystère⁶. Et il considérait que « ce sont le nombre, la mesure et le poids qui maintiennent dans sa cohésion l'architecture de l'univers »⁷ : une maxime empruntée à la Bible⁸ qui ne contenait aucune référence à la géométrie, mais dont la reprise s'inscrit probablement dans le cadre d'influences néo-platoniciennes dont ses métaphores théologico-géométriques pourraient être des expressions, et qui se manifestent d'une autre manière⁹.

¹ Bertalanffy L. von (1928c), p. 18. Il est intéressant que Le *Glasperlenspiel* (1943, 1999) de Hermann Hesse ait partagé avec le *Dialogus de ludo globi* l'honneur fait par Bertalanffy à ce dernier (voir (1968a), p. 11). Cette œuvre de Hesse ressemble à maints égards au *Dialogus* (à commencer par sa forme). Le Cusain y fut d'ailleurs explicitement pris par Hesse comme référence. On y lit par exemple (pp. 67-68) que l'inspiration du Jeu des Perles de Verre est la même que celle du Cusain, l'esprit y procédant « à des mesures symboliques, par voie de comparaison, de même qu'il se sert du nombre et des figures géométriques et s'y réfère comme à des symboles. Du reste, [...] son amour des mathématiques, le talent et le goût qu'il a d'appliquer les figures et les axiomes de la géométrie d'Euclide à des concepts théologico-philosophiques, en guise de symboles explicatifs, paraissent très proches de l'esprit du Jeu [des Perles de Verre] ».

² Reprise de Saint-Bonaventure et d'Alain de Lille : « Dieu est une sphère dont le centre est partout et la circonférence nulle part ».

³ Bertalanffy L. von (1928c), p. 19.

⁴ Cues N. de (1453, 1991), pp. 94-99.

⁵ Cues N. de, traduit par Gandillac M. de (2001), p. 71.

⁶ Cues N. de, in *op. cit.*, p. 14.

⁷ Cues N. de, in Bertalanffy L. von (1928c), p. 22. Voir aussi Gandillac M. de (2001), p. 68, qui a fait remarquer que pour le Cusain, l'emprise des mathématiques devait valoir sur toutes les sortes de relations, y compris qualitatives ; ce qui le rapprochait là aussi de Leibniz.

⁸ Dans l'Écclésiaste, 11 20 (dernier verset).

⁹ À savoir lorsque le Cusain fit converger dans sa doctrine de « l'enveloppement » et du « développement » son principe d'homologie du macrocosme et du microcosme (« *ex omnibus partibus relucet totum* ») vers la doctrine platonicienne de la réminiscence ; une convergence que Bertalanffy interpréta très justement en la résumant comme suit : « Parce que l'être humain contient en lui-même tout l'univers, l'humanité ne peut se transcender elle-même dans ses créations. Tout ce que nous faisons et pensons fut auparavant latent en nous, et notre vocation est seulement de développer ce qui est ainsi disponible en nous sous cette forme cachée et contractée ». Là encore, il faut noter que Bertalanffy fut justifié à souligner la continuité avec Leibniz, dont le Cusain avait selon lui également à cet égard « préfiguré » la monadologie, dans la mesure où selon le philosophe de Hanovre, « la tâche de la monade humaine » se limitait effectivement aussi à « déployer et parfaire les potentialités qui sommeillent en elle » (Bertalanffy L. von (1928c), pp. 24-25).

Que le Cusain ait pu, comme j'y ai déjà insisté en montrant notamment l'interprétation qu'en fit Cassirer, être tenu pour un préfigurateur de l'idéalisme critique et de son constructivisme, s'éclaire aussi à la lumière de ces conceptions. Cassirer résuma d'ailleurs très bien le sens de la doctrine cusaine lorsqu'il écrivit en 1927 que

pour le dire en termes kantien, [la doctrine de la « docte ignorance »] indique que notre savoir a certes des limites qu'il ne peut jamais dépasser, mais qu'à l'intérieur du domaine qui lui est imparti il ne rencontre aucune borne ; que, dans l'altérité même, il peut et doit s'étendre de toutes parts sans frein ni contrainte. C'est la séparation elle-même qui, empêchant la coïncidence, apprenant à voir l'un dans l'autre et l'autre dans l'un, garantit la possibilité d'une véritable participation du sensible à l'idéal¹.

Il avait dans le même texte souligné qu'en se réclamant moins des formes mystiques de contemplation passive que d'une mathématique érigée en « seul symbole véritable et précis de la pensée spéculative et de la vision synthétique spéculative des opposés », le Cusain avait introduit une « exigence positive » dans son principe de « docte ignorance », le distinguant radicalement « de toute espèce de 'scepticisme' »². Bertalanffy, qui partageait manifestement cette compréhension néo-criticiste de la doctrine cusaine, en livra en 1928 une interprétation convergente, qui nous fournit une clef majeure (dont la précocité dans son œuvre doit être soulignée) pour comprendre pourquoi il fit du Cusain l'un de ses principaux maîtres spirituels, et qui nous livre simultanément la véritable inspiration de son propre perspectivisme :

Une pensée moderne se manifeste chez le Cusain dans son application symbolique des mathématiques et la haute estime en laquelle il les tenait, qui annonce leur position dominante dans le rationalisme moderne. Aussi l'expression « science de la nescience » possède-t-elle une seconde signification : elle ne correspond pas seulement à l'idée que la Connaissance est inaccessible à notre entendement, mais exprime simultanément le *point de vue de l'infini mathématique*, dans lequel les oppositions de notre entendement sont dépassées [...] D'un côté, la doctrine de la « docte ignorance » signifie le scepticisme vis-à-vis de toute connaissance [...] D'un autre côté se cachent dans les réflexions cusaines sur le point de vue de l'infini, qui constituent la seconde signification de la « science de la nescience », les premiers embryons de la science moderne. Par cette seconde signification, la première est réduite à l'absurde, et donc avec elle le concept sceptique en général. La connaissance scientifique finit par vaincre le scepticisme mystique³.

2-1-3-5 – Sur l'origine nietzschéenne du choix du terme « perspectivisme » par Bertalanffy et sur la signification de son mutisme à cet égard

Avant de poursuivre cette enquête sur le perspectivisme de Bertalanffy, il convient de s'interroger sur l'origine de son choix concernant cette qualification de sa propre philosophie : une interrogation non pas pédante mais utile, parce que son mutisme à ce sujet me semble très révélateur de la signification qu'il donnait à ce terme. Si j'utilise le singulier pour parler de « l' » origine en question, c'est parce qu'il ne fait aucun doute qu'il s'agit d'une reprise de Nietzsche, qui fut le premier à qualifier ainsi sa propre philosophie en 1886, dans *Jenseits von Gut und Böse* (« Par-delà le bien et le mal »). Des philosophes postérieurs auxquels Bertalanffy s'est intéressé, il en est un seul à avoir analysé la signification du perspectivisme nietzschéen : il s'agit... de Vaihinger, dont l'essai majeur sur la « philosophie du 'comme si' », aux thèses favorablement discutées par Bertalanffy dans plusieurs essais de jeunesse, se conclut par une tentative de synthétiser ce perspectivisme et le criticisme kantien – au prix d'une interprétation radicalement fictionaliste de ce dernier. Vaihinger considérait sa propre philosophie comme un simple approfondissement du perspectivisme nietzschéen, écrivant d'ailleurs que ce dernier, qu'il qualifiait aussi de « doctrine de l'illusion consciente », avait constitué « les débuts d'une métaphysique du 'comme si' »⁴. Le fait exigeant une explication est que jamais Bertalanffy ne mentionna Nietzsche comme père du terme « perspectivisme » et qu'il ne l'inscrivit pas même dans ce qu'il appelait la « tradition perspectiviste », alors qu'il est certain qu'au

¹ Cassirer E. (1927, 1983), p. 33.

² *op. cit.*, p.p. 20-22

³ Bertalanffy L. von (1928c), p. 18 et p. 22. Les italiques me sont propres.

⁴ Vaihinger H. (1911, 1965), pp. 338-362, en particulier p. 359.

moins par le biais de Vaihinger, il savait pertinemment à quoi s'en tenir – sans parler du fait que figurent dans son œuvre, et en particulier dans ses articles sur Vaihinger¹, plusieurs références à Nietzsche, toutes favorables, qui montrent qu'il avait une connaissance directe de ses œuvres. Je vais ici m'efforcer, en considérant ce que fut effectivement le perspectivisme nietzschéen, de déterminer la raison de ce mutisme, et de montrer qu'il peut être interprété comme une confirmation des significations du perspectivisme bertalanffien telles que je les ai esquissées dans ce qui précède.

Le perspectivisme de Nietzsche peut apparaître comme une conséquence logique de sa métaphysique de la « Volonté de puissance »². Son « pragmatisme vital » ne tenait en rien l'utilité de la connaissance, sa contribution à la fortification de la « vie », pour une preuve de sa « vérité » ; sauf, précisément, à identifier celle-ci à la mesure de cette contribution :

La vie n'est pas un argument : parmi les conditions de la vie pourrait figurer l'erreur³.

Car pour Nietzsche, nul être vivant ne saurait se fortifier sans errer, sans nier ses propres conditions d'existence, dans ce mouvement vers la plénitude, vers l'affirmation et le développement de ses instincts qui manifeste en lui la « Volonté de puissance ». Il faudrait admettre que toute pensée s'enracine dans l'irrationnel et reconnaître « le délire et l'erreur en tant que conditions de l'existence connaissante et sensible »⁴. L'erreur serait en fait « la mère de toute connaissance » ; il n'y aurait en effet de réalité qu'intentionnelle, appréhendée à travers le prisme déformant de fins spécifiques :

Toute prise de conscience revient à une opération de généralisation, de superficialisation, de falsification, donc à une opération foncièrement corruptrice⁵.

Il en irait toutefois de l'erreur comme du Mal⁶ ; elle fertiliserait l'esprit et serait non seulement utile, mais indispensable :

L'intellect au cours d'énormes intervalles de temps n'a engendré que des erreurs : quelques-unes de ces dernières se révélèrent utiles et propres à la conservation de l'espèce [...] Ainsi la *force* des connaissances ne réside pas dans leur degré de vérité, mais dans leur ancienneté, dans leur degré d'assimilation, dans leur caractère de condition de vie⁷.

La science, la vie même, seraient impossibles sans ces illusions :

Nous sommes enclins par principe à affirmer que les jugements les plus faux [...] sont pour nous les plus indispensables [...] Renoncer aux jugements faux, ce serait renoncer à la vie, nier la vie⁸.

La pensée œuvrerait donc sans cesse à élaborer de fausses identités, toute connaissance ne consistant au fond qu'à « ramener quelque chose d'étranger à quelque chose de connu »⁹.

Vaihinger reprit ces vues de Nietzsche, tout en les complétant. Il considérait lui aussi dans sa « philosophie du 'comme si' » qu'il ne peut jamais être question pour une fiction de sa vérité, mais seulement de son succès, de sa valeur identifiée à la fertilité de son usage pratique. Vaihinger adopta une position qu'il qualifiait volontiers d'irrationaliste¹⁰, en soulignant d'ailleurs l'importance des sources irrationnelles de la pensée. Il était également selon lui erroné d'interpréter le succès des opérations cognitives en termes d'adéquation : le succès logique ne s'identifierait pas à la pureté logique. Vaihinger rejoignit dès lors Nietzsche en promouvant simultanément l'erreur et la

¹ Bertalanffy L. von (1929f), p. 329 et (1932a), p. 68, où Nietzsche est cité à l'appui des thèses de Vaihinger au sujet du caractère anthropomorphe de la causalité et de la force « mécanicistes ».

² Reginster B. (2001), pp. 223-226.

³ Nietzsche F. (1882, 1982), p. 147.

⁴ *op. cit.*, p. 132.

⁵ Nietzsche F. (1887, 1982), p. 254.

⁶ « Les esprits les plus forts, les esprits les plus méchants sont de ceux qui jusqu'à maintenant ont le plus contribué au progrès de l'humanité [...] Les hommes bons de chaque époque sont ceux qui labourent à fond les anciennes pensées, et qui les font fructifier ; ce sont les cultivateurs de l'esprit. Mais à la fin tel champ ne rapporte plus et sans cesse il faut que le soc de la charrue du Mal vienne remuer de nouveau [...] En vérité les impulsions mauvaises sont à un degré élevé aussi utiles, aussi indispensables et propres à la conservation de l'espèce que les bonnes impulsions » : Nietzsche F. (1882, 1982), p. 55.

⁷ *op. cit.*, p. 139.

⁸ Nietzsche F. (1886, 1951), p. 26.

⁹ Nietzsche F. (1887, 1982), p. 255.

¹⁰ Vaihinger H. (1911, 1965), p. xlvi.

contradiction aux premiers rangs épistémologiques, en tant que conditions fondamentales du progrès de la pensée, et en assimilant le vrai à une fiction qui réussit, à l'enfant légitime de l'erreur :

Par l'intermédiaire des fictions, la pensée effectue des erreurs délibérées afin de comprendre de la sorte la nature du Devenir [...] La contradiction est la force motrice de la pensée ; sans elle, celle-ci ne pourrait en aucun cas atteindre son but ; elle est immanente à la pensée discursive et l'un de ses éléments constitutifs [...] Ce que nous appelons « vérité » est par conséquent seulement l'erreur la plus opportune, c'est-à-dire le système d'idées qui nous permet d'agir et d'opérer sur les choses le plus rapidement et avec le plus d'adresse et de sécurité possibles, et avec le minimum d'éléments irrationnels [...] La vérité n'est que le degré le plus opportun d'erreur et l'erreur le degré le moins opportun d'idéation, de fiction¹.

Plus précis que Nietzsche, Vaihinger distinguait toutefois plusieurs classes de fictions, regroupées en deux genres entre lesquels existeraient des transitions graduelles : les « semi-fictions », qui se limitent à dévier de la réalité voire à la contredire, sans toutefois être logiquement inconsistantes ; et les fictions proprement dites, qui non seulement contredisent la réalité, mais sont elles-mêmes auto-contradictoires. L'activité cognitive devrait le succès de leur utilisation au fait que, bien qu'elle s'en écarte, elle tend constamment à revenir vers la réalité parce qu'elle se soumet à son verdict et élimine ainsi progressivement ses erreurs :

Si, dans les fictions, la pensée contredit la réalité voire se contredit elle-même et si, en dépit de cette procédure douteuse elle parvient *néanmoins* à correspondre à la réalité, alors *cette déviation doit avoir été corrigée et la contradiction doit avoir été rendue bénéfique*. Dans la mesure, par conséquent, où une *correction* doit être effectuée (dans le cas des semi-fictions), la procédure de la fonction logique à cet égard peut être nommée la *méthode des déviations correctrices arbitraires* ; dans la mesure, cependant, où l'auto-contradiction est une erreur logique et que cette erreur doit être corrigée, ceci ne peut être accompli que par une erreur équivalente de nature opposée ; cette procédure peut alors être nommée la *méthode de l'erreur antithétique*².

L'idée fondamentale de Vaihinger était ainsi que la pensée ne progresse que grâce à ses propres contradictions et à ses nécessaires déviations par rapport à une réalité insaisissable. Et qu'elle n'atteindrait pas de la sorte des entités métaphysiques – puisque celles-ci ne sont que ses propres créations fictives – mais des « invariances de relations »³. Si Bertalanffy put, nous le verrons notamment à travers sa philosophie de la modélisation, intégrer très tôt ces conceptions de Vaihinger à son propre perspectivisme, c'est parce qu'il y avait justement dans cette vision dialectique un potentiel pour éviter des conclusions relativistes voire sceptiques auxquelles le perspectivisme de Nietzsche n'échappa pas, ou seulement de manière obscure.

En effet, la volonté de vérité se résumait pour Nietzsche à la quête d'une identité chimérique, l'identité d'un être ne se définissant selon lui que relativement à celui qui l'appréhende, donc à un contexte et à des fins déterminés. Une telle volonté exprimerait la négation de ce caractère essentiellement relationnel et mouvant de la vie : elle serait une « Volonté de puissance » nihiliste, une volonté cachée de mort. Nietzsche reprochait pour cette raison à la plupart des philosophes et scientifiques leur haine du devenir, qu'ils s'évertuaient selon lui à figer dans des concepts. Il en vint à récuser l'idée même d'un ordre du monde que la science aurait pour vocation de révéler, privant par-là même aussi de sens celle d'une correspondance entre les constructions intellectuelles humaines et une « réalité en soi » :

Le caractère de l'ensemble du monde est de toute éternité celui du chaos [...] Gardons-nous de déclarer qu'il y a des lois dans la nature. Il n'y a que des nécessités⁴.

Nietzsche tenait « l'ordre naturel » pour une construction purement humaine et parfaitement illusoire, qui ne cesse de se heurter aux apories issues d'une aberrante logique de l'identité⁵. Il considérait donc comme un « fantasme » le fait d'accorder à la science le pouvoir de pénétrer l'essence des choses. Comme Vaihinger après lui, il considérait que la pensée n'est guère capable que de générer des

¹ *op. cit.*, pp. 108-109.

² *op. cit.*, p. 109.

³ *op. cit.*, p. 124.

⁴ Nietzsche F. (1882, 1982), p. 138.

⁵ Nietzsche F. (1872, 2000), p. 85.

fictions par l'intermédiaire desquelles elle falsifie une réalité inaccessible, dont elle nie délibérément la complexité et à laquelle elle substitue un monde qu'elle a créé. La science ne ferait ainsi que contraindre le réel à se mouler dans des catégories purement humaines. Non seulement elle ne saurait subsister sans le mythe, mais elle ne différerait en rien elle-même d'une activité mythologique :

C'est nous seuls qui avons inventé comme autant de fictions la cause, la succession, la réciprocité, la relativité, l'obligation, le nombre, la loi, la liberté, la raison, la fin ; et quand nous introduisons faussement dans les « choses » ce monde de signes inventés par nous, quand nous l'incorporons aux choses comme s'il leur appartenait « en soi », nous agissons une fois de plus comme nous l'avons toujours fait : nous créons une *mythologie*¹.

Pour Nietzsche, héritier malgré tout du criticisme, la pensée n'était donc évidemment pas un reflet d'une réalité extérieure. Elle n'aurait pas la passivité de la Lune, mais l'activité du Soleil. D'où cet aphorisme que n'aurait pas dédaigné Kant si Nietzsche n'avait substitué au sujet transcendantal le processus vital en tant que forme de la « Volonté de puissance » :

Si grande que soit l'avidité de ma connaissance, je ne puis rien tirer des choses qui ne m'appartienne déjà².

Nietzsche jugeait donc que jamais l'homme ne comprend ni n'explique les « phénomènes ». Qu'il peut tout au plus décrire des successions d'événements en leur conférant une cohérence fictive. Et que ce faisant, il se réfléchit dans ses créations. La science lui apparaissait finalement comme une activité parmi d'autres par l'intermédiaire de laquelle, comme l'avait aussi vu Goethe, l'homme se révèle progressivement à lui-même :

Nous opérons au moyen de quantités de choses inexistantes, de lignes, de surfaces, de corps, d'atomes, de temps, d'espaces divisibles, – comment l'explication serait-elle possible, dès lors que nous faisons de tout une représentation, *notre* représentation ? Il suffit de *considérer la science comme une humanisation relativement fidèle des choses* ; nous apprenons à nous décrire nous-mêmes de façon de plus en plus précise, rien qu'à décrire les choses et leur succession³.

La science ne différerait à cet égard pas de l'art, quoiqu'elle en représente une forme dégradée. Le problème étant que contrairement à l'artiste, l'« homme théorique » méconnaît le sens de son œuvre, ignorant que « la science n'existerait pas si elle avait pour *seule* déesse la vérité nue et rien d'autre »⁴. Comme toute activité humaine, elle serait vouée à créer des *valeurs* au service des intérêts de l'espèce. Et les « vérités » auxquelles l'« homme théorique » aspire ne pourraient par conséquent avoir d'autre statut que celui d'erreurs exprimées sous forme de fictions, de valeurs utiles pour autant qu'elles contribuent à fortifier la vie :

Que sont donc pour finir les vérités de l'homme ? Ce sont les *irréfutables* erreurs de l'homme⁵.

L'Homme Supérieur serait alors celui qui prend conscience de ses illusions nécessaires ; qui, se plaçant ainsi « par-delà le vrai et le faux », comprend que la volonté d'illusion exprime une métaphysique infiniment plus profonde que celle sur laquelle repose la volonté de vérité.

Telles sont les bases pragmatistes et fictionalistes de ce que Nietzsche appela lui-même *son* « perspectivisme », qu'il définit en 1887 en ces termes dans *Le gai savoir* :

Tel est, à *mon* sens, le phénoménalisme, le perspectivisme proprement dit : la nature de la *conscience animale* implique que le monde dont nous pouvons devenir conscients n'est qu'un monde superficiel, un monde de signes, un monde généralisé, vulgarisé⁶.

Le perspectivisme, « condition fondamentale de toute vie »⁷, c'était au fond pour lui l'idée que jamais l'homme ne peut sauter par-dessus son ombre ; que « toute existence est essentiellement

¹ Nietzsche F. (1886, 1951), p. 44.

² Nietzsche F. (1882, 1982), p. 180.

³ *op. cit.*, p. 142. Les italiques me sont propres.

⁴ Nietzsche F. (1872, 2000), p. 83.

⁵ Nietzsche F. (1882, 1982), p. 184.

⁶ Nietzsche F. (1887, 1982), p. 254.

⁷ Nietzsche F. (1886, 1951), p. 20.

interprétative » et en particulier que toute prétention à la connaissance est liée à la perspective formée par les intérêts contingents du sujet connaissant :

L'intellect humain ne peut faire autrement que de se voir sous ses formes perspectivistes, et *rien qu'en elles*. Nous ne pouvons regarder au-delà de notre angle¹.

Le perspectivisme serait la découverte du « nouvel infini » qui se révèle après la « mort de Dieu » et la disparition de tout point de vue surplombant le monde. Précisément en ce qu'il ôtait ainsi au monde l'ultime garantie d'une vérité absolue, le perspectivisme de Nietzsche se séparait radicalement de ceux d'un Nicolas de Cues ou d'un Leibniz :

Je pense que nous sommes aujourd'hui éloignés aussi loin que possible de cette ridicule immodestie de décréter depuis notre angle que seules *seraient valables* les perspectives à partir de cet angle. Le monde au contraire nous est devenu une fois de plus « infini », pour autant que nous ne saurions ignorer *qu'il renferme une infinité d'interprétations possibles*².

Le débat demeure ouvert quant à la question de savoir si ce perspectivisme débouche sur un relativisme, un scepticisme, voire un solipsisme. Des réponses négatives ont dans les trois cas trouvé des justifications, mais peinent à s'imposer même parmi les spécialistes de Nietzsche³. L'interprétation qui est cependant et généralement admise va dans le sens opposé. Et il est très probable que Bertalanffy s'y rangea, comme la plupart de ses contemporains. Mais il n'est même pas indispensable de l'admettre pour comprendre son mutisme à l'égard du perspectivisme nietzschéen. Ma thèse est ici que s'il ne se référa jamais à Nietzsche lorsqu'il évoqua les origines de son perspectivisme, ce fut justement afin d'éviter le *risque* qu'on ne l'assimile à un pur pragmatisme, à un relativisme radical ou à un scepticisme, quand bien même de telles interprétations de Nietzsche seraient contestables. Ce qui ne l'empêcha bien sûr pas, et cela avant tout par le biais de Vaihinger, d'être en fin de compte influencé significativement par la philosophie de Nietzsche. Celle-ci joua chez lui un rôle aussi important qu'ambivalent : tout en en faisant le fossoyeur salutaire de tous les dogmatismes (ce fut chaque fois en ce sens qu'il le cita), Bertalanffy joua de la figure de Nietzsche en l'assimilant à l'instigateur d'un relativisme radical dont il s'agissait de se prémunir.

2-1-3-6 – *Le perspectivisme de Bertalanffy en tant que théorie évolutionniste de la connaissance*

Comment Bertalanffy a-t-il pu simultanément soutenir les thèses de la relativité biologique et culturelle des catégories et celle, trop rapidement évoquée au 2-1-3-4 et sur laquelle il s'agit maintenant de revenir, qui avançait que les constructions de l'esprit humain peuvent être partiellement « isomorphes » au « réel », en conserver certains traits structuraux ? Comment expliquer de tels « isomorphismes » sans postuler tel Leibniz une sorte d'harmonie préétablie ? Et pourquoi ne pas admettre le caractère purement conventionnel de toute connaissance ? Pourquoi celle-ci ne serait-elle pas un simple fruit de la fantaisie humaine et, en conséquence, parfaitement futile ? Pourquoi ne pas au moins admettre avec Uexküll que le monde expérimenté par l'homme n'est jamais que son « milieu », donc un produit humain ? Bertalanffy devait répondre à ces questions afin de distancier son perspectivisme de toute forme de scepticisme et de relativisme, et de lui donner sa cohérence. Le principe de « cognition créatrice » joua ici un rôle essentiel : celui de dépasser ce que Bertalanffy voyait comme l'aporie de toute la tradition occidentale de Platon à Kant en théorie de la connaissance, à savoir celle de la correspondance entre pensée et réalité, en dissipant la dichotomie même qui l'aurait engendrée ; et ce, tout en évitant de réduire, tels les logico-positivistes, la notion de vérité à celle d'une cohérence entre propositions logiques.

L'élaboration des conceptions de Bertalanffy semble s'être effectuée en trois temps. Dans le premier, qui culmine en 1937 dans *Das Gefüge des Lebens*⁴, il se distanca des relativismes biologiciste (en particulier de celui de Uexküll) et culturaliste (en particulier celui de Spengler) de manière pour ainsi dire axiomatique, avec en arrière-plan les grands thèmes de son anthropologie

¹ Nietzsche F. (1887, 1982), p. 283.

² *op. cit.*, p. 284 et Lefranc J., in *Grand dictionnaire de la philosophie* (2003), p. 789.

³ Voir Reginster B. (2001), pp. 220-221 et p. 227 ; Cox C. (2002), p. 33 en particulier.

⁴ Bertalanffy L. von (1937b), p. 156.

philosophique déjà repérables. Son idée que la logique de la science est celle d'une « dé-anthropomorphisation » convergeait alors déjà vers un structuralisme que je qualifierai de « mathématisé » (la raison en sera expliquée au 2-1-3-9), qu'il esquissa dans ses premiers articles sur Vaihinger au tournant des années 1930. Mais cette convergence, qui sera examinée dans les sous-sections suivantes, laissait en fait en suspens la solution au problème de l'origine de « l'isomorphisme partiel » entre constructions conceptuelles et « réalité ». Il est significatif que l'intérêt précoce de Bertalanffy pour le « problème psychophysique » se marque dans ces mêmes articles. Il s'y limita certes à critiquer (sans les nommer) Fechner et Köhler pour leurs solutions respectives à ce problème. En dépit de sa sympathie pour leurs thèses, il les jugeait « insatisfaisantes », comme toutes les autres jusqu'à son époque¹. Celle du « parallélisme psychophysique », par laquelle Fechner avait substitué une « relation fonctionnelle » (ou une corrélation) à toute relation objective d'interaction entre corps et esprit, à toute dépendance causale entre eux, tendait en fait selon Bertalanffy à « faire de la psyché un simple épiphénomène des processus physiques ». Quant à la thèse de l'isomorphisme de Köhler, qui postulait au contraire des relations objectives exprimant des relations « physiquement réelles » entre faits psychologiques et événements physiques sous-jacents, il lui reprochait son manque de prise en compte de l'évolution des concepts de « matière » et de « causalité » dans la physique moderne. Mais Bertalanffy ne fournissait pas alors lui-même de solution au « problème psychophysique » ; il se bornait à constater qu'il s'agissait vraisemblablement d'un problème mal posé, suggérant déjà l'idée qu'il développa plus tard selon laquelle les relations entre « physique » et « psychique » pourraient recevoir une interprétation en termes non substantiels, purement formels, d'isomorphismes entre constructions conceptuelles dans le cadre de « lois [systémiques] généralisées » :

Puisque le concept de « matière » au sens ancien a disparu en physique, le problème psychophysique n'est plus de savoir comment « matière » et « esprit » interagissent [...] De plus, le « postulat d'une causalité fermée de la nature » ne peut plus être tenu pour un *a priori* nécessaire [...] Mais] dans l'hypothèse où tous les processus sont descriptibles en termes de lois généralisées et non en termes de causalité fermée, le problème transcendantal le plus difficile pourrait être éliminé. Ceci n'est bien sûr qu'une nouvelle voie pour trouver une solution plus qu'une solution en soi².

Le second moment de l'évolution des idées de Bertalanffy correspond à sa prise en compte d'un article de Lorenz publié en 1941, intitulé « La doctrine kantienne de l'*a priori* à la lumière de la biologie contemporaine ». La question des relations entre Bertalanffy et Lorenz reste ouverte. Dans les restes des archives du premier se trouve une correspondance fragmentaire, qui contient seulement six lettres échangées entre 1962 et 1965. Mais la première d'entre ces lettres fait référence à une correspondance antérieure, et le ton y est celui de deux amis ayant une grande estime mutuelle³. Il est très probable que leurs relations aient en fait été beaucoup plus anciennes et initiées dès la fin des années 1930, à Vienne. Toujours est-il que dans l'article en question de Lorenz, se dernier se réfère explicitement et très favorablement à Bertalanffy pour son « insistance très juste » sur le processus de « dé-anthropomorphisation » en tant qu'il constituerait la tendance fondamentale de la science⁴.

Lorenz s'y inscrivait pleinement dans la « tradition » déjà évoquée de « relativisation biologiciste des catégories ». Son apport y fut d'abord d'unifier les deux tendances de cette « tradition », à savoir celle de naturalisation pragmatiste de l'esprit exprimée par Nietzsche et Vaihinger, et celle de ce que j'ai appelé un « néo-kantisme biologiciste », exprimée par Helmholtz et Uexküll. Mais il fut aussi de tenter d'ouvrir par là-même une voie de dépassement des relativismes latents dans ces deux tendances. Dans cet article où il se référa tant à Nietzsche qu'à Uexküll, Lorenz développa en effet une position consistant à interpréter l'*a priori* kantien comme un *a posteriori* de l'évolution. Il y reprocha à Kant sa vision « trop statique » de l'*a priori* et rompit avec son point de vue transcendantal consistant à postuler qu'aucune connexion ne saurait exister entre les phénomènes

¹ Bertalanffy L. von (1932a), pp.71-72.

² *op. cit.*

³ Correspondance entre Bertalanffy L. von et Lorenz K., du 22/03/1962 au 04/10/1965, *Archives du B.C.S.S.S.* Le ton amical se marque par exemple dans la lettre de Lorenz datée du 03/04/1964, où l'éthologiste s'adresse à Bertalanffy en l'appelant Lutz : je sais d'après Gisèle Bertalanffy (bru de Ludwig) qu'il s'agissait de son surnom dans le cercle familial, et que ce surnom n'était utilisé que par quelques amis très proches. D'ailleurs, toute la correspondance avec Lorenz est marquée par le tutoiement : une telle adresse mutuelle ne se trouve par ailleurs dans sa correspondance connue que dans ses échanges avec ses proches amis que furent les Bühler, le musicien Hanns Jelinek et surtout les biologistes Fritz Gessner, Alfred Locker et Joseph H. Woodger.

⁴ Lorenz K. (1941), p. 121.

et les « choses en soi » à jamais inaccessibles dont ils sont les apparences. Lorenz pensait avoir trouvé dans le principe d'évolution biologique les bases qui manquaient jusqu'alors au réalisme critique :

L'appareil « *a priori* » de l'expérience possible, avec toutes ses formes d'intuition et catégories, n'est pas quelque chose d'immutable qui serait déterminé par des facteurs sans rapport avec la nature, mais au contraire quelque chose qui reflète les lois naturelles au contact desquelles il a évolué par une interaction réciproque des plus intimes [...] La frontière séparant l'expérimentable du transcendantal doit varier pour chaque type d'organisme [...] Nos formes d'intuition et catégories sont « ajustées » à ce qui existe réellement de la même manière que notre pied est ajusté au sol et que la nageoire du poisson est ajustée à l'eau. L'*a priori* qui détermine les formes phénoménales des choses réelles de notre monde est, en résumé, un organe, ou plus précisément le fonctionnement d'un organe [...] Toutes nos formes d'intuition et catégories sont profondément naturelles. Comme tout autre organe, ce sont des réceptacles développés au cours de l'évolution pour la réception et l'utilisation rétroactive des conséquences réglées de la chose en soi, auxquelles nous devons nous conformer si nous voulons rester vivants et préserver notre espèce. La forme particulière de ces réceptacles organiques a avec les propriétés de la chose en soi une relation entièrement issue de connexions naturelles réelles. Les réceptacles organiques sont adaptés à ces propriétés d'une manière biologiquement suffisante du point de vue pratique, mais qui n'est en rien absolue ni même assez précise pour que l'on puisse identifier leur forme à celle de la chose en soi¹.

Si Lorenz fut amené par ces conceptions à réduire les formes *a priori* de la pensée et de l'intuition à des « hypothèses de travail innées » incapables comme chez Kant d'accéder véritablement à « l'absolu qui se cache dans et derrière les phénomènes », il estimait pourtant avoir ainsi trouvé la voie permettant de transcender l'opposition entre l'absolu et le relatif :

Cette conception détruit notre foi en la vérité de toute thèse *a priori* nécessaire pour la pensée. Mais d'un autre côté, elle donne la conviction que quelque chose de réel « correspond adéquatement » à chaque phénomène de notre monde. Le moindre détail du monde phénoménal « reflété » en nous dans les hypothèses de travail de nos formes d'intuition et de pensée est en fait préformé dans ce qu'il reproduit, et a avec lui une relation correspondant à celle existant entre les structures organiques et le monde extérieur en général².

On comprend dès lors le vif intérêt que suscita cet article chez Bertalanffy (parmi d'autres, dont Heisenberg³). Et ce sont justement ces arguments de Lorenz, parfois en ses termes mêmes, qu'il reprit afin d'élaborer la clef de voûte de son perspectivisme :

Les conceptions de von Uexküll apparaissent incorrectes [...] Pour autant que l'expérience directe soit concernée, les catégories de la perception, en tant qu'elles sont déterminées par l'organisation bio-physiologique des espèces, ne peuvent être complètement « fausses », fortuites et arbitraires. Elles doivent plutôt d'une certaine manière et dans une certaine mesure correspondre à la « réalité » [...] Sa perception doit permettre à l'animal de trouver sa voie dans le monde. Ce serait impossible si les catégories de l'expérience telles que l'espace, le temps, la substance ou la causalité étaient entièrement illusoire. Ces catégories ont surgi au cours de l'évolution biologique et ont continuellement eu à se justifier dans le combat pour l'existence [...] Lorenz a montré de manière convaincante que les formes « *a priori* » de l'expérience sont essentiellement de même nature que les schémas innés du comportement instinctif [...] Les formes « *a priori* » de l'intuition et les catégories sont des fonctions organiques, fondées sur les structures [...] des organes des sens et du système nerveux, qui ont évolué en tant qu'adaptations pendant des millions d'années. Aussi sont-elles ajustées au monde « réel » exactement de la même manière et pour la même raison que le sabot du cheval est ajusté au terrain de la steppe et que la nageoire du poisson l'est à l'eau.

Mais le vocabulaire utilisé par Bertalanffy doit aussi retenir l'attention, car il est lui-même l'indication d'une appropriation des thèses de Lorenz dans une perspective structuraliste :

Il n'y a pas besoin que les catégories de l'expérience correspondent pleinement à l'univers réel, et encore moins qu'elles le représentent complètement. Il suffit d'abord – et c'est la thèse de Uexküll – qu'une sélection plutôt réduite de stimuli soit utilisée en tant que signaux-guides. Quant aux *connexions* entre ces stimuli, aux catégories de l'expérience, elles n'ont pas besoin de refléter le

¹ *op. cit.*, pp. 96-102.

² *op. cit.*, pp. 108-109.

³ Voir ainsi Heisenberg W. (1961), pp. 94-95, qui invoqua Lorenz à l'appui de son interprétation de la mécanique quantique.

réseau des événements réels mais doivent, avec une certaine tolérance permise, lui être *isomorphes* afin de permettre l'orientation et la survie [...] Il suffit qu'un certain degré d'*isomorphisme* existe entre le monde expérimenté et le monde « réel », de telle sorte que l'expérience puisse guider l'organisme afin qu'il préserve son existence¹.

Bertalanffy ne pouvait en fait se satisfaire des seules thèses de Lorenz. Parce qu'elles ne permettaient toujours pas réellement de comprendre *comment* advient ce « certain degré d'isomorphisme », ni l'origine de sa *nécessité*, ni la raison pour laquelle l'homme reste malgré tout capable de « dé-anthropomorphiser » son image du monde – Lorenz n'admettant d'ailleurs que l'existence de perceptions et de représentations « plus ou moins anthropomorphes »². En liaison étroite avec ces insuffisances, une autre était que l'innéisme de Lorenz ne laissait plus guère de place au principe de « cognition créatrice » auquel Bertalanffy était attaché³. Plus précisément, il lui en laissait bien une en ce que Lorenz faisait comme Uexküll de la réalité expérimentée par l'homme, son « milieu », un produit de son interaction avec son « entourage » ; mais il « diluait » en quelque sorte l'effectivité de ce principe dans le temps de l'évolution phylogénétique, dans l'exacte mesure où il esquissait tout point de vue véritablement génétique sur *l'a priori*. Et pas plus ici qu'en biologie Bertalanffy ne jugeait suffisant l'explication de type « néo-darwinien » qu'il avait fournie :

L'explication évolutionniste peut indiquer des conditions nécessaires, mais non des conditions suffisantes, pour qu'un changement évolutionnaire prenne place [...] L'évolution est un processus créateur, non expliqué par la nécessité de survivre mais producteur d'une multitude de phénomènes parmi lesquels la nécessité peut choisir⁴.

2-1-3-7 – *Le perspectivisme de Bertalanffy* *en tant que théorie « transactionnaliste » et « génétique » de la connaissance*

Le troisième moment de l'élaboration des conceptions de Bertalanffy fut justement celui où un point de vue génétique s'introduisit fermement dans son perspectivisme. Une première source d'inspiration à cet égard doit être mentionnée en dépit de son caractère relativement annexe – au sens où elle lui servit d'argument et de référence plus qu'elle ne contribua effectivement à la genèse de ses conceptions. Il s'agit du « transactionnalisme » de John Dewey et Arthur F. Bentley, dont Bertalanffy prit connaissance au plus tard dans les premiers mois qui suivirent son émigration sur le continent américain, en 1950. C'est Bentley qui écrivit cette année-là à Bertalanffy afin de lui signifier qu'il avait été « très favorablement impressionné » par ses conceptions systémiques, dont il avait récemment pris connaissance par le biais d'une publication du biologiste dans la revue *Science* : il les jugeait « taillées dans la même étoffe » que celles que lui et Dewey avaient développées, ainsi que celles de Bridgman et Bohr⁵. Au cours de la correspondance très dense en contenu et dans le temps (pour l'essentiel trois mois) qui s'ensuivit, Bentley se chargea alors de faire découvrir à Bertalanffy le point de vue « transactionnaliste » que lui et Dewey avaient principalement élaboré dans leur essai *Knowing and the known*. Bertalanffy étudia cet essai fin 1950 et confia à son correspondant que ses thèses « correspond[ai]ent profondément » à ses propres idées⁶.

Dewey et Bentley avaient transformé – en s'y référant explicitement⁷ – la conception comtienne des trois « âges » de la connaissance (« théologique », « métaphysique » et « positif ») en une vision anti-substantialiste et anti-essentialiste dessinant trois « niveaux d'organisation » de la connaissance (en fait, des modes d'approche épistémologique), qui n'ignorait pas ses convergences avec la vision de l'histoire des sciences de Cassirer (celle de la transition des concepts « substantiels » aux concepts « fonctionnels ») et ne s'en cachait pas⁸. Le premier niveau serait celui de « l'auto-action », où « les choses sont vues comme agissant par leur propre pouvoir ». Le second serait celui de

¹ Bertalanffy L. von (1955b), pp. 256-257. Les italiques me sont propres.

² Lorenz K. (1941), p. 121.

³ Cet attachement a été discuté au 2-1-2-2.

⁴ Bertalanffy L. von (1965a), pp. 65-66.

⁵ Lettre de Bentley A.F. à Bertalanffy L. von (20/08/1950), *Archives du B.C.S.S.S.* L'article en question de Bertalanffy était (1950a).

⁶ Correspondance entre Bertalanffy L. von et Bentley A.F. (20/08/1950 – 29/01/1951), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁷ Dewey J. & Bentley A.F. (1946a), p. 506.

⁸ Dewey J. & Bentley A.F. (1946b), p. 537 : référence y est faite à Cassirer E. (1910, 1977). Voir aussi la sous-section suivante à ce sujet.

« l'inter-action », où « chaque chose est confrontée à une autre dans une interconnexion causale ». Et le dernier, dont Dewey et Bentley annonçaient le triomphe dans la science contemporaine et en particulier en physique, serait celui de la « trans-action », où « aucune séparation radicale n'est effectuée entre l'observateur et l'observé ni entre ce qui est nommé et l'acte de nommer », tous étant « tenus en étroite organisation ». Selon leurs propres termes « à comprendre comme une observation non fracturée », le niveau « transactionnel » ne reconnaissait plus qu'un « système naturel formé par le connaissant [*knowing*] et le connu [*known*] », où la distinction entre sujet et objet avait perdu sa pertinence au profit d'une activité de construction mutuelle. On peut y voir une transposition du point de vue systémique en théorie de la connaissance :

Puisque l'homme en tant qu'organisme a évolué parmi d'autres organismes au cours d'une évolution dite « naturelle », nous traitons tous ses comportements, y compris ses connaissances les plus avancées, comme des activités non de l'homme seul lui-même, mais comme des processus de la pleine situation de l'organisme-environnement [...] Dans la trans-action, des systèmes de description et de dénomination sont employés pour traiter d'aspects et de phases de l'action, sans attribution finale à des « éléments » ou d'autres « entités », « essences » ou « réalités » présumées détachables ou indépendantes ni isolement de « relations » présumées détachables de tels éléments.

Nous n'introduisons aucun sujet connaissant qui se tiendrait au-dessus de ce qui est connu comme s'il se situait dans un domaine de l'être et de l'action différent ou supérieur ; ni rien de connu ou de connaissable qui se tiendrait dans un domaine différent et supérieur au sujet connaissant [...] La transaction représente un stade d'enquête dans lequel l'observation et la présentation peuvent être entrepris sans attribution des aspects et phases de l'action à des auto-acteurs indépendants, ou à des éléments ou relations inter-agissant de manière indépendante¹.

Il y avait dans ce « transactionnalisme » une réminiscence de la pensée de Simmel, ce qui ne doit rien au hasard : Bentley étudia en partie en Allemagne et suivit en 1894 un séminaire dirigé par le philosophe allemand². L'un des points de départ de la pensée de Simmel avait en effet été sa critique de la doctrine kantienne de l'*a priori* lui reprochant (comme celle de Bergson) son manque de point de vue génétique sur l'entendement et ses catégories, leur acceptation comme des données intangibles, et en définitive la vision statique des rapports entre sujet et objet qui s'y déploierait. Au lieu de se focaliser comme Kant sur le seul mouvement selon lequel les objets, les « contenus », sont modelés par les « formes » *a priori* du sujet, Simmel s'efforça de montrer que ce mouvement ne devait pas faire oublier celui, inverse, selon lequel chaque sujet se transforme et se développe sous l'action réciproque des « contenus » objectifs qu'il assimile³. Simmel, qui développa ainsi ce qui s'esquissait en fait déjà dans la philosophie de l'esprit de Hegel, avait déjà interprété le processus cognitif comme une dialectique perpétuelle entre le sujet et ses objets, celui de leur construction mutuelle et indéfinie. Il avait de la sorte anticipé non seulement les idées de Bentley et Dewey, mais aussi les psychologie et épistémologie « génétiques » de Piaget. Ce qui ne minore pas l'originalité de ces derniers, ne serait-ce que parce que le souci de lier comme Simmel ces conceptions à une métaphysique de la « vie » leur était parfaitement étranger.

Quoiqu'il en soit, le sociologue et systémicien Walter F. Buckley eut raison de remarquer que ce sont non Dewey et Bentley, mais bien Piaget qui accomplit la tâche de fonder « empiriquement et théoriquement » la vision « transactionnelle »⁴. Et son impact sur Bertalanffy fut pour cette raison beaucoup plus significatif que celui de Dewey et Bentley, auxquels il ne se référa que pour faire du « transactionnalisme » un exemple parmi d'autres de la pertinence générale de son concept de « système ouvert »⁵. Piaget, en effet, ne livra pas seulement à Bertalanffy, comme dit au 2-1-2-6, des arguments forts en faveur de ses principes « organismiques » d'« activité primaire » ou de différenciation et de hiérarchisation progressives : il lui livra aussi des outils essentiels pour écarter le spectre du relativisme.

Bertalanffy fit la connaissance de Piaget à Genève en 1953, dans le cadre d'un groupe d'étude créé par l'O.M.S. destiné à « discuter les influences des facteurs biologiques, psychologiques et

¹ Dewey J. & Bentley A.F., respectivement (1946a), pp. 506 et 509 ; et (1946b), pp. 534-353.

² Lettre de Bentley A.F. à Bertalanffy L. von du 15/09/1950, *Archives du B.C.S.S.S.*

³ Jankélévitch V. (1925), in Simmel G. (1988), pp. 14-24.

⁴ Buckley W. (1972), p. 194.

⁵ Bertalanffy L. von (1951b), p. 343 et (1951c), p. 34 ; voir aussi (1955a), p. 78 et (1956d), p. 9.

culturels dans le développement » humain ; un groupe auquel participait également Lorenz¹. Les acquis des « psychologies génétiques » de Piaget puis de Werner (qu'il redécouvrit ultérieurement) occupèrent dès lors une place éminente dans ses réflexions. Il en débattit déjà en 1954 avec le politologue et systémicien Karl Deutsch², et s'y référa maintes fois par la suite, consacrant même un article à ce sujet en 1956 – dans lequel il se fonda sur les écrits de Piaget, jugés « excellents »³. Que Bertalanffy soit devenu membre du comité de rédaction des « études d'épistémologie génétique » dirigé par Piaget est une autre manifestation de l'importance de cette influence. Réciproquement, Piaget semble avoir été le premier francophone à souligner l'intérêt des travaux biologiques de Bertalanffy, qu'il éleva à la dignité de « premier essai de structuralisme explicite en biologie », et plus généralement ceux de sa « systémiologie générale », qualifiée de « tentative pleine d'intérêt »⁴.

Le grand intérêt des positions de Piaget pour le perspectivisme de Bertalanffy est qu'elles pointaient, tout en y remédiant, les insuffisances affaiblissant celles de Lorenz, qui posaient notamment un problème pour rendre compte tant de l'objectivité des constructions scientifiques que de leur capacité d'évolution rapide à l'échelle phylogénétique :

Avec Lorenz, l'innéité des structures de connaissance est généralisée selon un style qu'il voudrait kantien : les « catégories » du savoir seraient biologiquement préformées à titre de conditions préalables à toute expérience [...] Mais comme l'hérédité varie d'une espèce à l'autre, il va de soi que si ces *a priori* conservent la notion kantienne de « conditions préalables », ils sacrifient l'essentiel, qui est la nécessité intrinsèque de telles structures ainsi que leur unité, et Lorenz le reconnaît honnêtement puisqu'il les réduit au rang de simples « hypothèses de travail innées »⁵.

L'approche « génétique » de Piaget visait précisément à résoudre un problème que non seulement Lorenz, mais toutes les traditions épistémologiques (empirismes, apriorismes, etc.) avaient échoué à résoudre, pour la bonne raison qu'il ne pouvait l'être dans leurs termes :

Toute connaissance comporte un aspect d'élaboration nouvelle et le grand problème de l'épistémologie est de concilier cette création de nouveautés avec le double fait que, sur le terrain formel, elles s'accompagnent de nécessité sitôt élaborées et que, sur le plan du réel, elles permettent la conquête de l'objectivité [...] Le postulat commun des épistémologies connues est de supposer qu'il existe à tous les niveaux un sujet connaissant ses pouvoirs à des degrés divers (même s'ils se réduisent à la seule perception des objets), des objets existant comme tels aux yeux du sujet (même s'ils se réduisent à des « phénomènes »), et surtout des instruments d'échange ou de conquête (perceptions ou concepts) déterminant le trajet qui conduit du sujet aux objets ou l'inverse⁶.

Or, son étude des processus psychogénétiques lui avait fourni les moyens d'une rupture cohérente et scientifiquement fondée avec ces traditions épistémologiques (notamment avec l'innéisme d'un Lorenz), rupture qu'il décrit comme « naturaliste sans être positiviste » et dont il souligna la capacité à « mettre en évidence l'activité du sujet sans être idéaliste »⁷ :

D'une part la connaissance ne procède en ses sources ni d'un sujet conscient de lui-même ni d'objets déjà constitués (du point de vue du sujet) qui s'imposeraient à lui [...] D'autre part et par conséquent, s'il n'existe au début ni sujet au sens épistémique du terme, ni d'objets conçus comme tels, ni surtout d'instruments invariants d'échange, le problème initial de la connaissance sera donc de construire de tels médiateurs : partant de la zone de contact entre le corps propre et les choses ils s'engageront alors toujours plus avant dans les deux directions complémentaires de l'extérieur et de l'intérieur et c'est de cette double construction progressive que dépend l'élaboration solidaire du sujet et des objets. En effet, l'instrument d'échange initial [...] est] l'action elle-même.

La connaissance ne saurait être conçue comme prédéterminée ni dans les structures internes du sujet, puisqu'elles résultent d'une construction effective et continue, ni dans les caractères préexistants de l'objet, puisqu'ils ne sont connus que grâce à la médiation nécessaire de ces structures et que celles-ci les enrichissent en les encadrant.

¹ Bertalanffy L. von (1957f).

² Bertalanffy L. von (1955b), p. 249.

³ Bertalanffy L. von (1956d), p. 1 notamment. Voir aussi, pour des références significatives : (1956e), p. 19 et (1964c), pp. 5-6 et 8.

⁴ Piaget J. (1968), p. 41 et (1967), pp. 58, 797-798 et 1211. Voir Le Moigne J.L. (1982), p. 268.

⁵ Piaget J. (1970), p. 66.

⁶ *op. cit.*, p. 5 et pp. 11-12.

⁷ *op. cit.*, p. 10.

On voit ainsi l'opposition complète entre [l']interprétation [de Lorenz] et celle que je soutiens, selon laquelle les structures de connaissance deviennent nécessaires, mais au terme de leur développement, sans l'être au début, et ne comportent pas de programmation préalable¹.

L'élément le plus précieux de l'« épistémologie génétique » de Piaget pour le perspectivisme de Bertalanffy et même pour son projet « systémologique » dans son ensemble tient au fait qu'il fournissait une interprétation cohérente de ce qu'il avait décrit en 1945 comme la capacité de l'esprit humain à « restituer certains traits d'ordre du réel dans des formes conceptuelles d'ordre », ou encore comme la « correspondance univoque eu égard à certains traits formels » entre « la structure de la réalité et la structure logique de nos schémas conceptuels » ; une capacité que nous verrons constituer un postulat de sa « systémologie » fondant son concept d'« isomorphisme »² et qui réinterprétait dans un cadre perspectiviste le vieil axiome de Spinoza selon lequel « l'ordre et la connexion des idées sont les mêmes que l'ordre et la connexion des choses »³. Piaget avait en particulier, *via* son étude des processus d'« abstraction réfléchissante » et son interprétation des mathématiques en termes de « construction de structures indéfiniment ouvertes », fourni une solution au problème épineux de leur « déraisonnable efficacité »⁴, de leur mystérieuse emprise sur le « réel », tout en expliquant ainsi la possibilité même du processus de « dé-anthropomorphisation » :

C'est le pouvoir de former des opérations sur des opérations qui permet à la connaissance de dépasser le réel et qui lui ouvre la voie indéfinie des possibles par le moyen de la combinatoire, en se libérant alors des constructions de proche en proche auxquelles restent soumises les opérations concrètes [...] Il n'existe pas d'expérience pure au sens de l'empirisme et les faits ne sont accessibles qu'assimilés par le sujet, ce qui suppose l'intervention d'instruments logico-mathématiques d'assimilation construisant des relations qui encadrent ou structurent ces faits et les enrichissent d'autant. A cet égard, il va de soi que les instruments opératoires élaborés par la pensée formelle permettent la lecture d'un grand nombre de nouvelles données d'expérience, ne serait-ce qu'en pouvant coordonner deux systèmes de référence. Mais il n'y a pas de processus à sens unique, car si une forme opératoire est toujours nécessaire pour structurer les contenus, ceux-ci peuvent souvent favoriser la construction de nouvelles structures adéquates [...] C'est dans la mesure où s'intériorisent les opérations logico-mathématiques du sujet grâce aux abstractions réfléchissantes construisant des opérations sur d'autres opérations et dans la mesure où est finalement atteinte cette extemporanéité caractérisant les ensembles de transformation possibles et non plus seulement réelles que le monde physique en son dynamisme spatio-temporel commence à devenir accessible à une lecture objective de certaines de ses lois et surtout à des explications causales obligeant l'esprit à une constante décentration dans sa conquête des objets. En d'autres termes, le double mouvement d'intériorisation et d'extériorisation débutant dès la naissance en vient à assurer cet accord paradoxal d'une pensée qui se libère enfin de l'action matérielle et d'un univers qui englobe cette dernière mais la dépasse de toutes parts [...]

La solution que les recherches génétiques suggèrent [à l'égard du problème des relations entre mathématiques et réalité] est que si les structures élémentaires procèdent des coordinations générale de l'action et celles-ci des coordinations nerveuses, c'est jusqu'aux coordinations organiques et biophysiques qu'il faut remonter pour atteindre leurs sources, la jonction entre les opérations du sujet et les structures de l'objet étant donc à chercher à l'intérieur même de l'organisme avant de pouvoir être confirmée par les rencontres entre la déduction et l'expérience externe [...] La convergence des formes matérielles du monde physique dont fait partie l'organisme et des formes intemporelles construites par le sujet paraît [de la sorte] en principe compréhensible [...]

Certes, les objets existent et ils comportent des structures qui existent-elles aussi indépendamment de nous. Seulement, les objets et leurs lois ne pouvant être connus que grâce à celles de nos opérations qui leur sont appliquées à cet effet, et constituent le cadre de l'instrument d'assimilation permettant de les atteindre, nous ne les rejoignons donc que par approximations successives, c'est-à-dire qu'ils représentent une limite jamais atteinte. D'autre part, toute explication causale suppose en plus une attribution de nos opérations aux objets, ce qui réussit et atteste par conséquent l'existence d'une analogie entre leurs structures et les nôtres ; mais cela rend d'autant plus difficile tout

¹ *op. cit.*, respectivement p. 12, p. 5 et p. 66.

² Bertalanffy L. von (1945), p. 4.

³ Spinoza B., *Ethique*, in (1954), p. 359.

⁴ Selon l'expression célèbre du physicien et Prix Nobel 1963 Eugene Wigner (« the unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences » : (1960))

jugement sur la nature de ces structures objectives indépendamment des nôtres, cette nature indépendante devenant à son tour une limite jamais atteinte bien qu'on soit obligé d'y croire¹.

Une première difficulté des positions exposées par Bertalanffy est qu'il n'explicita pas comment il concevait la relation entre les conceptions de Lorenz et de Piaget. En quelque sorte, il se les appropriées en se limitant à les juxtaposer. Par exemple lorsqu'il parla pêle-mêle du « modelage » de la perception et de la pensée par « des facteurs innombrables survenus tout au long de l'évolution biologique et dans l'histoire de la culture, dans la structure du langage, dans le développement individuel et les processus d'apprentissage de l'enfant »². Piaget avait pourtant bien souligné que son approche et celle de Lorenz s'opposaient très significativement. Il l'avait certes fait en accentuant probablement la profondeur de cette bien réelle opposition au-delà du nécessaire, c'est-à-dire en ne laissant entrevoir aucune forme de conciliation. Et il est tout aussi probable que Bertalanffy ait jugé qu'une telle conciliation restait possible au même sens que le phénotype d'un individu ne saurait se réduire à son génotype et qu'une « dose de préformisme » est compatible avec une « dose d'épigénétisme » : dans sa mise en conjonction des deux types d'arguments se dessine chez lui l'idée implicite que l'évolution phylogénétique, en partie en conséquence des perpétuelles interactions entre l'homme et son « entourage », a établi des conditions psychophysiologiques déterminées constituant un cadre pour le développement de certaines structures cognitives de l'homme dans une direction à certains égards conforme à son « entourage » (de telle sorte que sa survie soit garantie), mais qu'il s'agit là de dispositions innées dont l'actualisation ne s'accomplit chez l'individu que selon les principes de la « psychologie génétique ». En d'autres termes, la « nécessité », l'objectivité des structures cognitives à laquelle Piaget était attaché, sans pour autant devoir par là-même être relativisée, ne devrait se comprendre que subordonnée à une nécessité d'ordre phylogénétique, aux « conditions de possibilité » engendrées par l'évolution, étant entendu que celle-ci ne saurait se réduire aux schèmes « réactivistes » du sélectionnisme et du mutationnisme, et que le principe de co-construction du sujet et de ses objets y a joué un rôle non négligeable.

Une seconde difficulté, qui se greffait à la précédente, est que jamais Bertalanffy ne connecta ses arguments évolutionnistes et psychogénétiques au structuralisme vers lequel il fit converger son perspectivisme : les sous-sections qui suivent montreront que ce structuralisme resta en réalité axiomatique et purement philosophique, alors que Bertalanffy aurait pu exploiter les travaux scientifiques de Piaget afin d'établir une telle connexion et d'assurer ainsi à son perspectivisme la cohérence dont il avait besoin. Le résultat en fut qu'il se limita à juxtaposer deux classes d'arguments (de type évolutionniste ou psychogénétique d'une part, et de type philosophico-structuraliste d'autre part) pour préserver l'existence d'un principe d'objectivité de la connaissance, entre lesquels aucune relation ne fut jamais établie dans son œuvre alors que c'était possible. Notons que le plus probable, compte tenu de sa situation professionnelle et personnelle à partir du milieu des années 1950, est non pas que Bertalanffy soit demeuré inconscient de cette carence, mais beaucoup plus simplement qu'il ne trouva pas le temps nécessaire afin d'y remédier dans ses publications³. Il s'agit probablement d'un des aspects de sa pensée où l'absence de systématisation de ses idées se révèle les plus problématiques, dans la mesure où Bertalanffy interdit de la sorte à son projet « systémologique » d'avoir des fondements solides du point de vue de la théorie de la connaissance, ou laissa tout au moins penser à ses lecteurs que de tels fondements lui manquaient, donnant ainsi prise à certains d'entre eux pour arguer de l'irréparable inconsistance de ce projet⁴.

2-1-3-8 – *Le perspectivisme de Bertalanffy comme relationalisme*

Le caractère structuraliste du perspectivisme bertalanffien auquel j'ai fait allusion ne fut en aucune manière issu d'une influence de Piaget. Ses sources se localisent dans plusieurs de ses publications de la fin des années 1920 et du début des années 1930, où se manifeste notamment déjà le premier moment structuraliste de sa philosophie de la connaissance, à savoir la substitution d'une ontologie relationaliste à toute ontologie substantialiste, dans un cadre constructiviste opposé à tout

¹ Piaget J. (1970), pp. 53-58, p. 93 et p. 119 respectivement.

² Bertalanffy L. von (1967a), pp. 91-92.

³ Voir Pouvreau D. (2009b).

⁴ Typiques à cet égard sont par exemple Taux E. (1986) et Georgiou I. (2000).

essentialisme. J'ai déjà évoqué dans la première partie¹ comment les débats initiés dès la fin du XIX^e siècle quant au processus de « désubstantialisation » de la physique moderne l'avaient inspiré en ce sens, au même titre que l'émergence de métaphysiques relationalistes. Il va s'agir de reconsidérer plus généralement ce thème anti-substantialiste dans le cadre de son perspectivisme.

Bavink, dont la forte influence sur le jeune Bertalanffy a été dite au 1-4-2, avait donné le ton à cet égard dès 1913 en écrivant que « la 'persistance' est une illusion perspectiviste », ce qu'il avait fait en relation avec sa volonté explicite de développer « une vision dynamiciste du monde »². Cette idée fut constamment directrice chez le Viennois, probablement d'ailleurs avant même d'avoir lu Bavink. La critique du concept d'individualité développée par E. von Hartmann joua un rôle précoce et très significatif en ce sens. Dans sa thèse, Bertalanffy qualifia ainsi de « très vraie » son idée selon laquelle « la continuité spatiale n'est qu'une apparence des sens » qui ne saurait servir de critère permettant de définir un individu³. Six ans plus tard, il revint très largement sur cette critique en insistant sur le caractère « obscur » du concept d'individu, qui serait au fond purement « psychologique » et dériverait de l'« obsession consistant à ne tenir que les 'parties' pour réelles et à oublier leurs 'relations' ». Il qualifia à cette occasion le concept de « solidarité spatiale » d'extrêmement « vague, relatif et entièrement dépendant de notre perspective [*Perspektive*] humaine », commençant à développer l'idée que l'individualité ne désigne pas en fait des « choses concrètes », mais constitue « un concept pour une limite », celle d'un processus de « hiérarchisation » et de « centralisation » fonctionnelles⁴. Une idée qu'il élabora au cours des années suivantes en relation avec le développement du concept de « système ouvert », dans sa vision du réel comme « ordre hiérarchique de fonctions systémiques », qui l'amena à écrire en particulier, et ce en référence explicite au processus de « désubstantialisation de la physique », qu'« une forme organique ne persiste qu'en apparence » et que

ce qui, dans le cadre d'un système, apparaît comme un processus irréversible comportant les phases de formation, de vieillissement et de mort, représente dans le cadre du système immédiatement sur-ordonné qui se conserve dynamiquement une phase d'un événement persistant [...] Ce qui représente une chose [*Gebilde*] se conservant à un niveau de l'ordre hiérarchique peut être considéré comme un équilibre dynamique des systèmes subordonnés⁵.

Du point de vue de la théorie de la connaissance proprement dite, plusieurs sources du relationalisme de Bertalanffy sont repérables, bien qu'il n'ait à une exception près pas pris la peine de les indiquer. Il s'agit principalement de divers néo-kantismes, qu'il s'agisse de la tradition de l'école de Marburg représentée par Cohen, Natorp et surtout Cassirer, ou encore de Reininger et bien sûr de Vaihinger – le seul auquel il se référa explicitement à ce sujet ; mais aussi, dans une mesure certes moins significative, du « phénoménalisme » de Mach, voire du « positivisme logique ». En dépit de leurs divergences parfois considérables par ailleurs, tous les philosophes concernés rivalisèrent en effet en radicalité dans leur rejet commun de tout substantialisme, plus précisément dans leur tentative de donner une nouvelle signification au concept de substance qui soit en particulier plus conforme aux évolutions de la physique que son ancêtre scolastique. Examinons leur impact sur Bertalanffy.

2-1-3-9 – *Les sources « phénoménalistes », « fictionalistes » et « logico-positivistes » du relationalisme de Bertalanffy*

Le cœur du « phénoménalisme »⁶ de Mach était l'idée que « le monde n'est constitué que de nos sensations »⁷ et que nous ne pouvons connaître que leurs relations, tout le reste n'étant en dernière analyse que des constructions mentales issues de l'activité spontanée du psychisme. « Véritables éléments du monde », les sensations ne se présenteraient pas à la conscience en tant que tels, mais comme des « complexes de ces éléments qui se manifestent avec une stabilité relative ». Mach

¹ Aux 1-4-2-2 et 1-4-3-2.

² Bavink B. (1913, 1949), p. 212.

³ Bertalanffy L. von (1926a), pp. 39-40.

⁴ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 272-275.

⁵ Bertalanffy L. von (1937b), p. 117 et pp. 179-180. Voir aussi (1940a), p. 11.

⁶ Verley X. ((1998), p. 10, p. 93 et pp. 112-122) a préféré décrire sa position comme un « immatérialisme » (ce qui est légitime) et une philosophie symboliste de la connaissance (ce qui est contestable du point de vue néo-criticiste, en particulier de celui de Cassirer).

⁷ Mach E. (1886, 1996), p. 16. Il écrivit aussi : « La nature est composée des éléments donnés par les sens » : (1883, 1904), p. 450.

développa en conséquence une critique radicale du concept de « chose », qui renversait même la position de Helmholtz¹ :

Il n'y a dans la nature aucune chose invariable. Une chose est une abstraction. Un nom est un symbole pour un *complexe* d'éléments dont on ne considère pas la variation [...] Les sensations ne sont pas des « symboles des choses ». La « chose » est au contraire un symbole mental pour un complexe de sensations d'une stabilité relative.

Il qualifiait de « vide » et de « contradictoire » la notion de « chose en soi »². Et il adopta vis-à-vis des entités substantielles une position identique à celle de Vaihinger :

Les prétendues entités « corps », « moi » ne sont que des expédients pour notre orientation préalable, des synthèses instinctives qui s'imposent avec une puissance irrésistible à cause de leur suprême importance pratique³.

Selon Mach, la vocation de la science serait dans ces conditions non pas explicative, mais purement descriptive ; elle consisterait à exprimer des relations entre les phénomènes :

La science de la nature se propose de rechercher ce qu'il y a de constant dans les phénomènes, les éléments de ceux-ci, le mode de leur assemblage et leur dépendance mutuelle⁴.

Cette conception solidaire d'un empirisme résolu⁵ l'amena à définir la science comme une « économie de la pensée ». Elle aurait pour « mission » de substituer des symboles à l'expérience sensible, afin de coordonner les « faits » et de formuler leurs relations de la manière la plus simple, la plus esthétique⁶ et la plus complète possible, permettant ainsi de minimiser l'effort intellectuel et de favoriser la communication des connaissances acquises :

Toute science se propose de remplacer et d'*épargner* les expériences à l'aide de la copie et de la figuration des faits dans la pensée. Cette copie est en effet plus maniable que l'expérience elle-même et peut, sous bien des rapports, lui être substituée [...] Les expériences sont plus ou moins parfaitement décomposées en éléments plus simples et familiers, et symbolisées ensuite dans un but de communication [...] La science peut être considérée comme un problème de minimum, qui consiste à exposer les faits aussi parfaitement que possible avec *la moindre dépense intellectuelle*⁷.

Bertalanffy s'appropriait ce principe d'économie en dépit de la fidélité de Mach à l'*Abbildtheorie* – sans d'ailleurs jamais citer ses origines, peu conformes à son orientation anti-empiriste et anti-positiviste. Ce fut particulièrement le cas dans ses premiers essais :

La science en tant que telle a uniquement pour tâche de décrire les processus aussi parfaitement que possible avec les concepts les plus simples possibles.

Seule la simplicité de l'image de la nature peut décider entre plusieurs édifices théoriques⁸.

Mais on en retrouve la trace aussi à la fin de sa vie, par exemple lorsqu'il souligna « l'économie de pensée que la systémologie générale permet de réaliser »⁹.

La réflexion sur le statut et le rôle des mathématiques joua un rôle important dans les conceptions anti-substantialistes et relationnalistes de Mach. Les mathématiques incarnaient pour lui l'économie de pensée à son plus haut degré de développement formel :

¹ Nous avons vu que pour Helmholtz, les sensations ne sont certes pas des représentations des « choses », mais en sont des symboles.

² Mach E. (1883, 1904), pp. 450-451.

³ Mach E., in Bouvier R. (1923), p. 124.

⁴ *op. cit.*, p. 13.

⁵ Mach E. (1883, 1904) : « Une science ne peut que reproduire et prévoir des complexes de ces *éléments* habituellement appelés sensations » (p. 478) ; « Nous devons limiter notre science physique à l'expression des *faits observables*, sans construire des hypothèses *derrière* ces faits, où plus rien n'existe qui puisse être conçu ou prouvé. Nous avons donc à découvrir les dépendances réelles des mouvements des masses, des variations de la température, des variations de la fonction potentielle, des variations chimiques, sans nous imaginer rien d'autres sous ces éléments, qui sont les caractéristiques physiques directement ou indirectement donnés par l'observation » (p. 466).

⁶ Mach souligna le « leitmotiv de simplicité et de beauté, non seulement comme esthétique mais encore comme économique », que l'on retrouve chez « tous les investigateurs qui ont réfléchi sur la recherche en général » : *op. cit.*, p. 461.

⁷ *op. cit.*, p. 449 et p. 457. Mach l'exprima ailleurs en ces termes : « La science n'est pas autre chose qu'une affaire commerciale. Elle se donne pour tâche d'acquiescer avec le moins de travail possible, dans le moins de temps possible et même avec le moins de pensée possible, le plus possible de vérité » (in Bouvier R. (1923), p. 81).

⁸ Bertalanffy L. von, respectivement (1928b), p. 159 et (1928a), p. 99.

⁹ Bertalanffy L. von (1967a), p. 72.

La mathématique est une économie des nombres [...] Dans les opérations mathématiques, l'esprit peut être déchargé de toute besogne ; il suffit pour cela de *symboliser* par des signes d'opération mécanique toute opération qui a été effectuée une fois, ce qui épargne la fonction cérébrale pour les problèmes plus importants¹.

Bien que vides de tout contenu de connaissance concernant le monde physique, les mathématiques constitueraient l'outil par excellence de la science. Elles lui fourniraient avec le concept de *fonction* le symbolisme adéquat pour accomplir sa vocation : exprimer formellement les relations mutuelles entre phénomènes. C'était là une idée centrale de Mach dont on retrouve plusieurs expressions analogues chez Bertalanffy. Par exemple lorsqu'il écrivit en 1932, en entendant certes par « formelles » des relations qui n'ont pas nécessairement encore atteint le stade de l'expression mathématique :

La science présente et ne peut présenter que des relations formelles entre les phénomènes².

Il est certes très probable aussi que Bertalanffy ait de ce point de vue été influencé par ce qu'il semble permis d'appeler le « culte du formalisme » pratiqué à des degrés divers au sein du « Cercle de Vienne »³. Lequel ne se constitua d'ailleurs pas par hasard en 1928 sous la dénomination d'« association Ernst Mach » puisque son « empirisme logique » autoproclamé « conséquent »⁴, avec sa distinction entre énoncés « analytiques » et « synthétiques »⁵, son absorption des mathématiques dans la logique⁶, sa réduction de la pensée au langage⁷ et son « atomisme logique »⁸, poursuivit

¹ Mach E. (1883, 1904), pp. 454-455.

² Bertalanffy L. von (1932a), p. 69.

³ Schlick M. (1926), p. 151 : « Si la formalisation [*das Formalisieren*] est une maladie, alors personne ne peut être en bonne santé [...] La tâche et la fonction purement formelles de la connaissance est peut être au mieux exprimée lorsque l'on dit : toute connaissance est toujours une mise en ordre [*ein Ordnen*] et un calcul [*ein Berechnen*], jamais une contemplation [*Schauen*] ni un vécu [*Erleben*] des choses. Toute connaissance est ainsi par essence connaissance de formes, de relations et rien d'autre ».

⁴ Schlick M. (1932), in Ayer A.J. (1959), p. 106. Ces néo-positivistes rejetaient toute forme d'*a-priorisme*, y compris – et peut-être surtout – sous sa forme kantienne. Hans Hahn ((1930), p. 97) fut très clair à ce sujet : « Nous ne reconnaissons pas de connaissance *a priori*, ne serait-ce que parce que nous n'en avons nulle part la nécessité : nous ne connaissons aucun jugement synthétique *a priori* ». Ils posaient en principe que toute connaissance provient de l'expérience et de son traitement logique ; Hahn écrivit par exemple dans le même texte (p. 103) : « Il n'y a que deux moyens de connaissance : l'expérience et la pensée logique ».

⁵ L'ensemble des énoncés pourvus de signification était subdivisé en deux classes : d'une part les énoncés « analytiques », vides de tout contenu factuel et dont la vérité, nécessaire, serait seulement conditionnée par leur respect des règles syntactiques du langage dans lequel ils sont exprimés et par la signification des signes qu'ils utilisent ; et d'autre part les énoncés « synthétiques », dont la vérité serait contingente et déterminée par une vérification empirique. Seuls ces derniers seraient en mesure de fournir une connaissance sur le monde : les énoncés « analytiques » seraient des tautologies. La pensée se réduirait ainsi à une fonction de mise en forme des données des sens ou de connexion des idées entre elles, qui n'apporte rien par elle-même, comme Hahn ((1930), pp. 96-97) l'exprima fort bien : « Nous nous considérons comme les continuateurs du courant empiriste en philosophie et nous tenons de la sorte en opposition à tout rationalisme [...] Mais nous nous opposons aussi aux orientations dualistes qui veulent voir dans la pensée et l'expérience deux sources de connaissance indépendantes et jouissant des mêmes droits. Nous croyons au contraire que seule l'expérience, seule l'observation nous fournit une connaissance des faits dont le monde est constitué, tandis que toute pensée ne consiste en rien d'autre que des transformations tautologiques ».

⁶ Les mathématiques étaient conçues comme un simple auxiliaire formel permettant de mettre en relation et d'organiser des propositions : « La mathématique doit également avoir un caractère tautologique, c'est-à-dire être une partie de la logique » (Hahn H. (1930), p. 100). Se lisait sur ce point la forte influence de Bertrand Russell et de Ludwig Wittgenstein. Celui-ci avait écrit d'une part que « les propositions de la logique sont des tautologies » et d'autre part que « la mathématique est une méthode logique » dont les énoncés sont en fait des « pseudo-propositions » qui « n'expriment aucune pensée » (Wittgenstein L. (1918, 1993) respectivement p. 96 et pp. 102-103).

⁷ Cette réduction était le fondement d'une minimisation du rôle du sujet dans le processus de connaissance. Elle se manifestait par exemple dans ces assertions radicales de Schlick : « Toute connaissance est communicable et tout ce qui est communicable est connaissance » ; « Est connaissable tout ce qui se laisse exprimer et c'est tout ce que l'on peut demander de sensé » (Schlick M., respectivement (1926), p. 147 et (1930), p. 7). Ici encore se lisait l'influence majeure de Wittgenstein, pour qui le langage définissait une « frontière à l'expression des pensées », au-delà de laquelle tout serait « dépourvu de sens » : « *Les frontières de mon langage* sont les frontières de mon monde. La logique remplit le monde ; les frontières du monde sont aussi ses frontières [...] Tout ce qui peut proprement être pensé peut être exprimé [...] Sur ce dont on ne peut parler, il faut garder le silence » (Wittgenstein L. (1918, 1993) respectivement p. 31, p. 93, p. 58 et p. 112).

⁸ Cet « atomisme » fut une doctrine de Russell et Wittgenstein que les néo-positivistes s'approprièrent : voir Russell B. (1924, 1959), pp. 31-50 et Wittgenstein L. (1918, 1993), notamment pp. 13-28. La première idée en était qu'il existe des propositions « élémentaires » (ou « atomiques ») à partir desquels, moyennant l'usage de la logique formelle (quantificateurs, connecteurs,...), il serait possible de reconstruire toute proposition du langage, aussi complexe soit-elle – proposition dite « moléculaire ». La seconde idée en était que les propositions « atomiques » correspondent elles-mêmes, pour autant qu'elles soient vraies, à des « faits atomiques » en lesquels toute réalité serait en définitive analysable : « Le monde se décompose en faits [...] Tout énoncé portant sur des complexes se laisse analyser en un énoncé sur leurs éléments et en propositions telles qu'elles décrivent complètement ces complexes » (Wittgenstein L. (1918, 1993), pp. 33-35). Toute proposition apparaissait dans cette perspective comme l'« image logique » d'un « fait », au sens où leurs structures logiques seraient isomorphes. Ayant en commun avec lui une même « forme logique », elle en serait une sorte de « projection » : « Nous nous faisons des images des faits. L'image présente la situation dans l'espace logique, la subsistance et la non-subsistance des états de choses. L'image est un modèle de la réalité. Aux objets correspondent, dans l'image, les éléments de celle-ci. Les éléments de l'image sont les représentants des objets dans celle-ci. L'image consiste en ceci, que ses éléments sont entre eux dans un rapport déterminé [...] Cette interdépendance des éléments de l'image, nommons-la sa structure, et la possibilité de cette interdépendance sa forme de représentation. La forme de représentation est la possibilité que les choses soient entre elles dans le même rapport que les éléments de l'image. L'image est ainsi attachée à la réalité ; elle va jusqu'à atteindre la réalité [...] Dans l'image et dans le représenté quelque chose doit se retrouver identiquement, pour

effectivement l'inspiration de Mach tout en prétendant débarrasser sa doctrine de ses scories métaphysiques liées à son « sensationnalisme ».

La critique par Mach des catégories de substance et de causalité s'enracinait dans son « phénoménalisme mathématique ». « Cause » et « effet » n'étaient pour lui que des constructions fictives, plus précisément « semi-fictives » au sens de Vaihinger :

Dans la nature, il n'y a ni causes, ni effets. La nature n'est présente qu'*une fois*. Les répétitions de cas semblables [...], dans lesquelles consiste précisément l'essentiel de la relation de cause à effet, n'existent que dans l'abstraction que nous employons afin de copier les faits dans la pensée [...] Le sentiment de causalité n'a pas été acquis par l'individu, mais s'est formé au cours du développement de l'espèce. La cause et l'effet sont des abstractions dont le rôle est d'économiser le travail mental¹.

Conçue en termes positifs, la causalité ne traduirait que « la dépendance réciproque des phénomènes »². Le concept mathématique de fonction l'exprimant rendrait donc les concepts de cause et d'effet « interchangeables » et même « superflus » : il pourrait s'y substituer. L'héritage de ces conceptions se marque chez Bertalanffy comme chez les néo-positivistes ; tous réduisirent ainsi la causalité à une dépendance fonctionnelle, et le royaume de la nécessité à l'ordre logique (elle ne serait que celle de relations conceptuelles) :

La science « nomothétique » ne consiste pas dans la compréhension de la « nécessité causale » de l'événement ; la réfutation probante de cette définition est fournie par la physique moderne [...] Ce n'est pas à la compréhension de la nécessité causale des processus que la légalité physique doit son caractère contraignant, mais à celle de la nécessité logique de ces lois³.

Le caractère essentiel et suffisant d'une loi étant selon lui de « lier de manière univoque un état initial déterminé à un état final déterminé »⁴. En ce qui concerne la « substance », Mach la comprenait dans son sens philosophique le plus fondamental⁵ comme ce qui demeure permanent dans le changement et la réduisait à un « symbole abrégatif économique »⁶ :

Toutes les idées de conservation ainsi que le concept de substance ont leur fondement véritable dans l'économie de pensée⁷.

La seule substance, c'est la constance du lien, la connexion fixe, la dépendance régulière des phénomènes entre eux, i.e. la relation qu'exprime la loi scientifique. C'est là la *notion de substance, expliquée au point de vue critique*, qui remplace la notion vulgaire de substance ou de matière⁸.

Quant aux « lois de la nature », que Vaihinger tenait pour de « simples expressions auxiliaires de la totalité des relations existant dans un groupe de phénomènes »⁹, elles se réduisaient de même pour Mach à des « méthodes de reconstruction concise, résumées, faites à notre usage » et relatives à certains aspects seulement d'une classe de phénomènes¹⁰, qui peuvent à tout moment être remises en question. Elles seraient « des restrictions que nous prescrivons sous la conduite de l'expérience à notre attente des phénomènes »¹¹ et en définitive « pas autre chose que des descriptions compréhensives »¹².

que l'une soit proprement l'image de l'autre [...] Ce que toute image, quelle qu'en soit la forme, doit avoir en commun avec la réalité pour pouvoir proprement la représenter – correctement ou non – c'est la forme logique, c'est-à-dire la forme de la réalité » (*op. cit.*, pp. 38-40). En interprétant les « propositions atomiques » comme des compte rendus d'observations, les néo-positivistes purent affirmer qu'une proposition portant sur le monde n'a de sens que si elle est réductible par l'analyse logique à de tels compte rendus d'événements observables

¹ Mach E. (1883, 1904), p. 451 et p. 453.

² *op. cit.*, p. 472.

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 23. En ce qui concerne les néo-positivistes du Cercle de Vienne sur ce point, notamment Carnap et Franck, voir Hennemann G. (1975), p. 97.

⁴ Bertalanffy L. von (1930b), p. 400.

⁵ C'est-à-dire selon Lalande A. ((1926, 2002), p. 1048), « ce qu'il y a de permanent dans les choses qui changent, en tant que ce permanent est considéré comme un sujet qui est modifié par le changement tout en demeurant 'le même' ».

⁶ Mach E., in Bouvier R. (1923), p. 91.

⁷ Mach E. (1883, 1904), p. 473.

⁸ Mach E., in Bouvier R. (1923), p. 210.

⁹ Vaihinger H. (1911, 1965)p. 215.

¹⁰ Mach E. (1883, 1904), p. 453.

¹¹ Mach E., in Bouvier R. (1923), p. 211.

¹² Mach E., *op. cit.*, p. 87.

Mach les identifiait plus précisément aux « règles de reproduction des faits » dans la pensée et à leur « expression quantitative abstraite »¹.

C'est sur ces bases « phénoménalistes » que Mach développa une critique fictionaliste des concepts de la physique, en particulier du concept d'atome. Elle peut pour l'essentiel être calquée sur celle de Vaihinger. Mach tenait la matière, les forces et l'énergie pour des « symboles de pensée » substitués à des ensembles de relations que nous entretenons avec les objets, cependant que Vaihinger y voyait « un tissu d'idées arbitraires utilisées pour des buts pratiques, comme idées auxiliaires ou préliminaires théoriques », en résumé comme des « fictions »². Quant aux atomes, ils étaient en des termes presque identiques qualifiés par Mach d'« auxiliaires provisoires » qui « peuvent servir à grouper des séries de faits ». Les considérer comme réels reviendrait à sombrer dans une « mythologie mécanique »³ :

Il est impossible de percevoir les atomes ; comme toutes les substances, ils sont des abstractions. Bien plus, on leur attribue en partie des propriétés contradictoires avec les faits observés jusqu'ici. Si déjà la « matière » ordinaire peut-être regardée comme un symbole de pensée très naturel, réservé par elle inconsciemment pour un complexe relativement stable d'éléments sensibles, cela doit valoir plus encore pour les atomes et les molécules hypothétiques autant qu'artificiels de la physique et de la chimie [...] Ce sont là des symboles économiques de l'expérience physico-chimique⁴.

En fait, Mach considérait que l'atome assume la fonction d'un « modèle », terme qu'il entendait au sens d'une fiction heuristique – analogue aux infinitésimaux en mathématiques :

La théorie atomique a dans la science physique une fonction analogue à celle de certaines représentations mathématiques auxiliaires : elle est un *modèle* mathématique pour la description des faits⁵.

Un aspect du concept d'atome que Mach ignora fut toutefois souligné par Vaihinger, à savoir que son caractère fictif n'éliminait en rien sa nécessité (au moins provisoire) :

Sans l'atome, la science choit. Et néanmoins, avec lui une connaissance et une compréhension véritables sont impossibles. C'est un groupe de concepts contradictoires nécessaires pour appréhender la réalité⁶.

La proximité de Bertalanffy avec Mach et Vaihinger est là encore remarquable. Mais elle n'a rien de surprenant, compte tenu d'une part de l'importance de l'impact de Vaihinger dans la formation de ses idées, et d'autre part de la correspondance que Vaihinger entretint lui-même avec Mach (où celui-ci commenta en particulier sa « philosophie du 'comme si' »)⁷. Bertalanffy se référa quoiqu'il en soit en 1927 à ce physicien « énergétiste » très proche de Mach qu'était Kirchhoff lorsqu'il écrivit :

Les atomes et les électrons du physicien n'ont pas à valoir en tant que réalités métaphysiques [...] ; ce sont des modèles, des images, des symboles à travers lesquels une réalité est « pensée » ou visée et dont la fin est la description la plus simple et complète possible des processus naturels⁸.

Et il aurait tout aussi bien pu se référer à Vaihinger ou Mach lorsqu'il affirma en 1949 encore, manifestant ainsi la remarquable continuité de ses positions fondamentales :

Les « forces » ne sont pas des attributs métaphysiques inhérents à certaines configurations physiques : la physique ne fait intervenir des « forces » que dans la mesure où elles s'avèrent nécessaires pour expliquer les phénomènes et les calculer. Elles ont seulement valeur de modèles visualisables. Ce qui importe véritablement, ce sont des relations formelles, c'est le système de lois naturelles que ces « forces » traduisent⁹.

¹ Mach E. (1883, 1904), pp. 471-472.

² Vaihinger H. (1911, 1965), pp. 72-73.

³ Mach E., in Bouvier R. (1923, p. 93) : « Il ne convient pas que la science naturelle [...] voie des réalités dans les molécules et les atomes, qu'elle mette une mythologie mécanique à la place de la mythologie animiste ou de la métaphysique et crée par là de prétendus problèmes ».

⁴ Mach E., respectivement (1883, 1904), p. 459 et (1886, 1996), p. 273.

⁵ Mach E. (1883, 1904), p. 459.

⁶ Vaihinger H. (1911, 1965), pp. 70-71.

⁷ Blackmore J. et al. (2002), p. 183.

⁸ Bertalanffy L. von (1927a), p. 273.

⁹ Bertalanffy L. von (1949e), p. 142.

Cette proximité n'implique toutefois pas que le relationalisme de Bertalanffy se soit réduit à une reprise de ceux développés par Mach et Vaihinger, ni même qu'il en partageait l'inspiration profonde. Il est important de noter que des orientations similaires, au moins à propos du concept de « force », furent esquissées au XIX^e siècle avant Mach par des philosophes, physiologistes et physiciens tels que Lotze, Du Bois Reymond et Mayer, dans les contextes de la critique du vitalisme en biologie et du développement du concept d'énergie :

Aucune expérience ne montre des « forces » ; celles-ci ne sont que des suppléments de la pensée¹.

La force n'est rien de réel [...] Elle n'est qu'une satisfaction apparente de notre besoin de causalité².

La force est la mesure, et non la cause du mouvement³.

Ce que sont la force et la chaleur, nous n'avons pas besoin de le savoir ; mais ce que nous devons savoir, c'est comment l'on compte la force ou le travail et la chaleur d'après des unités invariables, et quelles relations de grandeur existent entre le kilogramme-mètre et l'unité de chaleur⁴.

2-1-3-10 – Les sources néo-criticistes du relationalisme de Bertalanffy et le constructivisme de Cassirer comme modèle pour sa compréhension

Les dernières citations sont issues d'essais d'Oskar Hertwig et de Richard Kroner, auxquels Bertalanffy s'est maintes fois référé à ses débuts. Et il est justement remarquable que Kroner, loin d'être un adepte du « phénoménalisme » de Mach ou du néo-kantisme « fictionaliste » de Vaihinger, développa des idées semblables sur ces questions avec pour références majeures (au moins dans l'essai en question) Rickert (dont il fut un élève), Cohen et Cassirer. Et comme je l'ai annoncé au 2-1-3-8, c'est en fait plus vers ces derniers qu'il faut se tourner si l'on veut dégager la véritable inspiration de Bertalanffy et former à partir des indices qu'il a laissés une image de ses conceptions qui soit conforme à son constructivisme.

L'une des positions typiques du néo-kantisme développé dans l'école de Marburg rejoignait en effet la critique « phénoménaliste » des concepts substantiels, bien que ce fût à partir de prémices très différentes impliquant le rejet de l'*Abbildtheorie* et du « pragmatisme vital ». Il s'agit de l'identification de la réalité objective à la loi scientifique, plus précisément de la constitution de la réalité comme détermination nomothétique des phénomènes ; c'est-à-dire encore de l'assimilation de la « chose en soi » non comme le fit Kant de manière négative à un concept limite, mais plus positivement à la loi scientifique elle-même. Pour Cohen et Natorp tout autant que pour Mach, la seule « substance » était la subsomption de l'invariance de relations phénoménales sous une loi⁵. La pensée de leur élève Cassirer présente un intérêt plus important encore pour mon propos dans la mesure où le relationalisme d'inspiration néo-criticiste s'y déploya dans un cadre perspectiviste remarquablement voisin de celui de Bertalanffy. De sorte qu'à défaut de pouvoir démontrer une influence effective du premier sur le second, l'analyse des positions de Cassirer permet au moins de servir en quelque sorte de modèle afin de reconstituer par analogie la compréhension que Bertalanffy avait de son propre perspectivisme et qu'il n'a malheureusement pas entièrement explicitée.

J'ai déjà fait plusieurs fois allusion à l'interprétation par Cassirer de l'histoire des sciences depuis leurs origines modernes, qu'il caractérisait comme celle de la transition progressive d'une conception « substantielle » vers une conception « fonctionnelle » de la connaissance, c'est-à-dire encore comme celle du triomphe de la catégorie de « relation » sur celle de « chose ». Cette interprétation concernait au premier chef l'évolution des mathématiques pures, où la catégorie de « chose » se révélerait « intenable » :

¹ Lotze R., in Hertwig O. (1918), pp. 19-20.

² DuBois-Reymond E., in Hertwig O. (1918), pp. 19-20.

³ DuBois-Reymond E., in Kroner R. (1913), pp. 39-40.

⁴ Mayer R., in Kroner R. (1913), pp. 39-40.

⁵ Voir Ferrari M. (2001), en particulier p. 32 et pp. 60-61.

Avec la mathématique pure, nous possédons un domaine de savoir d'où sont exclues par principe les choses et leurs configurations et dont les concepts qui le fondent répugnent à se laisser asservir, sans plus, par les propriétés les plus communes des choses¹.

Les objets mêmes [y] cessent d'être des choses pour se ramener à des formes purement relationnelles. Ce n'est pas le « quoi » de la chose liée, mais le « comment » de la liaison qui décide de l'appartenance d'une multiplicité donnée à la sphère des objets mathématiques².

Mais Cassirer conférait à cette évolution une portée qui dépassait selon lui très largement le seul domaine des mathématiques pour concerner toutes les sciences modernes de la nature :

À la logique du concept générique régi et contrôlé [...] par le concept de substance, s'oppose désormais la logique du concept mathématique de fonction. Mais le domaine auquel s'applique ce type de logique ne peut être cherché du côté de la seule mathématique. Le problème intéresse tout autant le domaine relevant de la connaissance de la nature, car le concept de fonction contient tout à la fois le schéma général qui donne son sens au concept moderne de nature et le modèle sur lequel s'est réglé son développement³.

La raison profonde en serait que l'esprit n'accède aux choses que « dans leurs rapports réciproques » et ne saurait faire plus que « d'établir les relations de permanence et de changement dont elles sont le support »⁴. Cassirer put à cet égard légitimement faire de Poincaré l'une de ses références récurrentes, puisque celui-ci avait dès 1902 identifié les mathématiques à la science des formes relationnelles abstraites et la connaissance du « réel » en général à une connaissance purement relationnelle :

Les mathématiciens n'étudient pas des objets, mais des relations entre les objets ; il leur est donc indifférent de remplacer ces objets par d'autres, pourvu que les relations ne changent pas. La matière ne leur importe pas, la forme seule les intéresse.

[Ce que la science] peut atteindre, ce ne sont pas les choses elles-mêmes [...], ce sont seulement les rapports entre les choses ; en dehors de ces rapports, il n'y a pas de réalité connaissable⁵.

C'est indubitablement avec la même inspiration constructiviste que Cassirer, et non avec celle, « phénoménaliste » ou « positiviste » de Mach, que Bertalanffy affirma en 1932 :

La science n'a rien à faire avec l'« essence interne » des choses ; elle s'occupe exclusivement des « lois », des relations formelles existant entre les « choses »⁶.

Il faut pour s'en convaincre remarquer qu'il écrivit aussi quatre ans plus tôt :

La loi [naturelle] n'appartient pas au domaine empirique, mais est une relation logique entre des constructions conceptuelles [...] *Seule la pensée constructive édifie les lois*⁷.

Cassirer souligna en effet dans le même esprit que la pensée, scientifique en particulier, ne se borne pas à abstraire de l'expérience les relations qui forment sa trame ; bien au contraire :

L'« ordre » n'est rien qui se puisse trouver immédiatement dans les impressions sensibles, il est quelque chose qui ne leur advient qu'en vertu de relations intellectuelles [...]

Au cœur du chaos temporel des impressions, nous créons, en projetant notre regard bien au-delà du temps, tout un réseau de liaisons et de correspondances et ce sont elles qui constituent l'armature de la réalité empirique⁸.

Et il ne se lassa pas dans son œuvre d'insister sur la créativité irréductible de la pensée et sur le fait ignoré par toute la tradition empiriste (en particulier par Mach) que la fertilité des concepts tient précisément à leur sous-détermination par rapport au « réel » :

Le concept est bien moins abstraitif que *prospectif* : il ne se borne pas à fixer du déjà connu pour en arrêter le contour général, mais débouche en permanence sur de nouvelles liaisons inconnues. Il ne

¹ Cassirer E. (1910, 1977), pp. 29-30.

² Cassirer E. (1929, 1972b), p. 388.

³ Cassirer E. (1910, 1977), p. 33.

⁴ *op. cit.*, p. 345.

⁵ Poincaré H. (1902, 1968), p. 49 et p. 25 respectivement.

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), p. 24. Les guillemets utilisés par Bertalanffy sont très significatifs.

⁷ Bertalanffy L. von (1928a), p. 91 et p. 94. Les italiques me sont propres.

⁸ Cassirer E. (1910, 1977), p. 59 et p. 284.

se borne pas à recueillir les similitudes ou les connexions qu'offre l'expérience, mais forge de nouvelles associations¹.

[II] a pour fonction non pas de « décalquer » sur un mode abstrait et schématique un divers donné, mais d'impliquer une loi de relation produisant un enchaînement nouveau et original du divers².

Ce serait donc en complétant le « réel » par le « non-réel », en se détachant même de l'intuition, que la pensée scientifique crée des instruments, introduit des perspectives et ouvre des voies nouvelles lui permettant d'enrichir son expérience du monde sensible³. Les instruments en question ne seraient certes pas construits *a priori*, mais par une confrontation dialectique avec le monde sensible : selon Cassirer, le concept et l'expérience « ne déploient les vertus qu'ils renferment qu'en se mesurant l'un à l'autre » ; néanmoins, l'expérience ne fournit pas par elle-même de solution aux problèmes qu'elle suscite : « elle ne produit pas les forces qu'elle éveille »⁴. Bertalanffy adopta justement ce point de vue dès ses débuts, par exemple lorsqu'il souligna la « nécessité de la pensée théorique avant et aux côtés de l'expérience »⁵ et lorsqu'il écrivit par ailleurs que, même si « l'expérience est toujours sa cause et son juge suprême », « la théorie ne peut jamais être simplement lue dans les faits » et émerge d'une « intuition heureuse » comparable au « regard artistique »⁶.

Dans ces conditions, la critique du substantialisme par Cassirer pouvait bien rejoindre celles de Mach et de Vaihinger ; mais il faut la comprendre dans son cadre constructiviste, et cela vaut tout autant pour celle de Bertalanffy :

[Les « choses » se révèlent] comme de simples expressions métaphoriques utilisées pour désigner la durée et la légalité des phénomènes et, du même coup, la constance et la continuité de l'expérience elle-même. Pour atteindre cette consistance que nul objet perceptible ne confirme jamais pleinement, la pensée se voit conduite à adosser l'être empirique à un corps d'hypothèses qui le sous-tend et qui a pour seule fonction de figurer l'ordre et la permanence présents à l'intérieur même de cet être⁷.

Cassirer dessina en fin de compte ainsi les contours d'une ontologie relationnaliste, non pas au sens métaphysique que lui avait donné N. Hartmann, mais au sens où la mise en relation serait un moment primordial et constitutif de ce processus d'objectivation qu'est la connaissance :

[La relativité de la connaissance] apparaît comme une condition préalable au concept même de chose [...] Cela ne signifie pas que la pensée puisse appréhender seulement les relations entre éléments de l'être, ces éléments restant eux-mêmes conçus comme un noyau opaque et subsistant ; cela signifie que *nous ne pouvons accéder à la catégorie de chose qu'en passant par la catégorie de relation*. Nous ne commençons pas par des choses absolues, pour dégager ensuite les rapports qui résultent de leur action réciproque ; *nous opérons d'emblée la connaissance d'enchaînements empiriques, pour la condenser en jugements auxquels nous attribuons la valeur d'objet*⁸.

C'est sur cette base qu'il put considérer les objets scientifiques, au premier chef ceux de la physique, non comme « des réalités nouvelles qu'il s'agirait de prospecter et de détecter », mais comme des « instruments que la pensée doit se forger si elle veut répondre à la dispersion des phénomènes, en y produisant un ensemble articulé et soumis à la mesure »⁹. La matière elle-même, par exemple, avait selon lui « cessé d'être un objet de perception pour devenir un objet de construction » : elle aurait « viré à l'idée »¹⁰, une formulation dont on retrouve l'écho chez Reininger¹¹.

Seule une compréhension constructiviste du relationnalisme analogue (voire quasiment identique) à celle développée par Cassirer permet selon moi d'appréhender ce que Bertalanffy appela

¹ Cassirer E. (1929, 1972b), p. 341.

² Cassirer E. (1910, 1977), p. 324.

³ Cassirer E. (1910, 1977), p. 262.

⁴ Cassirer E. (1929, 1972b), pp. 458-459.

⁵ Bertalanffy L. von (1927d), p. 661.

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), p. 28.

⁷ Cassirer E. (1910, 1977), p. 313.

⁸ *op. cit.*, p. 346. Les italiques me sont propres.

⁹ *op. cit.*, p. 196.

¹⁰ *op. cit.*, pp. 199-200.

¹¹ Reininger R. (1978), pp. 224-225 et p. 231 : « Le monde de la nouvelle physique n'est pas tant un monde de 'choses' dont on conceptualiserait le mouvement qu'un monde d'événements [...] La matière ne devient elle-même plus qu'une idée ».

« l'ontologie des systèmes ». C'est un point essentiel de sa « systémologie » qu'il ne prit pas la peine d'explicitier avec la rigueur qui s'imposait, même s'il fournit au travers de ses publications les éléments nécessaires pour qu'on puisse le saisir. Ce n'est en particulier qu'à sa lumière que semble pouvoir se comprendre ce commentaire crucial, où les guillemets ont toute leur importance et où les réflexions précoces de Bertalanffy sur le concept d'individualité évoquées au 2-1-3-8 trouvèrent leur ultime prolongement :

Un objet (et en particulier un système) n'est définissable que par sa cohésion au sens large, c'est-à-dire par les interactions de ses éléments composants. En ce sens, un écosystème ou un système social est tout aussi « réel » qu'une plante individuelle, un animal ou un être humain, et effectivement des problèmes comme la pollution en tant que perturbation de l'écosystème, ou les problèmes sociaux, démontrent de manière frappante leur « réalité ». Néanmoins, les interactions (ou, plus généralement, les interrelations), ne sont jamais directement vues ou perçues ; elles sont des constructions conceptuelles. Ceci vaut même pour les objets de notre monde quotidien, qui ne sont en aucune manière simplement « donnés » en tant que données sensorielles ou simples perceptions, mais sont également des constructions fondées sur des catégories innées ou acquises, la concordance de différents sens, l'expérience passée, les processus d'apprentissage, la dénomination (i.e. les processus symboliques) etc., qui tous déterminent largement ce que nous « voyons » ou percevons. Aussi la distinction entre objets et systèmes « réels » observables d'une part et les constructions et systèmes « conceptuels » d'autre part, ne peut elle être effectuée d'aucune manière conforme au sens commun¹.

2-1-3-11 – *Le perspectivisme comme condition de l'objectivité : du processus de « dé-anthropomorphisation » au « structuralisme mathématisé »*

Un philologue spécialiste de Nietzsche a récemment insisté avec raison sur le fait que l'anti-essentialisme, le rejet de la « chose en soi », ne signifie pas nécessairement le renoncement à toute objectivité : il implique certes la ruine de toute objectivité comprise en termes de séparation du sujet et de l'objet, mais pas l'inexistence de propositions que tout être rationnel doit accepter². Reste malgré tout légitime de se demander comment même une telle notion d'objectivité pouvait être préservée dans un cadre perspectiviste.

Poincaré anticipa sensiblement la réponse lorsqu'il écrivit en 1902, dans le cadre de ses réflexions sur l'existence de géométries non-euclidiennes, que « la liberté n'est pas l'arbitraire »³. Bertalanffy, soulignant le caractère « librement choisi » des principes de tout système hypothético-déductif, esquissa en effet dès ses débuts l'idée que ce caractère, loin d'invalider leur objectivité, en est au contraire la condition⁴. C'est le même principe, conforme à l'un de ses critères généraux du symbolique, qu'il réaffirma plus tard en écrivant que « les lois scientifiques sont des constructions librement créées et démontrables [dans leur objectivité], bien que non déterminables par des prédicats d'observation »⁵. Quant à Cassirer, il adopta très tôt un perspectivisme tenant pour assuré que

la réalité naturelle ne dépend pas des seules données de la perception sensible et relève aussi des perspectives et des réquisits intellectuels que nous leur imposons⁶.

Ce qui ne l'empêcha pas d'expliquer deux décennies plus tard qu'il n'y avait rien là qui menace le principe d'objectivité, pourvu qu'on le comprenne dans un sens critique :

Ce renoncement à une validité « absolue » n'enlève rien de leur signification objective aux symboles intellectuels des mathématiques et des sciences exactes. Car ils acquièrent cette signification par leur mise en œuvre, par la fonction d'« objectivation » qui s'accomplit en eux, et non par l'entremise des objets transcendants qui seraient situés derrière eux et reproduits par eux [...] Toute notre connaissance de la nature – pour autant qu'il s'agit précisément d'une connaissance, autrement dit d'un but idéal et d'un problème idéal – repose elle aussi en fin de compte sur un acte de liberté, sur « un point de vue que la raison se donne ». Mais là encore, comme

¹ Bertalanffy L. von (1968a), pp. xxi-xxii et (1972a), p. 37.

² Reginster B. (2001), p. 201.

³ Poincaré H. (1902, 1968), p. 24.

⁴ Bertalanffy L. von (1932b), p. 27.

⁵ Bertalanffy L. von (1953a), p. 236.

⁶ Cassirer E. (1910, 1977), p. 200.

partout, la véritable liberté ne s'oppose pas au lien de l'obligation : elle en est au contraire le départ et l'origine. La première étape, le choix de certains éléments empiriques qu'on fait correspondre à certaines constructions, nous laisse libres ; mais dans la seconde étape et pour tout ce qui suit nous sommes serfs, à moins que la pensée ne supprime par un nouvel acte la totalité des conséquences indépendantes et ne reparte sur des bases entièrement neuves¹.

De ce point de vue, les concepts et symboles scientifiques tirent leur justification, leur valeur et leur sens de leur caractère opératoire et de leur pouvoir unificateur, de leur « capacité à construire des modèles d'ordre susceptibles d'instaurer et de garantir l'enchaînement des expériences »². Bertalanffy partageait cette position qui le conduisit notamment à considérer que « la tâche de la théorie est en premier lieu de donner une explication commune à une série de faits qui demeureraient sinon sans relation et en second lieu de rendre possibles les idées hypothétiques que la science théorique construit [en vue] d'élaborer un système solide de lois naturelles »³. Tout indique en outre que, lui qui ne se lassait pas d'affirmer que la connaissance n'est pas « une simple approximation de la 'vérité' ou de la 'réalité' »⁴, partageait la manière dont Cassirer jugea bon de redéfinir la notion de « vérité » ; à savoir par la conformité de la pensée scientifique à ses propres exigences de cohérence et d'unité :

Ce que pose la pensée, ce n'est plus tout simplement la chose isolée, mais c'est l'exigence d'une cohérence interne exempte de toute contradiction ; elle forme le *modèle* [*Urbild*] à l'aide duquel nous mesurons la *vérité* de nos représentations [...] Désormais, c'est l'entendement scientifique qui pose à la fois les conditions et les droits de sa propre nature comme mesure de l'étant⁵.

La science ne possède et ne peut posséder de critère de vérité supérieur à l'unité et à la cohésion du système qui structure l'ensemble de l'expérience [...] L'« objet » a exactement la vérité et la nécessité de l'unité logique exigée par la connaissance de la nature, et rien de plus⁶.

Au premier abord, la position de Cassirer et de Bertalanffy semble sur ce point rejoindre la thèse de la « vérité-cohérence » (qui réduisait toute vérité à la cohérence logique de propositions fondées sur des « énoncés protocolaires »), défendue par Carnap et Neurath dans le cadre de leur doctrine du « physicalisme ». Les origines et les fondements de cette doctrine, en particulier de la thèse en question, sont résumés dans l'annexe 2-1-3-11. Elle divisa profondément le Cercle de Vienne. Schlick, en particulier, attaqua violemment la notion de « vérité-cohérence » : il lui reprocha de « substituer la science à la réalité » et de confondre l'univers linguistique avec l'univers entier⁷ ; ce qui était légitime si l'on prend en compte cette déclaration de Carnap en 1936, dans un congrès auquel assistait Bertalanffy :

La réalité d'une chose n'est autre que la possibilité de la subsumer sous un système déterminé⁸.

Tandis que Carnap tenait les lois de la nature pour des artifices de l'esprit humain, Schlick y voyait « des invariants par-delà tous les modes d'expression artificiels », des réalités objectives indépendantes des modes de représentation humains⁹.

Comme Cassirer, Bertalanffy connaissait personnellement les philosophes impliqués, suivait leurs travaux avec intérêt et était au fait des controverses en question¹⁰. Il ne cessa d'opposer son perspectivisme au « physicalisme »¹¹, en un sens qui le rapprochait de Schlick. Et s'il le fit, ce ne fut pas seulement en raison des biais empiristes et réductionnistes du « physicalisme », bien qu'il n'explicita son opposition qu'eu égard à ces aspects. En effet, son perspectivisme, comme celui de Cassirer, différait subtilement aussi de la théorie de la « vérité-cohérence » : aucun d'entre eux ne jugeait ce que Cassirer appela « l'unité et la cohésion du système structurant l'ensemble de

¹ Cassirer E. (1929, 1972b), p. 466. Les italiques me sont propres.

² Cassirer E. (1910, 1977), p. 360.

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 24.

⁴ Par exemple Bertalanffy L. von (1968a), p. xxii et (1972a), p. 37.

⁵ Cassirer E., in Seidengart J. (1990), p. 163.

⁶ Cassirer E. (1910, 1977), p. 218 et p. 363.

⁷ Schlick M., in Sébastik J. & Soulez A. (1986), p. 193 et p. 210.

⁸ Carnap R. (1936), in Hennemann G. (1975), p. 81.

⁹ Voir Hennemann G. (1975), pp. 97-98.

¹⁰ En ce qui concerne Cassirer à ce sujet, voir Krois J.M. (2004), p. 280.

¹¹ Par exemple Bertalanffy L. von (1953a), p. 236.

l'expérience » incompatible avec l'existence de structures permettant d'assurer l'intersubjectivité des propositions scientifiques. Bien au contraire, ce serait justement en tant qu'il met au jour de telles structures qu'un tel système conquiert son unité et sa cohésion. C'est ici que la vision de la science comme processus de « dé-anthropomorphisation », commune à ces deux philosophes, prend toute sa signification, en convergeant vers ce que j'appelle un « structuralisme mathématisé ».

La première fois où Bertalanffy engagea dans cette direction son interprétation de ce processus fut en 1937, dans une discussion destinée à récuser le relativisme de Uexküll alors même qu'il venait de défendre le principe de « relativité biologique des catégories » – il y critiquait aussi implicitement les conceptions de Dingler sur « l'effondrement de la science » :

Il me semble devoir néanmoins contredire une idée de Uexküll. Selon lui, le monde humain constitue lui aussi l'un des innombrables milieux, qui ne se distingue pas particulièrement des autres ; même le monde de la physique, des atomes et des électrons jusqu'aux galaxies, serait un produit purement humain, qui dépend de l'organisation psychophysique de l'homme¹. On a avec raison objecté que les propres recherches de Uexküll réfutent cette conception [...] Mais à cette objection s'en ajoute une autre. C'est un trait de caractère essentiel de la science qu'elle se dé-anthropomorphise progressivement, i.e. qu'elle élimine toujours plus les moments [cognitifs] issus des sens humains [...] On voit avec l'édifice théorique de la physique moderne que tout ce qui est propre à notre intuition est progressivement éliminé et qu'*il ne reste plus en définitive qu'un système de relations purement mathématiques*. On a souvent fait comme reproche à la physique moderne qu'elle se transforme en un système mathématique se dissociant toujours plus de toute intuition. Pourtant, ce moment constitue précisément une preuve que la physique se libère de nos sens spécifiquement humains, et c'est un gage de ce que ce système, pour autant qu'il soit dans son état achevé, *n'appartient plus au « milieu » humain et a une validité universelle*².

Bertalanffy fut remarquablement constant dans cette vision, qu'il réitéra bien des années plus tard chaque fois qu'il discuta la signification de son perspectivisme. Ce qu'il fit notamment en attaquant les thèses « physicalistes » à leur base :

Le physicalisme est correct en ce qu'il prétend qu'il n'y a pas de place dans les sciences empiriques pour les termes ou propositions qui ne sont pas susceptibles d'être référés à des observations, exprimables avec des prédicats observationnels [...] Mais c'est une question tout-à-fait différente de savoir si des termes et lois scientifiques peuvent être constitués de cette manière. Et la réponse est de la manière la plus nette négative [...] On ne peut construire le concept d'atome en physique ou de gène en biologie en partant de prédicats observationnels pour la simple raison que de tels prédicats ne sont pas applicables [...] Au contraire, la physique élimine progressivement tous les prédicats connectés à l'observation directe et qui sont donc déterminés par l'organisation psychophysique spécifique de l'homme [...] Sous sa forme achevée, si tant est qu'elle puisse être atteinte, la physique n'appartient plus au monde humain : sa validité est universelle³.

Bertalanffy distingua en 1955 trois « lignes majeures » dans le processus de « dé-anthropomorphisation »⁴, dont j'ai déjà dit qu'il attribuait sa possibilité à la « magie de l'algorithme » (i.e. à la « générativité » des systèmes symboliques). La première serait que la physique, après avoir nécessairement commencé sur la base de l'expérience sensorielle et érigé sur elle divers domaines d'étude spécialisés tels que l'optique, l'acoustique et la théorie de la chaleur, a fusionné ces domaines en de nouveaux domaines qui n'ont « plus rien de 'visualisable' ou d' 'intuitif' » tels que la théorie électromagnétique ou la thermodynamique statistique. Bertalanffy liait cette évolution à l'invention d'« organes artificiels des sens » et à la « substitution de l'instrument d'enregistrement à l'observateur humain », qui permettraient de « transgresser l'expérience quotidienne » en « étendant l'observable » et par là-même « l'univers de l'expérience ». Ici, Bertalanffy paraphrasait Planck, qui avait dès 1929 mis en évidence cet aspect de la « vision du monde de la nouvelle physique », dans un article qu'il connaissait certainement⁵. La seconde « ligne » distinguée par Bertalanffy, sur laquelle je vais revenir

¹ Sur cette thèse spécifique de Uexküll, voir Harrington A. (1996), pp. 45-46.

² Bertalanffy L. von (1937b), pp. 156-157. Les italiques me sont propres.

³ Bertalanffy L. von (1953a), p. 236.

⁴ Bertalanffy L. von (1955b), pp. 258-259.

⁵ Planck M. (1929b), en particulier p. 211, où Planck souligne que la vision du monde a « de manière continue perdu dans une mesure toujours plus grande son caractère intuitif et pris des formes toujours plus abstraites ». Bertalanffy cita Planck M. (1929a) dans (1932b) et s'y référa dans sa bibliographie sans toutefois se référer à Planck M. (1929b), mais les deux articles figurent dans le même numéro.

plus en détail, était ce qu'il appelait à la suite de Bavinck la « convergence de la recherche », c'est-à-dire la détermination toujours plus fine de « constantes universelles » par des voies logiquement indépendantes. La troisième « ligne », enfin, était qu'après avoir éliminé dans sa période « classique » les qualités « secondaires » telles que la couleur et le goût de son image du monde au motif qu'elles sont des spécificités liées aux sens proprement humains, la physique moderne aurait éliminé à leur tour comme « trop humaines » non seulement les qualités « primaires » telles que la masse et l'extension, mais même les cadres euclidien et newtonien de sa conception de l'espace et du temps qui, bien qu'ils se distinguent déjà de l'expérience directe, avaient au moins avec elle un lien intuitif.

La « convergence de la recherche » avait selon Bertalanffy une connexion intime avec la première « ligne » de « dé-anthropomorphisation », dans la mesure où ce fut largement par le biais des « constantes universelles » que s'était opéré le processus d'unification des domaines de la physique. Il y avait là une signification profonde pour son perspectivisme, et il est remarquable que Cassirer ait lui aussi insisté sur cet aspect en 1929. D'autant plus qu'il le fit dans le prolongement de son interprétation essentiellement structuraliste, discutée aux 2-1-2-5 et 2-1-2-6, du processus d'objectivation en tant que constitution de systèmes de relations en objets servant de points de départ successifs à la constitution de systèmes d'ordre supérieur. En effet, cette logique si manifestement à l'œuvre dans l'édification des mathématiques modernes (songeons par exemple à l'analyse fonctionnelle) l'était tout autant pour Cassirer dans les sciences physiques, qui montraient à ses yeux le spectacle d'une organisation de plus en plus intégrée de l'expérience au sein d'un même système symbolique ; une intégration qui irait de pair avec une emprise accrue sur les phénomènes :

Le nombre fonctionne pour ainsi dire comme le milieu abstrait dans lequel les divers domaines des sens se rejoignent et perdent leur hétérogénéité spécifique [...] [La constante universelle] jette un pont entre les propriétés sensibles hétérogènes, instaurant une homogénéité de l'« essence » physique [...] L'identité à laquelle la physique théorique aspire, ce n'est pas celle de la « cause première », substantielle des phénomènes, mais celle de leur exposition mathématique, et donc de leur représentation symbolique. Par conséquent, plus son système de signes se perfectionne, mieux elle parvient à embrasser complètement la totalité des phénomènes grâce à ce système et à assigner à chaque phénomène particulier sa place déterminée en lui, et plus loin elle s'avance sur la voie d'« explication » qui lui est propre¹.

Chaque « constante universelle » incarnerait une convergence de perspectives. Elle serait le terme d'un processus d'objectivation qui définit en fin de compte la logique même du perspectivisme. Et c'est précisément en cela que ce dernier, aux antipodes de tout relativisme, constituerait la condition de l'objectivité :

Chaque degré supérieur de l'objectivation délimite le précédent ; mais loin de l'annuler par cette limitation il le comprend au contraire et l'incorpore dans sa propre perspective. Le but poursuivi ici consiste justement à faire de plus en plus « abstraction » de la *particularité* du point de vue, à exclure progressivement tout ce qui appartient moins à l'objet même qu'à la perspective contingente dans laquelle on l'envisage².

Cassirer put de la sorte fixer le sens d'une objectivité qui se construit indéfiniment par la mise au jour d'invariants relationnels et qui n'est donc plus définie par la « substantialité », mais par la « fonctionnalité » ; telle était la signification ultime des « constantes universelles » :

À la question de savoir en quoi consiste la véritable « objectivité » de la nature, le physicien moderne ne peut répondre qu'en mentionnant les « constantes universelles » [...] La voie de l'objectivation physique des phénomènes consiste dans l'ascension qui mène des simples constantes matérielles, de la particularité des unités de choses à la généralité d'unités compréhensives de lois [...] La « permanence » véritable et définitive ne peut plus s'attribuer à une existence étalée dans l'espace et dans le temps, mais seulement aux grandeurs et aux rapports de grandeurs qui forment les constantes universelles de toute description du devenir physique. *C'est l'invariance de tels rapports*, et non l'existence de quelconques êtres individuels, *qui constitue la couche ultime de l'objectivité*³.

¹ Cassirer E. (1929, 1972b), pp. 484-485.

² *op. cit.*, p. 525.

³ *op. cit.*, p. 492 et p. 521. Les italiques me sont propres.

Il est parfaitement légitime à cet égard de considérer Cassirer comme l'un des principaux fondateurs du structuralisme, un mouvement de pensée alors naissant avec lequel il explicita d'ailleurs à la fin de sa vie sa pleine convergence¹. Il anticipa en effet ceux qui, de Piaget et Lévi-Strauss à Noam Chomsky, engagèrent leurs travaux psychologiques, anthropologiques ou linguistiques dans la voie de la recherche des invariants relationnels sous-jacents aux relativités culturelles et cognitives². Ces considérations de Cassirer répondaient bien à un souci de lutter contre la tendance au relativisme épistémologique suscitée par l'ébranlement de la physique classique ; à l'adhésion sans réserve à un réalisme critique près, elles rejoignaient d'ailleurs celles de Planck, qui partageait le même souci. Dans le contexte d'une critique de Mach dont il est clair qu'elle visait le « complémentarisme » de Bohr et Heisenberg en dénonçant ce qu'il jugeait être ses excès « positivistes », Planck écrivit par exemple la même année, dans un article dont Bertalanffy cita un autre passage :

On ne doit selon moi pas viser au-delà de la cible en se repliant sur le point de vue positiviste et en laissant tomber le postulat d'une réalité située derrière le monde phénoménal et qui en est indépendante [...] Les constantes universelles de la nature sont en définitive les signes les plus tangibles de l'existence d'un monde réel³.

On trouve justement très tôt chez le Viennois des réflexions orientées en ce sens. Il souligna ainsi dès 1932 que seules les relations mathématiques permettant de définir un électron, non son « essence », sont pertinentes pour le physicien⁴ ; mais aussi et surtout, avec ici une influence explicite de Bavinck⁵, l'importance « décisive » de « l'unification colossale atteinte dans la pensée physique moderne », où le nombre des postulats fondamentaux, des « substances » et des lois fondamentales serait devenu « minuscule », et où les « éléments fondamentaux » à partir desquels l'ensemble du monde physique peut être reconstruit se limiteraient aux « constantes universelles » et aux lois déterminant leurs relations⁶. Il semble même légitime de voir se profiler la conception cassirérienne du processus d'objectivation lorsque Bertalanffy s'opposa dans le même essai au pessimisme de Spengler, en affirmant croire « contre la prophétie du déclin de la science » que celle-ci sort de chacune de ses crises sous « une forme nouvelle et plus achevée »⁷. Mais c'est en 1934, dans la construction de sa théorie mathématique de la croissance organique, qu'une compréhension perspectiviste de ce processus fut non pas explicitée du point de vue philosophique, mais directement actualisée dans sa démarche épistémologique. La physique lui fournit là encore un modèle :

En physique, ce qui vaut toujours comme la plus forte vérification d'une théorie est que des conséquences mathématiques-déductives s'en laissent déduire, qui peuvent être corroborées par des domaines de recherche et des méthodes très divers.

Et c'est « quelque chose de semblable » qu'il prétendait déjà avoir « atteint dans le domaine biologique »⁸. L'une des premières phases de la construction de sa théorie de la croissance (étudiée au 2-5-1) était une modélisation mathématique de ce phénomène introduisant deux « constantes métaboliques ». L'important ici est que Bertalanffy estimait qu'elles n'avaient aucune signification objective, qu'elles restaient de simples moments d'une perspective modélisatrice particulière et non des éléments d'une théorie à proprement parler, tant que n'avait pas été démontrée la possibilité d'en déterminer empiriquement des valeurs identiques (ou très voisines) à partir d'approches indépendantes de la modélisation qui les avait introduites. Il ne s'agissait pas pour lui de se limiter, dans une optique « phénoménaliste », à décrire aussi précisément que possible le phénomène étudié, mais bien d'en mettre à nu certaines caractéristiques structurales – en l'occurrence des relations entre processus « anaboliques » et « cataboliques ». Ainsi écrivit-il au début de son article fondateur :

¹ C'est le point de vue de Jean Starobinski, qui me paraît tout-à-fait justifié. Sur pour ces aspects, voir Pouget J.M. (2003), pp. 283-293.

² Lévi-Strauss C. (1958). Piaget J. (1968), notamment pp. 68-78 sur Chomsky.

³ Planck M. (1929a), p. 17.

⁴ Bertalanffy L. von (1932a), p. 70.

⁵ Bavinck B. (1913, 1949), pp. 194-248 en particulier.

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 104-105.

⁷ *op. cit.*, p. 4.

⁸ Bertalanffy L. von (1934a), p. 645.

Nous voulons tendre à démontrer directement la correction de notre théorie. Et c'est possible au sens où les constantes [métaboliques] peuvent être calculées directement par des expériences physiologiques¹.

Et lorsqu'il acheva cet article, ce fut avec le sentiment d'avoir déjà atteint cet objectif :

Les constantes [métaboliques] ne sont pas seulement des grandeurs mathématiquement construites, mais des réalités physiologiques ; leur identité établie à partir de moyens très différents est une preuve de la correction de la théorie².

Huit ans plus tard, après qu'il eût approfondi cette théorie, ce sont les mêmes arguments qu'il mit plus systématiquement en avant afin d'explicitier ses fondements épistémologiques :

Pour fournir la preuve que nous avons vraiment saisi [avec nos équations de croissance] ce qui est sous-jacent au phénomène [de croissance organique globale], nous devons procéder de deux manières. Nous devons d'abord tendre à démontrer la réalité des causes hypothétiques du processus³ et le faire par des voies qui sont indépendantes de la représentation mathématique du phénomène étudié [...] Mais deuxièmement, la preuve la plus importante de la correction de la théorie consiste à parvenir à en déduire des conséquences directement testables en nombre aussi grand que possible et en particulier à vérifier directement à partir d'elles la concordance du calcul des constantes [métaboliques] par des expériences indépendantes [...] Nous devons tendre à vérifier le calcul de ces constantes obtenu par un protocole expérimental déterminé par un autre protocole expérimental indépendant. Y parvenir, c'est atteindre la preuve incontestable de la correction de la théorie⁴.

Il remarqua d'ailleurs beaucoup plus généralement quelques années plus tard que

c'est en réalité l'une des occupations les plus importantes des sciences de la nature que de *vérifier ses découvertes par des voies mutuellement indépendantes*⁵.

Bertalanffy avait en fait dès 1937, dans le prolongement de ses commentaires cités plus haut connectés à sa critique de Uexküll, formulé une réflexion qui montre combien son perspectivisme s'était alors déjà engagé dans une compréhension structuraliste du principe d'objectivité rejoignant celle de Cassirer. Cette réflexion marque un pas décisif : le concept d'isomorphisme, au sens qu'il lui donna dans son projet « systémologique », y apparaît simultanément dégagé – quelques mois avant que le Viennois n'expose ce projet à Chicago. Il faut remarquer que Rapoport a ultérieurement très bien formulé la connexion qui s'y opérait :

La vision philosophique affirmant que toute connaissance est une connaissance de structure sous-tend la tendance de la systémologie générale qui met à son fondement l'isomorphisme mathématique⁶.

Bertalanffy affirma en effet dans *Das Gefüge des Lebens* (1937) que quand bien même d'autres physiques, créées par des êtres non humains, sont en principe concevables, le fait qu'elles utiliseraient des systèmes symboliques différents n'amoindrirait pas la valeur et l'objectivité de leurs résultats respectifs, car pourvu qu'elles aient toutes atteint le stade d'une représentation purement mathématique et pertinente des phénomènes, il existerait alors nécessairement une correspondance structurale entre ces représentations qui constitue l'expression même de leur objectivité – sous-entendu, ce qu'il précisera par la suite : puisqu'elle signifie l'existence d'invariants structuraux. Il remarqua de plus, rejoignant là encore Cassirer, que c'est donc justement dans la mesure où le processus d'objectivation correspond à l'édification d'un système de relations purement mathématiques que la science conquiert grâce à elles son emprise sur les phénomènes – une illustration supplémentaire du principe selon lequel tout savoir authentique procède d'une mise à distance du « réel » :

Le développement historique de la physique dépend de la constitution psychophysique de ses créateurs [...] Mais de même que nous avons découvert les rayons X alors qu'ils ne font pas partie

¹ *op. cit.*, p. 619.

² *op. cit.*, p. 651.

³ Comme nous le verrons, Bertalanffy référerait ici à l'antagonisme entre processus anaboliques et cataboliques.

⁴ Bertalanffy L. von (1942), p. 236.

⁵ Bertalanffy L. von (1955b), p. 259. Les italiques me sont propres.

⁶ Rapoport A. (1972a), p. 49.

de la lumière qui nous est visible, des êtres habitant par exemple Sirius qui ne percevraient que des rayons X découvrirait à l'aide des appareils adéquats les processus ondulatoires qui correspondent pour nous à de la lumière visible. De surcroît, ces « Sirusiens » calculeraient et théoriserait certainement avec des symboles tout autres que les nôtres. Mais comme le système de la physique dans son état achevé représente un *système de relations purement mathématiques ne contenant « plus rien d'humain »* et que l'analogie vaudrait pour toute autre physique, ces physiques, différentes dans leurs modes d'expression et leurs symboles, affirmeraient la même chose, c'est-à-dire que l'on pourrait, à l'aide d'un « dictionnaire » adéquat, *traduire les relations mathématiques de l'une de ces physiques en celles d'une autre*. Mais c'est précisément par son détachement de l'intuition que ce système de relations mathématiques embrasse tout le domaine de l'expérience et permet la domination technique de la nature, telle que le monde moderne en porte l'empreinte¹.

Reprenant cette même fiction des « Sirusiens » en 1955, Bertalanffy chercha à en illustrer la pertinence, le caractère selon lui « non tout-à-fait utopique » en considérant les relations entre thermodynamique classique, thermodynamique statistique et théorie mathématique de l'information. Quoiqu'on puisse juger de la légitimité de cette illustration (contestable en ce qui concerne la théorie de l'information, j'y reviendrai au 3-3-1), elle a le mérite ici de démontrer que c'est bien au cœur du perspectivisme de Bertalanffy qu'est né son concept d'isomorphisme en tant que correspondance structurale entre édifices conceptuels ; sa gestation eut en fait lieu entre 1926 et 1937, ce qui légitime ma décision de n'aborder sa « systémologie » qu'après avoir élucidé la nature de son perspectivisme :

La thermodynamique classique et la statistique moléculaire sont des « langages » différents utilisant des abstractions et symbolismes mathématiques différents, mais les propositions de l'une de ces théories peuvent facilement être traduites dans celles de l'autre. Il y a même des illustrations contemporaines ; la thermodynamique et la théorie moderne de l'information sont évidemment des *systèmes isomorphes*, et l'élaboration d'un « dictionnaire » complet pour la traduction est en cours².

Quant à sa réflexion sur la signification des « constantes universelles », elle aboutit après-guerre exactement au même point que celle de Cassirer. Elle achève de manière décisive de montrer à quel point son perspectivisme différait des positions de philosophes comme Nietzsche et Mach, et combien il serait erroné de l'interpréter comme un relativisme :

Il n'est pas possible de ne concevoir [les constantes universelles] que comme de simples conventions destinées à décrire économiquement les phénomènes ; elles représentent *certain aspects de la réalité, indépendants des biais biologiques, théoriques ou culturels*³.

Son identification du processus d'objectivation à la mise au jour d'invariants relationnels n'était du reste pas moins explicite et vigoureuse. Mais le fait que l'on retrouve là un écho de la thèse de Bavinck identifiant la « substance » aux « constantes universelles »⁴, une thèse qu'il connaissait dès le début des années 1930, montre bien une fois encore qu'il n'y avait là jamais là qu'un aboutissement d'idées très anciennes chez lui :

Ne demeure ultimement en physique qu'un « quelque chose », *certain aspects structuraux descriptibles en termes mathématiques*. La seule « substance » (i.e. entité persistante) qui reste est constituée par *certain invariants exprimés dans des lois de conservation hautement abstraites* [...] Sous sa forme dé-anthropomorphisée, la science est une construction conceptuelle représentant certaines relations formelles ou structurales d'une inconnue X donnée⁵.

*La science s'intéresse à l'invariant s'exprimant de différentes manières*⁶.

Rapport a très efficacement résumé la logique de ce « structuralisme mathématisé » auquel Bertalanffy et Cassirer aboutirent, lorsqu'il écrivit que « les seules descriptions objectives

¹ Bertalanffy L. von (1937b), p. 157. Les italiques me sont propres. Voir aussi (1953a), pp. 235-236.

² Bertalanffy L. von (1955b), p. 255. Les italiques me sont propres. Bertalanffy référerait bien sûr à la thermodynamique *statistique*.

³ Bertalanffy L. von (1955b), p. 258. Les italiques me sont propres.

⁴ Bavinck B. (1913, 1949), pp. 194-218. Bavinck s'inspirait à cet égard très largement d'Eddington, Weyl et Jeans, déjà évoqués en partie 1.

⁵ Bertalanffy L. von (1967a), p. 96 et p. 98. Les italiques me sont propres.

⁶ Bertalanffy L. von (1953a), p. 236. Les italiques me sont propres.

d'événements et de relations entre eux sont les descriptions structurales » tout en s'empressant d'ajouter que « le langage de la structure est celui des mathématiques »¹.

2-1-3-12 – *Idéalisme néo-criticiste ou réalisme structural ?* *Des limites et de la dignité de la connaissance humaine*

Les positions perspectivistes de Bertalanffy et Cassirer présentent une nette similitude avec celle de Poincaré, dont le bien mal nommé « conventionnalisme »² ne devrait pas masquer un « réalisme structural »³. Pour Poincaré, les équations des théories physiques « expriment des rapports ». Qu'elles conservent leur valeur malgré les changements de théories tenait selon lui à ce « que ces rapports conservent leur réalité », indépendamment des « images » que nous sommes contraints de substituer aux objets réels « que la nature nous cachera éternellement ». Telle serait d'ailleurs la raison pour laquelle plusieurs théories peuvent être simultanément « vraies » : il suffirait qu'elles mettent en évidence un rapport vrai ». Poincaré cita en exemple la transition de la théorie de Fresnel de la lumière, qui avait attribué celle-ci au mouvement de l'« éther », à la théorie des champs électromagnétiques de Maxwell, qui s'était dispensée d'une telle substance : la seconde se substitua à la première sans pour autant invalider ses équations⁴. On pourrait tout aussi bien prendre comme exemple la transition de la théorie newtonienne de la gravitation à celle d'Einstein (qui restreignait le domaine de validité des équations de la première), ou la correspondance entre la « mécanique ondulatoire » de Schrödinger et la « mécanique matricielle » de Heisenberg, peut-être plus frappante encore. L'idée fondamentale du « réalisme structural » soutenu par Poincaré et plus tard par Weyl et Eddington (qui furent justement des références de Bertalanffy et Cassirer), était que la science n'a en dernière analyse pour visée que la structure du « réel », c'est-à-dire les relations « réelles » entre entités observables et non la « nature » de ces entités ; que l'objectivité s'identifie à un « système de relations » conçues par « l'esprit » sans prétention à saisir la « nature des choses » ; et donc que seule la *structure* des théories scientifiques possède une objectivité et correspond à quelque chose de « réel », la relative continuité entre théories d'un même groupe de phénomènes dans l'histoire des sciences tenant à l'existence d'une correspondance structurale au moins partielle entre elles⁵.

Il a toutefois été remarqué que ce « réalisme structural » verse très vite dans un « idéalisme transcendantal », dès lors que celui qui le soutient considère de surcroît que les structures en question correspondent en fait à celles de notre esprit⁶. Les thèses avancées par Bertalanffy et Cassirer sont une illustration de la pertinence de cette remarque, à ceci près, et la nuance est essentielle, qu'un idéalisme néo-criticiste peut fort bien être une position alternative à l'idéalisme transcendantal dans laquelle cette apparente opposition se dissout par le fait même de la « mise en mouvement » du criticisme. Tel est justement l'intérêt « stratégique » des moments évolutionniste et génétique du perspectivisme de Bertalanffy, qui lui permirent d'ailleurs à mon sens d'atteindre en principe une plus grande cohérence que celui de Cassirer, en dépit de son manque de systématisation. Ces moments privèrent en effet de « substance » la dualité entre les structures de « l'esprit » et celles du « réel » ; ils la réduisirent à un faux-problème, et ce plus clairement et radicalement que la « philosophie des formes symboliques ». Il semble en tous cas impossible de parler sans reste de « réalisme » dans le cadre des perspectivismes de Cassirer et de Bertalanffy ; ceux-ci restaient malgré tout en dernière analyse des idéalismes néo-criticistes dans la mesure où ils persistaient à ne pas concevoir le « réel » séparément de l'activité constructive du sujet connaissant. Bertalanffy, qui rejoignit en 1943 Jordan sur l'idée que « le monde extérieur objectif est une construction conceptuelle », écrivit encore un quart de siècle plus tard :

Il n'existe aucun « événement » indépendant de « concepts », qui serait passivement reflété par ces derniers. Tout ce qui est ultimement donné, c'est l'univers phénoménal [*phenomenal universe*] ou monde de l'expérience directe (*l'Urerlebnis*, pour reprendre le terme de mon vieux maître

¹ Rapoport A. (1969a), p. 185. Voir aussi (1972a), pp. 48-49.

² C'est de manière à mon avis très judicieuse que Lalande A. ((1926, 2002), p. 188) proposa de considérer que ce que Poincaré appelait « convention » était en fait un « choix décisive ».

³ La convergence entre Poincaré et Cassirer, et à cet égard « entre le néo-criticisme marbourgeois et la philosophie des sciences française », a bien été mise en évidence par Ferrari M. (2001), p. 155 :

⁴ Poincaré H. (1902, 1968), pp. 173-178.

⁵ Voir Poincaré H. (1908), in Ferrari M. (2001), p. 155 ; Zwirn H. (2000), pp. 302-303 et Ryckman T.A. (2003), p. 76.

⁶ Zwirn H. (2000), p. 305.

Reininger) qui, d'une manière ou d'une autre, est organisé par des « concepts » ou catégories de la connaissance humaine¹.

Il faut remarquer que Bertalanffy, dans les citations relevées plus haut, ne parla jamais de *la* structure du « réel », mais seulement de *certain*s aspects structuraux du « réel ». La nuance importe, car son idée sous-jacente était que même les invariants relationnels déterminés au cours du processus d'objectivation demeurent des constructions perspectivistes, cette fois au sens où ils restent relatifs à certains choix spécifiques d'étude du monde phénoménal :

Si en un sens le système de la physique dans son état idéal, qui ne peut être approché qu'asymptotiquement, est absolu, nous ne devons toutefois pas oublier un autre aspect, qui est d'une certaine manière antithétique. *Les traits de la réalité que nous appréhendons dans notre système théorique sont arbitraires au sens épistémologique*, et déterminés par des facteurs biologiques, culturels et probablement linguistiques [...] Il serait parfaitement possible que des êtres rationnels d'une autre structure que la nôtre choisissent des traits et aspects tout-à-fait différents du réel pour construire des systèmes théoriques [...] Par un processus de dé-anthropomorphisation, le système de la physique approche une représentation de certains aspects relationnels de la réalité. Il est essentiellement un algorithme symbolique adapté à cet objectif. Néanmoins, *le choix des symbolismes que nous appliquons, et en conséquence les aspects du réel que nous représentons, dépendent de facteurs biologiques et culturels* [...] Des types fondamentalement différents de « science » pourraient donc être possibles, qui représenteraient d'autres aspects de la réalité, aussi bien voire mieux que ne le fait notre soit disant image scientifique du monde².

On ne saurait mieux dire que le perspectivisme – comme l'avait vu Nietzsche à sa manière – constitue malgré tout une condition irréductible de la connaissance humaine. La « magie de l'algorithme » ne saurait pour Bertalanffy se déployer qu'à partir de perspectives particulières, dont la seule nécessité est le caractère biologiquement et culturellement situé du sujet connaissant. Le processus d'objectivation ne saurait donc mettre au jour que des structures d'une « réalité inconnue », « vues à travers des lunettes catégoriales » spécifiques³. Arthur Koestler, qui peut être tenu pour un disciple de Bertalanffy tant il s'y réfère sans réserve, conclut justement le premier volet de son « histoire de la pensée » par cette même « leçon » :

La manipulation, d'après des règles logiques strictes, d'un jeu de symboles représentant un unique aspect des phénomènes peut produire des prédictions correctes, vérifiables, et cependant ignorer complètement tous les autres aspects dont l'ensemble constitue le réel⁴.

Heisenberg ne disait pas autre chose lorsqu'il affirma que « toute connaissance du 'réel' est incomplète en soi »⁵. Telle est d'ailleurs la raison profonde pour laquelle Bertalanffy, contre tout positivisme, accorda toujours autant de dignité à la métaphysique qu'à la science, voyant dans la première une source de fertilisation de la seconde ; une raison que Langer formula plus limpide que lui, et il n'est bien sûr pas anodin qu'elle le fit dans le prolongement des critiques par son maître Whitehead de l'épuisement du paradigme « mécaniciste » :

La fin d'une époque philosophique advient avec l'épuisement de ses concepts moteurs. Lorsque toutes les questions qui peuvent être formulées en ses termes ont été exploitées, ne demeurent que les problèmes qui sont parfois péjorativement qualifiés de « métaphysiques » – des problèmes insolubles dont la formulation même recèle un paradoxe⁶.

Bertalanffy aurait d'ailleurs sans doute acquiescé à l'idée formulée en 1978 par le philosophe allemand Herbert Stachowiak, selon qui ce sont en fait essentiellement des conventions qui décident de la qualification d'une théorie comme « empirique » ou « métaphysique »⁷.

¹ Bertalanffy L. von (1966b), p. 133 (déjà cité au 2-1-2-2). Voir aussi (1943b), p. 24.

² Bertalanffy L. von (1955b), pp. 260-262. Les italiques me sont propres.

³ Bertalanffy L. von (1967a), p. 96.

⁴ Koestler A. (1959, 1985), p. 518.

⁵ Heisenberg W. (1961), p. 165.

⁶ Langer S.K. (1942, 1963), p. 9. Voir aussi Bertalanffy L. von (1932a), pp 70-71 et p. 73, où une interprétation très voisine de la métaphysique est esquissée.

⁷ Stachowiak H. (1978), p. 58.

Ainsi le « réalisme structural » se retrouva-t-il réduit à un moment du perspectivisme de Bertalanffy, circonscrit par l'intentionnalité de tout acte cognitif et le cadre d'une compréhension essentiellement relationnelle, systémique, de la « réalité ». C'est pourquoi le concept d'isomorphisme référerait non chez lui à une correspondance entre des structures « en soi », mais à une correspondance formelle entre constructions conceptuelles médiatisée par des structures cognitives elles-mêmes développées en relation avec l'« entourage » et les « milieux » humains – un développement qui garantissait selon lui au moins la possibilité de « restituer certains traits d'ordre du réel dans des formes conceptuelles d'ordre »¹ :

Ce qu'est ultimement la réalité n'est pas une question pertinente pour la science, qui n'est concernée que par *certaines aspects structuraux sélectionnés* de son comportement. Mais *il n'y a pas* non plus de fossé entre la réalité et nos concepts de la réalité ; la réalité est ce que nous en faisons pour accomplir nos objectifs humains limités, et elle est inextricablement fondue [*interfused*] non seulement à l'acte d'observation, mais aussi à la conceptualisation. Le mieux que nous puissions atteindre est *non une copie de la réalité* dans la connaissance mais une *projection*, pour ainsi dire dans les coordonnées des catégories humaines, de certains de ses aspects, qui se trouve *isomorphe eu égard à des propriétés formelles générales et limitées*².

Comme Rickert l'avait écrit, « si petites que soient les arcades qui les soutiennent, nous ne pouvons à l'aide des concepts que jeter des ponts sur le fleuve de la réalité »³. Bertalanffy put dès lors synthétiser tous les moments de son perspectivisme en une formule que tout ce chapitre a en fin de compte consisté à développer et interpréter. Une formule dont on ne s'étonnera plus qu'elle ait été placée sous l'égide du Cusain :

Les catégories de notre expérience et de notre pensée apparaissent déterminées par des facteurs biologiques et culturels. Deuxièmement, ce lien humain est défait [*stripped*] par un processus de dé-anthropomorphisation de notre image du monde. Troisièmement, bien qu'elle soit dé-anthropomorphisée, la connaissance ne reflète que certains aspects ou facettes de la réalité. Quatrièmement néanmoins, *ex omnibus partibus relucet totum*, pour reprendre une fois encore l'expression du Cusain : chacun de ces aspects a une vérité, bien que relative. Ceci semble indiquer aussi bien les limites que la dignité de la connaissance humaine⁴.

¹ Bertalanffy L. von (1945), p. 4.

² Bertalanffy L. von (1966b), p. 136. Les italiques me sont propres.

³ Rickert H. (1926, 1997), p. 62.

⁴ Bertalanffy L. von (1955b), p. 262.

2-2 – Les expressions du perspectivisme de Bertalanffy dans sa philosophie des sciences et son concept de « système »

Comment le perspectivisme de Bertalanffy, en tant que philosophie générale de la connaissance, a-t-il informé sa philosophie des sciences et les fondements de son épistémologie ? Il va s'agir dans ce chapitre de répondre à cette question, une réponse que je juge essentielle pour la compréhension de son projet « systémologique ». Là encore, il me faudra parcourir l'ensemble de l'œuvre de Bertalanffy afin de mettre en évidence ses conceptions ; et ce non pas parce qu'elles naquirent tardivement (la brève évocation de sa théorie de la croissance organique m'a déjà permis de suggérer qu'elles opéraient dès les années 1930), mais parce qu'elles ne furent que progressivement élaborées et explicitées.

2-2-1 – La promotion de la pensée théorique dans un cadre perspectiviste

C'est dans la compréhension de la nature et des vocations de la pensée scientifique, des rapports entre les concepts de théorie, de modèle et de modélisation que s'incarna de manière décisive son perspectivisme. Mais si les premiers aspects furent largement développés par Bertalanffy dès la fin des années 1920 et très systématiquement en 1932, ce n'est qu'après-guerre que sa réflexion sur les concepts de modèle et de modélisation s'organisa, dans un contexte favorable à cet égard (ne serait-ce que du point de vue sémantique) puisque marqué par de multiples et durables débats épistémologiques à ce sujet, suscités par l'émergence de nouvelles formes de pensée et de pratiques scientifiques. Cette réflexion fera l'objet de la seconde section de ce chapitre. Il est toutefois utile de dire d'emblée, parce que cela justifie une nouvelle fois le trait non chronologique de mon approche, que la manière dont Bertalanffy appréhenda les concepts en question ne consista guère qu'à formuler dans un langage relativement nouveau et devenu à la mode (« modèle », « modélisation ») des conceptions en fait pour l'essentiel très tôt présentes chez lui, liées en particulier à l'influence de la philosophie fictionnaliste de Vaihinger. Cette section va justement être consacrée à l'examen des enracinements de ce que j'appellerai plus tard le « modélisme » de Bertalanffy dans ses réflexions précoces au sujet de la nécessité, de la nature et du rôle de la pensée théorique dans toute activité scientifique.

2-2-1-1 – Nécessité de la pensée théorique et d'un rejet de l'empirisme dogmatique

Dès ses premières publications postérieures à sa thèse, et ce particulièrement entre 1927 et 1932, Bertalanffy voua une part considérable de ses réflexions à la justification d'approches théoriques dignes de ce nom en biologie. Leurs conséquences pour sa philosophie de la biologie proprement dite seront examinées au 2-3 : il s'agira ici d'en dégager les thèses générales, que nous retrouverons par la suite aux fondements de ses travaux philosophico-scientifiques, par-delà même le domaine particulier de la biologie.

La première d'entre elles, connectée à son idéalisme critique et à son constructivisme, était celle de l'impuissance, de la stérilité et même des dangers d'une attitude purement empiriste qui, selon lui, surestime les rôles de l'expérimentation et de l'induction :

Il faut admettre la nécessité de la pensée théorique aux côtés de la recherche expérimentale spécialisée, de l'empirisme et de l'induction. Aucune science ne saurait être fondée et progresser sur la base de l'expérimentation et de l'induction seules¹.

Bertalanffy tira la plupart de ses arguments de ses lectures de Schaxel, Dingler et Woodger. Le premier était le constat, tiré de l'observation de l'état de crise contemporain de la biologie, que la collection de matériel empirique, l'accumulation de données expérimentales, bien loin de suffire à l'édification d'une science, ne conduit par elle seule qu'au « chaos des faits et des opinions »². Renchérissant en 1932 sur Schaxel, pour qui « la richesse des faits ne constitue aucune science, pas

¹ Bertalanffy L. von (1927d), p. 660.

² Bertalanffy L. von (1928a), pp. 54-55. Voir aussi Woodger J.H. (1929), p. 1.

même de la nature »¹, Bertalanffy reprit sans en fournir la source une remarque de Poincaré que Woodger avait déjà citée trois ans plus tôt :

L'empiriste oublie qu'une grande abondance de faits collectés ne représente pas plus une science qu'un tas de briques une maison².

Et il ajoutait, signant ainsi comme Schaxel et Woodger sa pleine inscription dans la lignée de l'identification kantienne de la science à « un système, c'est-à-dire un tout de connaissances ordonné par des principes » :

C'est seulement lorsque la profusion est ordonnée, mise en système, soumise à de grands principes et à des lois, que d'un amas d'informations [*Kenntnissen*] advient une science³.

La science n'est pas une simple accumulation de faits ; les informations ne sont converties en connaissances [*Erkenntnissen*] que lorsqu'elles sont intégrées dans un système conceptuel⁴.

Bertalanffy ne se lassait d'ailleurs pas de citer la fameuse maxime de Kant selon laquelle si « des pensées sans contenu sont vides », il ne faut jamais oublier que « des intuitions sans concepts sont aveugles »⁵. Sans doute partageait-il le point de vue du biologiste Max Hartmann qui, s'affiliant au néo-kantisme « marbourgeois », estimait que le pur empirisme ne livre qu'une « multiplicité chaotique de contenus de conscience et de faits individuels » et aboutit au solipsisme et au scepticisme⁶. Sans doute aussi certaines réflexions de Weyl, dans un essai qu'il connaissait bien, ne lui échappèrent-elles pas : le physico-mathématicien y avait en 1927 repris des vues de Hobbes analogues à celles de Vico, selon lesquelles nous ne pouvons atteindre une connaissance certaine que dans les sciences qui construisent leurs objets sur la base de conditions structurales internes au sujet connaissant, et souligné que « le caractère constructif des sciences de la nature » était « devenu évident »⁷.

Un argument souvent avancé à l'époque à l'encontre des ambitions biothéoriques était que la théorie ne peut émerger que lorsque l'on dispose d'assez de matériel empirique. Il s'agissait là selon Bertalanffy d'une erreur tendant à se doubler de celle consistant, comme c'était alors effectivement le cas au moins en biologie, à considérer la théorie comme superflue et à imposer « la conception dominante » selon laquelle « seul le travail expérimental peut prétendre avec droit au titre de la pleine scientificité ». La « collection de faits » et l'expérimentation d'un côté, et la théorie de l'autre, seraient au contraire « des compléments également nécessaires devant se développer symétriquement »⁸. À la suite de Woodger, qui avait souligné que « la continuelle accumulation de données empiriques est pire qu'inutile en l'absence d'interprétation » car aveuglante, et que la science a autant besoin d'« organisateurs » que d'« additionneurs »⁹, Bertalanffy renversa même l'argument. Il invoqua l'histoire de l'astronomie et une remarque de Poincaré à ce sujet (que D'Arcy Thompson s'était lui aussi appropriée), selon laquelle l'abondance de matériel empirique peut en fait se révéler être un obstacle à la théorisation, qui stérilise la recherche :

La supposition selon laquelle la science théorique ne serait possible et nécessaire qu'à un stade avancé de développement et seulement au terme de la connaissance empirique est fautive de part en part ; au contraire, la pensée théorique n'est précisément jamais plus nécessaire qu'au moment où une science cherche à se fonder [...] En dépit d'une somme de données expérimentales impressionnante, on ne connaît aucune loi biologique, alors que l'astronomie, sans la moindre possibilité d'expérimenter, possède la compréhension la plus grandiose des lois de ses objets¹⁰.

¹ Schaxel J. (1919), p. 1.

² Bertalanffy L. von (1932b), p. 2. Voir aussi Woodger J.H. (1929), p. 21.

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 2. Et Kant E. (1786, 1985), p. 364 ; Woodger J.H. (1929), p. 15 : « La science est un corps systématisé de propositions » ; Schaxel J. (1919), p. 52 : « Le sens de toute recherche est la théorie, qui transforme les faits en connaissances ».

⁴ Bertalanffy L. von (1949e), p. 74.

⁵ Kant E. (1789, 1980), p. 812. Voir par exemple Bertalanffy L. von (1928a), p. 95.

⁶ Hartmann M. (1937), p. 7. Voir pp. 8-9 pour son affiliation à l'école néo-kantienne de Marburg.

⁷ Weyl H. (1927, 1949, 1963), p. 151.

⁸ Bertalanffy L. von (1928a), p. 55 ; (1929d), p. 376 ; (1930a), p. 28 et (1932b), pp. 30-33.

⁹ Woodger J.H. (1929), p. 21, p. 45 et p. 318.

¹⁰ Bertalanffy L. von (1928a), p. 56 et p. 95 respectivement.

Si Tycho avait eu des instruments dix fois plus précis, il n'y aurait jamais eu ni Kepler, ni Newton, ni l'Astronomie. C'est un malheur pour une science de prendre naissance trop tard, quand les moyens d'observation sont devenus trop parfaits¹.

Comme Bertalanffy le remarqua, c'est sans même jeter un regard vers le ciel, « dans ses pantoufles et à un bureau », qu'un Leverrier put prédire par le calcul l'existence de Neptune, l'observation n'intervenant qu'ensuite pour corroborer ses prévisions purement théoriques² ; une observation qui n'aurait même pas eu lieu sans ces dernières.

Bertalanffy considérait que la « science empiriste » constitue un mythe méconnaissant tant l'histoire des sciences que la logique de leur constitution. Les tenants de ce mythe, surtout dans une optique phénoménaliste, pouvaient bien arguer d'une très fameuse réflexion de Newton lui-même, formulée à l'issue de l'exposé de sa théorie de la gravitation universelle :

Je n'ai pas été en mesure de déduire des phénomènes la raison des propriétés de la gravité, et je ne feins pas d'hypothèses. Tout ce qui n'est pas déduit des phénomènes doit être qualifié d'hypothèse ; et les hypothèses, qu'elles soient métaphysiques ou physiques, ou fondées sur des qualités occultes ou mécaniques, n'ont aucune place dans la philosophie expérimentale. Dans celle-ci, les propositions sont déduites des phénomènes et généralisées par induction³.

Que Newton ait eu cette compréhension de ses propres travaux n'implique pas qu'ils aient été réellement conformes à son jugement ; et ce, même indépendamment de son penchant bien connu pour l'alchimie. Bertalanffy jugeait que le caractère mythologique de tout empirisme tient d'abord à la raison perspectiviste déjà évoquée qu'il n'y a pas d'« immaculée perception » ; que « l'observation n'est jamais la simple réception d'un existant extérieur »⁴ ; qu'aucune observation ou description n'est donc dépourvue de moment théorique et ne saurait même, dans la mesure où elle est scientifique, se concevoir sans un tel moment. Il put à ce propos citer Schaxel et Woodger à ses débuts, qui avaient largement insisté sur ce point :

En vérité, il n'y a pas de pure description de faits collectés ; au contraire, dans toute description se cache déjà de la théorie et aucune observation ne survient sans problème, le type de réponse dépendant de la problématique posée⁵.

La connaissance à tous les niveaux est le résultat de l'activité intellectuelle [...] Les objets de la perception sont aussi des objets de pensée [...] Les « sensations » ne sont pas le matériel brut que les empiristes supposaient, mais des produits hautement sophistiqués d'analyse⁶.

L'empiriste oublie qu'une science empirique, au premier chef un protocole expérimental fécond, n'est possible que sur la base de conditions théoriques [...] Il n'y a pas de fossé total entre « description » et « théorie », dans la mesure où des moments théoriques tenus pour assurés peuvent entrer dans la « description » [...] L'expérience et la théorie se mêlent dans toute recherche scientifique planifiée⁷.

Et la constance de Bertalanffy fut remarquable, puisqu'il put encore écrire trente ans plus tard, explicitant au passage l'un des motifs de son rejet des positions néo-positivistes :

La science ne se « réduit » pas à des « prédicats d'observation » et à des « énoncés protocolaires », mais à des termes hautement techniques qui ne sont connectés à l'expérience naïve que par le biais d'un formidable engin mathématique et logique [...] Ce qui est appelé « un fait observé » n'est qu'un certain aspect isolé du flux de l'expérience pour certains buts intellectuels déterminés⁸.

Il n'existe pas d'antithèse entre « faits observés » d'un côté et « simple théorie » de l'autre, laquelle serait le produit d'une spéculation et plus ou moins suspecte. En fait, lorsqu'on considère des

¹ Poincaré H. (1902, 1968), p. 189. Bertalanffy (1932b), p. 33 cite ce passage sans le référencer : il n'avait probablement pas lu Poincaré, mais Woodger, qui cita ce dernier dans (1929), p. 318. Cette référence à Poincaré fut reprise, cette fois avec sa source citée, dans Bertalanffy L. von (1949e), p. 75. Voir aussi Thompson D'Arcy W., in Fox Keller E. (2002), p. 75.

² Bertalanffy L. von (1928a), p. 54.

³ Newton I. (1687, 1999), p. 943. Les italiques me sont propres.

⁴ Bertalanffy L. von (1966b), p. 117.

⁵ Schaxel J. (1919), p. 164; aussi cité in Bertalanffy L. von (1932b), p. 35.

⁶ Woodger J.H. (1929), pp. 135-136 et p. 141.

⁷ Bertalanffy L. von (1932b), p. 3 et p. 25.

⁸ Bertalanffy L. von (1960a), pp. 203-204.

données supposées simples dans un champ tel que celui de la biologie du métabolisme, cela prendrait des heures de démêler la quantité énorme de présupposés théoriques nécessaires pour former les concepts [sous-jacents aux expériences], pour arranger des protocoles expérimentaux adéquats et pour créer les machines nécessaires [...] Même les supposés purs faits d'observation sont déjà mêlés à toutes sortes d'images conceptuelles, de concepts modèles, de théories¹.

Un second point souligné par Bertalanffy en connexion avec le précédent était que la prétention empiriste à expurger la science des « hypothèses » constitue un danger majeur. Précisément parce que ceux qui soutiennent une telle position n'explicitent pas les présupposés, y compris et même surtout métaphysiques, dans lesquels leurs recherches s'enracinent inévitablement. Bertalanffy s'inscrivait là encore à la suite de Schaxel, mais aussi de Meyer-Abich et, plus en amont, de Reinke :

Il nous faut tendre vers une recherche sans préjugés, mais la recherche sans présupposés est un non-sens. Chaque préjugé est à moitié inconscient, repose sur des pensées obscures ; alors qu'un présupposé est porté à la pleine conscience par une pensée claire².

L'empiriste louvoie avec grande réserve entre vues nettement exprimées. Il veut apparaître sans parti pris et se maintient pourtant dans la dépendance à des idées reçues, qu'il connaît au mieux de manière indirecte et donc seulement sous une forme affaiblie³.

Toute recherche particulière dans les sciences de la nature contient déjà une somme de philosophie, d'autant plus médiocre que ses représentants se comportent de manière anti-philosophique⁴.

Ceux qui récusent le plus vivement toute « théorie » en biologie sont fréquemment aussi ceux qui subissent le plus fortement le charme de théories métaphysiques qu'ils ne reconnaissent pas en tant que telles [...] Les hypothèses les plus générales des sciences de la nature forment à un domaine dans lequel la recherche épistémologique [*erkenntnistheoretisch*] et l'étude scientifique particulière se laissent difficilement séparer⁵.

Outre un danger, il y avait pour Bertalanffy une aberration épistémologique dans l'« obsession » néo-positiviste, issue d'une tradition qui mène de David Hume⁶ à Wittgenstein⁷ en passant par Comte, de « purifier » définitivement la science de ses éléments métaphysiques (toute métaphysique étant identifiée à une « juxtaposition de mots dépourvue de sens » à abolir)⁸. Une « obsession » dérivée de la réduction du discours pourvu de sens au seul discours scientifique et de celle de la philosophie à une critique du langage, à une activité d'élucidation des propositions scientifiques au moyen de la logique

¹ Bertalanffy L. von (1964d), pp. 5-6.

² Reinke J. (1901), p. XI.

³ Schaxel J. (1919), pp. 2-3 (aussi cité par Bertalanffy (1932b), p. 3 et p. 35).

⁴ Meyer-Abich A. (1927), in Bertalanffy L. von (1932b), p. 7.

⁵ Bertalanffy L. von (1932b), p. 7.

⁶ L'*Enquête sur l'entendement humain* de Hume s'achevait sur ces mots : « Si nous prenons en main un volume quelconque, de théologie ou de métaphysique scholastique, par exemple, demandons-nous : *Contient-il des raisonnements abstraits sur la quantité ou le nombre ? Non. Contient-il des raisonnements expérimentaux sur des questions de fait et d'existence ? Non.* Alors, mettez-le au feu, car il ne contient que sophismes et illusions » : Hume D. (1748, 1983), p. 247.

⁷ Wittgenstein L. (1918, 1993), p. 51 : « La plupart des propositions et des questions qui ont été écrites touchant les matières philosophiques ne sont pas fausses, mais sont dépourvues de sens. Nous ne pouvons donc en aucune manière répondre à de telles questions, mais seulement établir leur non-sens. La plupart des propositions et questions des philosophes découlent de notre incompréhension de la logique de la langue » ; et p. 112 : « La méthode correcte en philosophie consisterait proprement en ceci : ne rien dire que ce qui se laisse dire, à savoir les propositions des sciences de la nature [...], puis quand quelqu'un d'autre voudrait dire quelque chose de métaphysique, lui démontrer toujours qu'il a omis de donner, dans ses propositions, une signification à certains signes ».

⁸ La vocation purificatrice du positivisme logique était déjà manifeste chez Russell, qui écrit en 1924 : « Tous nos mots sont plus ou moins infectés d'imprécision [*vagueness*] » (Russell B. (1924, 1959), p. 45). Certaines des attaques les plus caractéristiques contre la métaphysique se trouvent chez Hahn, Schlick et Carnap : « Toute métaphysique est impossible, toute assertion métaphysique est à éloigner de la science en tant que combinaison de mots dépourvue de sens [...] Le souhait de libérer la science aussi bien de tous ses éléments métaphysiques que de tous ses éléments lyriques fait des partisans de la conception scientifique du monde des partisans de la logique symbolique » : Hahn H. (1930), pp. 103-104 ; « Il n'y a pas de questions auxquelles par principe on ne saurait répondre, pas de problèmes insolubles par principe. Celles que l'on a jusqu'alors considéré ainsi ne constituent pas de véritables questions, mais des juxtapositions de mots dépourvues de sens, qui ressemblent certes à des questions dans la mesure où elles paraissent satisfaire aux règles usuelles de la grammaire, mais qui consistent en vérité en des sons vides, parce qu'elles se heurtent aux règles profondes immanentes à la syntaxe logique que la nouvelle analyse a mis au jour » : Schlick M. (1930), p. 7 ; « L'analyse logique prononce le verdict d'absence de signification à l'encontre de toute connaissance alléguée prétendant atteindre quelque chose au-delà ou derrière l'expérience. Ce verdict frappe en premier lieu, toute métaphysique spéculative, toute connaissance alléguée par *pure pensée* ou par *pure intuition* qui prétend être capable de se dispenser de l'expérience. Mais le verdict s'applique également à toute sorte de métaphysique qui, partant de l'expérience, veut acquérir une connaissance sur ce qui *transcende l'expérience* au moyen d'*inférences* particulières (par exemple, la thèse du vitalisme [...]). De plus, le même jugement doit s'appliquer à toute *philosophie des normes*, ou *philosophie de la valeur*, à toute éthique ou esthétique en tant que discipline normative » : Carnap R. (1932a), p. 449.

formelle, vouée à en préciser et à en clarifier la structure, à éliminer les paradoxes et les « pseudo-problèmes »¹, et à mettre ainsi un terme aux controverses « stériles » agitant le monde scientifique. Que la philosophie puisse et même doit jouer ce rôle clarificateur, Bertalanffy ne le niait pas et en fit au contraire, nous l'observerons au 2-3, l'un des moments essentiels de l'édification d'une « biologie théorique ». Que la pensée scientifique progresse en se « dé-anthropomorphisant » signifiait aussi pour lui que se départir des traits métaphysiques de certains concepts et hypothèses est constitutif de ce progrès. Certes, mais cela ne signifiait en rien à ses yeux que la métaphysique, et la philosophie en général, ne puissent revendiquer leur autonomie, ni qu'elles jouent en permanence un rôle fécond pour la science elle-même, ni même que celle-ci puisse s'en dispenser. Car tandis que la science n'aurait pour objet que « les relations formelles entre les phénomènes », délaissant « l'essence des choses », la philosophie aurait précisément aussi pour domaine cette « essence », que seuls des esprits desséchés et sectaires pouvaient selon lui juger dépourvus de signification et d'intérêt. D'autre part, l'utilisation consciente de concepts ou d'hypothèses métaphysiques en tant que « fictions heuristiques » au sens de Vaihinger avait pour Bertalanffy une valeur indiscutable, permettant notamment « une nouvelle approche de certains problèmes qui transcendent les sciences individuelles et concernent leurs relations »². Il insistait enfin, comme bien d'autres à son époque (particulièrement M. Hartmann) et avant lui (à commencer par Kant), sur le fait que non seulement des principes catégoriaux *a priori*, mais aussi des *a priori* métaphysiques constituent une nécessité incontournable pour toute science ; au minimum les postulats « régulateurs » de l'existence d'un monde extérieur à la conscience du sujet, de l'existence d'un ordre dans ce monde, et de la possibilité pour la raison humaine d'y accéder :

Il serait tout-à-fait pensable que la réalité soit si désordonnée ou bien si compliquée qu'elle ne permette absolument pas aux schémas possibles dans le cadre de notre entendement limité de s'y appliquer. Qu'il n'en soit pas ainsi est le postulat primordial sous lequel la science est possible³.

Bertalanffy estimait donc nécessaire d'en finir avec la « peur de l'hypothèse », selon lui « superficielle » et parfaitement illusoire :

L'idéal d'une « science libre d'hypothèses » est parfaitement justifié dès lors qu'il prohibe les spéculations superflues ; mais c'est un simple fantôme s'il doit signifier que toute science soit possible sans une structure de concepts théoriques⁴.

¹ Cette redéfinition de la nature et du rôle de la philosophie tenait largement de l'influence de Wittgenstein et de Russell : « Toute philosophie est critique du langage [...] La totalité des propositions vraies est toute la science de la nature [...] La philosophie n'est pas une science de la nature [...] Son but est la clarification logique des pensées. La philosophie n'est pas une théorie mais une activité. Une œuvre philosophique se compose essentiellement d'éclaircissements » : Wittgenstein L. (1918, 1993), p. 51 et p. 57 ; « L'affaire de la philosophie, telle que je la conçois, est essentiellement celle de l'analyse logique, suivie de la synthèse logique » : Russell B. (1924, 1959), p. 47. Les néo-positivistes subordonnèrent à leur suite la philosophie aux sciences, rejetant toute prétention de sa part à s'affirmer de manière autonome en formulant des propositions valides *a priori* ; ainsi Neurath (1932), in Ayer A.J. (1959), p. 393 put-il écrire : « La 'philosophie' n'existe pas comme discipline, à côté de la science, avec des propositions qui lui sont propres : le corps des propositions scientifiques épuise la somme de tous les énoncés significatifs ». La réduction évoquée de la philosophie fut des plus claires chez Schlick. Ce dernier écrivit dès 1930 : « Par la philosophie sont clarifiés des énoncés ; par la science, ils sont vérifiés » ((1930), p. 8) ; puis en 1933 : « C'est l'affaire particulière de la philosophie que d'assurer et de clarifier la *signification* des énoncés et des questions » (in (1933), p. 5) ; et en 1935 : « L'essence de l'analyse philosophique (au contraire de la recherche scientifique) tient selon moi à ce qu'elle ne fournit pas directement une connaissance de la réalité, qu'elle n'exprime pas elle-même les faits, mais qu'elle cherche à clarifier de quelle manière nous exprimons les faits [...] En d'autres termes : elle pose des questions de sens, tandis que la science pose des questions de faits » ((1935a), p. 55). Carnap résuma bien la position du Cercle de Vienne sur cette question en écrivant en 1932 : « Que reste-t-il alors de la *philosophie*, si tous les énoncés faisant valoir quelque chose sont de nature empirique et appartiennent à la science des faits ? Ce qui reste, ce ne sont pas des énoncés, ni une théorie, ni un système, mais seulement une *méthode* : la méthode de l'analyse logique » (in (1932a), p. 236).

² Bertalanffy L. von (1932a), pp. 70-71.

³ Bertalanffy L. von (1945), p. 4. Voir aussi Hartmann M. (1937), pp. 15-17 : « Le postulat de la possibilité de concevoir la nature est le postulat de toute science en général [...] Outre les postulats *a priori*, la science fait encore des hypothèses non démontrables par la logique, qui au contraire des premières peuvent être désignées comme des postulats métaphysiques. Le plus essentiel d'entre eux est celui de l'existence d'un monde réel extérieur [...] Un autre postulat métaphysique est celui que ce monde est de part en part construit nomothétiquement, qu'un ordre règne en lui auquel nos moyens de connaissance sont adéquatement adaptés ». Voir déjà Ungerer E. (1922), pp. 15-16 et surtout Kant E. (1789, 1980), pp. 1268-1269 et p. 1279 : « Nous devons considérer tout ce qui ne peut jamais appartenir qu'à l'enchaînement de l'expérience possible, *comme si* celle-ci formait une unité absolue, mais entièrement dépendante et toujours conditionnée dans les limites du monde sensible, et cependant en même temps *comme si* l'ensemble de tous les phénomènes (le monde sensible lui-même) avait, en dehors de sa sphère, un fondement suprême unique et absolument suffisant, c'est-à-dire une raison originaire et créatrice subsistant par elle-même, et à laquelle nous nous référons pour régler tout usage empirique de notre raison, dans sa plus grande extension, *comme si* les objets mêmes étaient sortis de ce prototype de toute raison [...] L'intérêt *spéculatif* de la raison nous oblige à regarder toute ordonnance dans le monde *comme si* elle était issue du dessein d'une raison suprême ».

⁴ Bertalanffy L. von (1930a), p. 28 (repris in (1932b), p. 31).

En phase avec le fictionalisme de Vaihinger et explicitement contre la phénoménologie d'un Husserl¹, il considérait au contraire que l'histoire des sciences manifeste non seulement la nécessité des hypothèses théoriques, mais aussi la fécondité de spéculations qui, loin d'être nourries par la seule « observation des faits », confinent parfois au mysticisme. Bertalanffy aimait à cet égard se référer à Kepler, faisant allusion à son *Mysterium Cosmographicum*² :

Cela n'a pas le moins du monde nui au développement de la physique que Kepler, bien loin de partager la peur des chercheurs spécialisés modernes qui, dans chaque construction audacieuse discernent un danger pour l'exactitude de la science, était un exalté mystique selon nos idées actuelles. Aux débuts de la physique, nous trouvons des spéculations confuses, numéro-mystiques et néo-pythagoriciennes [...] La construction d'hypothèses est absolument nécessaire à la science³.

Même s'il tendait ainsi subrepticement à confondre deux choses différentes dont la connexion n'est pas nécessaire (en particulier chez Kepler), à savoir le mysticisme et l'irrationalité, Bertalanffy manifestait en fait ici sa conviction précoce de l'existence d'une part irréductible d'*irrationalité* dans les processus intellectuels créateurs, scientifiques en particulier. Cette conviction fut plus explicite après-guerre ; par exemple dans cette remarque rédigée plus de trois décennies plus tard, liée à sa discussion des caractéristiques du symbolique :

Au vu de l'attitude [majoritairement] empiriste actuelle, on ne saurait trop répéter que le travail intellectuel est largement fondé sur l'« inspiration », c'est-à-dire sur des processus « primaires » inconscients, et non sur une collecte consciente de données. Le processus de « libre création » que j'ai utilisé comme critère de définition [du symbolique] se déroule largement au niveau pré-conscient, non seulement dans l'art et la religion, mais aussi dans les constructions « rationnelles » de la science [...] L'activité symbolique est plus ratiomorphe qu'un processus « rationnel »⁴.

Raison pour laquelle, comme le remarqua aussi bien Heisenberg, la clarification logique absolue recherchée par un néo-positivisme « étroit » rendrait la science impossible⁵. Le philosophe Max Black (bien au fait des travaux de Bertalanffy) vit certainement juste à cet égard en écrivant que si « toute science doit peut-être commencer avec une métaphore et s'achever avec de l'algèbre, il n'y aurait peut-être jamais eu d'algèbre sans métaphore »⁶.

2-2-1-2 – Nature de la pensée théorique

Bertalanffy considérait que la « peur » empiriste des hypothèses va de pair avec une incompréhension quant à la diversité de leur nature. Il reprit en 1932 une distinction effectuée en 1923 par Carnap entre le « premier monde » de l'aperception et le « second monde » de la science théorique, qu'il compléta avec le « troisième monde » de la réalité métaphysique – une tripartition des

¹ Bertalanffy L. von (1926a), p. 82 : « Il est plus fécond de former une hypothèse pour la recherche future même si elle doit en définitive être réfutée, que de pratiquer une 'epoché' à la Husserl, une suspension du jugement qui n'a sûrement rien d'heuristique ».

² Kepler J. (1596, 1621, 1984). Dans cet ouvrage (le premier de Kepler dans sa version de 1596), l'astronome s'efforça d'établir la supériorité du système copernicien sur les autres (les avatars de celui de Ptolémée et celui de Tycho Brahé). Sa démonstration reposait sur la foi en une « harmonie des choses immuables, Soleil, étoiles fixes et espace intermédiaire, avec Dieu le Père, le Fils et le Saint-Esprit » (*op. cit.*, p. 32). Cette foi le convainquit de l'existence de lois du monde « mobile » (les planètes) constituant autant de manifestations de la perfection divine dans la Création. Il chercha alors à établir la raison divine du nombre des planètes (cinq connues à l'époque, outre la Terre) et des dimensions de leurs « orbes », en recourant aux cinq polyèdres réguliers convexes (les « solides de Platon ») : « Le Créateur Très Bon et Très Grand s'est référé pour la création de ce monde mobile et la disposition des cieux à ces cinq corps réguliers qui, depuis Pythagore et Platon jusqu'à nos jours, ont acquis une si grande célébrité, et [il] a ordonné en fonction de leur nature le nombre des cieux, leur proportion et le rapport de leurs mouvements » (*op. cit.*, p. 31). L'orbe de Saturne serait circonscrite à un cube ; celle de Jupiter, inscrite dans ce cube, serait circonscrite à un tétraèdre ; celle de Mars, inscrite dans ce tétraèdre, serait circonscrite à un dodécaèdre ; celle de Venus, inscrite dans ce dodécaèdre, serait circonscrite à un icosaèdre ; celle de Mercure enfin, inscrite dans cet icosaèdre, serait circonscrite à un octaèdre (*op. cit.*, pp. 78-89)... Dieu n'aurait pu créer que six planètes, parce qu'il n'existe que cinq polyèdres convexes réguliers. Ces considérations étaient liées à des spéculations d'inspiration pythagoricienne sur l'harmonie musicale (*op. cit.*, pp. 100-106). La sphéricité supposée des orbes ainsi calculées ne s'accordait pas de manière convaincante avec les observations et Kepler fut amené, notamment en 1621, à revenir sur ces premiers travaux. Mais ce sont de telles spéculations qui, par les difficultés mêmes qu'elles impliquaient, l'amènèrent progressivement vers la formulation de ses trois fameuses lois du mouvement planétaire. D'où la réflexion de Bertalanffy, parfaitement légitime.

³ Bertalanffy L. von (1928a), p. 56.

⁴ Bertalanffy L. von (1965a), pp. 53-54.

⁵ Heisenberg W. (1961), pp. 86-87.

⁶ Black M. (1962), p. 242. Black connaissait les travaux de Bertalanffy ; il se référa à son essai de 1955 sur la « relativité culturelle des catégories » (*op. cit.*, p. 244) et en 1950 l'organisateur de l'un des premiers colloques où Bertalanffy exposa son projet « systémologique » : il y invita le Viennois sur la recommandation de Hans Jonas (lettre de Jonas H. à Black M. du 23/02/1950, *archives du B.C.S.S.S.*).

« mondes » qui se retrouva quelques années plus tard chez Popper en un sens différent¹. Bertalanffy souligna qu'il ne faut pas confondre ce qu'il appelait les « hypothèses de complétion », qui énoncent des attentes sur des expériences futures et appartiennent au « premier monde » ; et les « hypothèses explicatives », qui appartiennent au « second monde »². Il rejoignait en fait ainsi les analyses que Woodger avait publiées deux ans plus tôt. L'Anglais avait en effet distingué trois sortes d'hypothèses : les « hypothèses de travail », qui peuvent être soumises au tribunal de l'expérience sachant que leur non-réfutation empirique n'implique jamais leur vérité ; les « postulats », qu'aucune expérience ne peut invalider mais qui sont nécessaires pour rendre la connaissance possible ; et les « hypothèses métaphysiques » enfin, qui peuvent être utiles y compris en science, pourvu que leur statut soit clairement reconnu. Woodger semble, contrairement à Bertalanffy, n'avoir jugé aucune « hypothèse métaphysique » comme absolument nécessaire pour la connaissance scientifique³. Tous deux s'accordaient néanmoins sur une compréhension purement « régulatrice » (au sens kantien) de leur rôle en science qui, chez le Viennois, tenait essentiellement à l'influence de Vaihinger⁴. Woodger la résuma en exprimant que sa logique était en définitive la substitution d'un « usage méthodologique des notions » (i.e. en tant que fictions heuristiques conscientes) à leur « usage métaphysique » :

Pour une science donnée, [les hypothèses fondamentales] devraient toujours être seulement adoptées comme des guides de la recherche – non comme des solutions ou des conclusions [...] Nous dirons que pour une science donnée, de telles hypothèses sont soutenues méthodologiquement, alors que lorsqu'elles sont tenues pour des vérités sur la réalité, nous dirons qu'elles sont soutenues métaphysiquement⁵.

Bertalanffy estimait aussi que le temps était désormais venu de rompre définitivement avec une représentation mythologique des débuts de la science moderne du monde physique, qui ferait de ses fondateurs, en particulier de Galilée, les pères d'une prétendue « méthode inductive ». Et de voir que se joua au contraire avec eux l'avènement de la pensée théorique comme noyau de l'approche scientifique des phénomènes, reconnu comme une « nécessité antérieure à l'expérimentation »⁶. Bertalanffy suivait ici des analyses de Dingler, dont Koyré a montré le bien fondé⁷. La dérivation « inductive » des lois de la nature était selon Bertalanffy rien moins qu'une impossibilité logique, comme le montrait justement entre autres le célèbre cas de la loi de la chute libre étudié par Galilée :

L'idée selon laquelle les lois de la nature peuvent être tirées de l'expérience est fondamentalement fautive [...] La dérivation purement expérimentale des lois de la nature est impossible, parce qu'elle s'inscrirait dans un cercle vicieux : pour pouvoir dériver la loi de l'expérience, nous devrions d'abord connaître ses empêchements [*Störungen*]⁸ dans la réalité ; mais ces empêchements ne peuvent de leur côté être connus qu'en disposant déjà de la loi. En réalité, les pères de notre physique empruntèrent une tout autre voie. Ils ne dérivèrent pas leurs lois de l'expérience, mais travaillèrent ainsi qu'Euler l'a exprimé : « j'ai déjà mes résultats, ne sachant simplement pas encore comment je vais y parvenir » ; c'est-à-dire qu'ils posèrent en premier lieu la loi comme cas idéal, la comparant ensuite avec la réalité, dans laquelle elle n'est jamais réalisée que sous une forme perturbée de multiples manières et à partir de laquelle il est à jamais impossible de la dériver par une voie « inductive » [... En fait, c'est un procédé] qui rappelle le mot en piètre réputation de Hegel, selon lequel si la réalité ne se conforme pas à son système, c'est tant pis pour elle⁹.

On ne saurait mieux avouer un idéalisme, mais il n'était bien sûr pas métaphysique. En affirmant que « la loi n'appartient absolument pas au domaine empirique, mais est une relation logique entre constructions conceptuelles idéales » et que c'est la raison même pour laquelle « elle n'est jamais

¹ Carnap R. (1923). Chez Popper ((1972, 1991), pp. 245-262), le « premier monde » était le monde physique ; le « second » était celui des états mentaux ; quant au « troisième », il était celui des intelligibles, i.e. des « idées au sens objectif », constitué de l'ensemble des objets de pensée possibles.

² Bertalanffy L. von (1932b), p. 20.

³ Woodger J.H. (1930), pp. 2-3.

⁴ Bertalanffy L. von (1929f), pp. 331-332 et (1932a), pp. 70-71.

⁵ Woodger J.H. (1929), p. 28.

⁶ Bertalanffy L. von (1927d), p. 661.

⁷ Koyré A. (1973a) et (1973b), pp. 166-271 notamment.

⁸ Bertalanffy fait ici référence à l'idée galiléenne de « défalcation des empêchements », constitutive de tout travail théorique.

⁹ Bertalanffy L. von (1927d), pp. 660-661 et (1928a), pp. 92-93.

parfaitement réalisée dans le monde empirique »¹, Bertalanffy s'inscrivait une fois encore dans la même perspective que Cassirer. À croire qu'il reprenait l'interprétation de la signification profonde des positions défendues par Léonard de Vinci et Galilée que Cassirer avait développée dans son essai de 1927 sur la philosophie de la Renaissance. C'est-à-dire de ce que le Viennois, à la suite de Lewin et avant d'autres tels que Chomsky, appela justement le « style de pensée galiléen » ; lequel consiste au fond, comme l'a plus récemment décrit le physicien Steven Weinberg, à « conférer à des modèles abstraits de l'univers un degré de réalité supérieur à celui accordé au monde sensible »² :

Nous ne découvrons pas par la simple accumulation et la simple comparaison des expériences sensibles l'éternel et le nécessaire qui résident dans les choses : il faut que l'esprit ait conçu « de lui-même » ce qu'il retrouve dans les phénomènes [...] Toute expérimentation, toute question posée à l'expérience présuppose une « ébauche » intellectuelle, une *conception de la pensée*, comme l'appelle Galilée. Nous anticipons par ce moyen la légalité de la nature pour la porter ultérieurement, par la démonstration expérimentale, à la certitude. Les lois objectives, les mesures constantes qui déterminent et gouvernent tout le cours de la nature ne sont donc pas purement et simplement empruntées à l'expérience ; elles sont placées comme « hypothèses » à la base de l'expérience afin d'être confirmées ou réfutées par elle [...] Les principes de la nature ne sont point, selon Galilée, des lois du donné immédiat, de ce qui est démontrable par les faits, ils portent au contraire entièrement sur des cas idéaux qui ne peuvent jamais se réaliser en toute rigueur dans la nature, ce qui du reste n'apporte pas le moindre préjudice à leur « objectivité ».

Le Cusain avait selon Cassirer anticipé cette révolution, en esquissant les contours d'une conception du rôle du monde sensible dans la constitution de la connaissance qui serait, aux antipodes des vues empiristes, devenue celle de la science moderne :

[Le Cusain a vu que] l'intellect ne saurait parvenir à la conscience de son essence et de ses possibilités sans être mis en mouvement par les forces de la sensibilité. Si cette impulsion le détermine à se tourner vers la sphère du sensible, ce n'est évidemment pas pour qu'il s'y engloutisse : s'abaissant en apparence jusqu'au monde sensible, il l'élève en réalité jusqu'à lui³.

Bertalanffy comprenait dans cet esprit le rôle de l'expérimentation. Son rôle serait essentiellement « négatif », consistant à « éliminer les théories inappropriées et inadéquates ». Mais on ne saurait même pas la comprendre comme un moyen de démontrer la validité d'une loi qui, par définition ne se réalise jamais parfaitement. Le seul rôle « positif » qu'il lui concédait était « psychologique », au sens où elle « stimule la construction des lois ». Et il interprétait avant tout cette construction comme le produit d'une « appréhension intuitive de la loi générale dans le cas singulier » analogue à ce que Husserl avait qualifié de « vision essentielle » [*Wesensschau*]⁴ ; une appréhension qu'il aimait comparer au geste artistique et dont le paradigme serait la constitution de l'« idéal-type » goethéen⁵ :

La stylisation de la réalité expérimentale [nécessaire à la construction des lois de la nature] n'est psychologiquement possible que par une intuition heureuse qui discerne avec pour ainsi dire un regard artistique les grandes lignes de l'événement derrière la troublante profusion des phénomènes et fait surgir l'esquisse hypothétique qui, d'un signe, met en ordre les faits⁶.

Bertalanffy insista justement beaucoup sur deux aspects selon lui essentiels et typiquement perspectivistes de cet acte de « mise en ordre des faits », qu'il faut plus clairement distinguer qu'il ne le fit : ce qu'il appelait l'« idéalisation » et l'« abstraction » du « réel », et qu'il semble avoir parfois confondu – comme dans la citation précédente – sous les vocables de « stylisation » et de « schématisation »⁷. L'« idéalisation » réfère en effet à une distorsion délibérée des traits du « réel » considérés (telle l'assimilation d'un corps physique à un point matériel), tandis que l'« abstraction » réfère à une représentation omettant délibérément la prise en compte de certains de ces traits (par

¹ Bertalanffy L. von (1928a), p. 91.

² Bertalanffy L. von (1932b), p. 28 ; voir aussi Lewin K. (1931), ainsi que Weinberg S. et Chomsky N., in Gallison P. & Stump D.J. (1996), pp. 64-65.

³ Cassirer E. (1927, 1983), pp. 208-209, p. 214 et p. 218.

⁴ Bertalanffy L. von (1928a), pp. 93-94.

⁵ Bertalanffy L. von (1934, 1975), p. 86 et (1949d), p. 359.

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), p. 28.

⁷ Bertalanffy L. von (1929a), p. 97 ; (1932b), p. 28 ; (1937b), p. 15 ; (1942), p. 324 et p. 341 ; (1945), p. 4 ; (1949d), p. 359 et (1951c), p. 24

exemple la non prise en compte du frottement mécanique dans le mouvement d'un corps matériel)¹. Compte tenu de ce qui a déjà été dit des critiques de Bertalanffy à l'encontre de l'empirisme, on peut de surcroît présumer qu'il acquiesçait à un commentaire de son collègue néerlandais H. Jordan. En des termes rappelant étrangement Nietzsche et Vaihinger, Jordan fit en effet remarquer en 1932, dans un article auquel le Viennois se référa très favorablement la même année, que l'expérimentation scientifique se caractérise elle-même par ces moments idéalisateurs et abstraits, qu'elle se constitue au fond par un certain degré de « falsification » du « réel » :

Par l'expérience physique, nous n'accédons à la connaissance d'aucune réalité, car on n'accède à celle-ci que par la restriction ; ce qui est caractéristique de la mise en ordre expérimentale, c'est la falsification. [Par l'expérience], nous ne voyons pas ce qui se produit, mais ce qui se produirait si la réalité ne consistait qu'en l'action des facteurs spécifiques isolés qu'elle a isolés².

La compréhension de la nature et du rôle authentiques de la pensée théorique passait pour Bertalanffy par deux distinctions radicales que n'opéraient pas les empiristes. Elles étaient pour l'essentiel issues de la première critique kantienne, mais il les opéra surtout à la suite de certains scientifiques et philosophes tels que Bavinck (1913), Roux (1920), Ungerer et Nernst (1922), et Przibram (1923). La première est celle entre « règle empirique » et « loi » :

La règle est induite de l'expérience et ne possède de ce fait aucune nécessité intérieure. Elle ne vaut jamais que pour des cas particuliers et peut à tout moment être réfutée par des faits contraires. La loi, au contraire, constitue une relation logique entre des constructions conceptuelles. Elle est pour cette raison déductible de lois sur-ordonnées et permet à son tour la déduction de lois inférieures. Elle possède en tant que telle une nécessité logique en accord avec ses prémisses sur-ordonnées ; elle n'est pas seulement une proposition probable, mais possède de part sa subordination à ses prémisses une valeur logique, contraignante et apodictique.

L'expérience ne pourrait donc livrer que des « règles », car « seule la théorie rend possible l'élaboration de lois » : la « science nomothétique » s'identifierait sans reste avec la « science théorique », parce qu'« une légalité rigoureuse signifie une relation logique entre constructions conceptuelles »³. Et pour Bertalanffy comme pour les auteurs précédemment mentionnés, auxquels s'ajouta très vite Woodger⁴, le problème de la biologie contemporaine était justement en particulier que contrairement aux sciences physiques, on n'y disposait pas de lois en ce sens ; que même les énoncés qui, tels ceux de Mendel, étaient qualifiés de « lois », se révélaient à l'analyse logique n'être que des « règles empiriques » :

Les quelques principes auxquels on confère souvent en biologie le titre de lois ne sont pas dignes de ce nom, mais doivent se satisfaire de celui de simple règle empirique [...] Ce sont des généralisations tirées de l'expérience, contingentes au sens des philosophes. Nous ne disposons d'aucune explication de la raison pour laquelle précisément ces règles s'appliquent, et non d'autres ; elles ne possèdent pas la nécessité et la fermeture logiques qui reviennent aux lois de la physique⁵.

Cette distinction allait de pair chez Bertalanffy avec celle, maintes fois réitérée, entre « description » et « explication », qui instituait la seconde comme la mission de toute science et était une autre expression de son rejet du « phénoménalisme » :

Tandis que la « description » est le simple constat des faits, l'« explication » signifie la subsumption logique du particulier sous le général, la classification des faits qui nous sont opposés par des relations générales⁶.

Le but de toute science est d'« expliquer ». Par quoi je comprends la subsumption du particulier sous le général, ce qui signifie réciproquement que le particulier peut être déduit du général¹.

¹ Voir à ce sujet Morrison M., in Morgan M.S. & Morrison M. (1999), p. 38.

² Jordan H.J. (1932), p. 480.

³ Bertalanffy L. von (1928a), pp. 91-92 et pp. 94-95 ; ainsi que (1932b), pp. 22-23.

⁴ Woodger J.H. (1930), p. 5 : « Les auteurs allemands font la distinction entre 'loi' et 'règle' qui reconnaît celle entre ce que j'ai appelé les domaines logique et empirique. Ils signifient par 'loi' un système logique *a priori* capable de développement déductif strict [...] et par 'règle' une simple généralisation inductive empirique ».

⁵ Bertalanffy L. von (1928a), pp. 91-92 et (1932b), pp. 22-23. Voir aussi Ungerer E. (1922), pp. 11-12 ; Przibram H. (1923), p. 5 ; et Nernst W. (1922), p. 489 : « En dépit de leur grande signification, on ne peut guère tenir les 'lois' biologiques pour des lois de la nature, mais plutôt pour des règles avec lesquelles on ferme aussi les yeux en présence d'exceptions ».

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 23-24.

La distinction serait entre un compte rendu des phénomènes « tels qu'on les observe » ou « à partir de quelque chose d'autre qu'eux-mêmes, à quoi on les associe selon des relations tenues pour nécessaires » (Delattre)², étant entendu que ce « quelque chose d'autre » et ces relations sont des constructions conceptuelles. Remarquons que la relation entre « expliquer » et « décrire » se comprenait chez Bertalanffy d'une manière perspectiviste probablement suggérée par Reininger. Celui-ci avait en effet développé la vision d'une hiérarchie parmi les principes que la raison se donne afin d'appréhender le « réel » qui, parcourue de manière ascendante, permettrait d'atteindre des points de vue de plus en plus profonds sur lui :

Ce qui peut valoir en tant que principe à un certain niveau de la réflexion parce qu'il n'existe pas un besoin immédiat [de s'interroger sur lui] devient à nouveau un problème d'un point de vue plus élevé de la pensée³.

Le perspectivisme de Bertalanffy à cet égard se manifesta explicitement en 1932, justement à la suite immédiate de la distinction opérée plus haut :

Chaque explication suscite pour sa part encore une explication nouvelle, c'est-à-dire la recherche de relations encore plus approfondies, par rapport auxquelles elle apparaît comme une « description », comme constat d'un simple état de fait⁴.

La compréhension de l'explication d'un « fait » en tant que déduction à partir d'une loi de l'énoncé exprimant son occurrence traduisait une adhésion de Bertalanffy à un modèle « nomologico-déductif » d'explication qui n'avait en tous cas rien de particulièrement original. Elle se retrouvait en effet chez des auteurs antérieurs ou contemporains, qu'il s'agisse de philosophes (Stuart-Mill, Spencer, Bavink), de (certes rares) biologistes comme M. Hartmann et Woodger, ou de physiciens qui, tels Heisenberg et Pauli, identifiaient l'explication au fait de « rassembler de façon cohérente en les ramenant à une origine [conceptuelle] commune simple un grand nombre de phénomènes »⁵ :

Un fait particulier est expliqué quand on indique la loi dont sa production est un cas. Une loi de la nature est expliquée quand on indique une loi ou d'autres lois dont elle est la conséquence⁶.

On explique un fait en le ramenant à une loi, celle-ci à une autre loi plus générale et ainsi de suite jusqu'à une première loi qui ne peut-être expliquée⁷.

Expliquer signifie ordonner les expériences partielles, en dernière analyse les phénomènes sensibles particuliers, dans un système logique⁸.

Ce qu'on appelle « expliquer », c'est construire des relations fonctionnelles nomothétiques et ramener le particulier au général⁹.

C'est en s'inspirant d'un membre du Cercle de Vienne, Viktor Kraft¹⁰, que Bertalanffy aboutit ainsi à une identification de la théorisation à une procédure « hypothético-déductive ». Une conception qui reposait aussi sur son appropriation d'une définition de l'hypothèse scientifique par Bavink, à savoir « la conjecture d'un état de fait général qui constitue le fondement de certains phénomènes particuliers se trouvant dans l'expérience, dont l'existence et les lois admises permettent de déduire les phénomènes du domaine factuel concerné »¹¹ :

La théorie scientifique a le caractère d'un système hypothético-déductif : elle pose à son fondement des hypothèses clairement formulées, librement choisies (c'est-à-dire qu'elles ne sont pas un simple enregistrement de faits expérimentaux) et idéales (par rapport aux relations empiriques considérées), puis en déduit avec rigueur logique, par l'introduction de conditions particulières, des conséquences

¹ Bertalanffy L. von (1949e), p. 151.

² Delattre P. (1979), p. 113.

³ Reininger R., in Johnston W.M. (1973), p. 28.

⁴ Bertalanffy L. von (1932b), p. 24.

⁵ Heisenberg W. (1969, 1990), p. 54.

⁶ Mill J.S., in Vergnioux A. (2003), pp. 35-36.

⁷ Spencer H., in Vergnioux A. (2003), pp. 35-36.

⁸ Bavink B. (1913, 1949), p. 240.

⁹ Hartmann M. (1937), p. 14.

¹⁰ L'ouvrage en question de Kraft était *Die Grundformen der wissenschaftlichen Methoden*, publié en 1926 à Vienne.

¹¹ Bavink B. (1913), in Bertalanffy L. von (1932b), p. 23.

qui peuvent être comparées avec l'expérience et être vérifiées à son contact ; et c'est seulement sur ce procédé que repose leur valeur contraignante. L'expression « librement choisies » ne doit bien sûr pas être mal interprétée. Un accord de la théorie et de l'expérience ne peut être atteint que lorsque les hypothèses sont initialement choisies en tenant compte des faits expérimentaux [...] Cependant, l'expérience est toujours seulement la condition de la genèse de la théorie et les principes fondamentaux sur lesquels repose la seconde ne peuvent être simplement lus à partir de la première ; ces principes sont au contraire toujours des idées originales.

De ce point de vue, l'opposition entre théorie et induction se réduirait à l'idée que la seconde est issue des « faits » tandis que la première ne fait que s'y « vérifier », les « règles empiriques » n'ayant quant à elles de valeur scientifique que dans la mesure où elles sont « incorporées » à des constructions théoriques, qui leur donnent une cohérence en les montrant déductibles de lois¹. Bertalanffy défendit ainsi toute sa vie une conception *partiellement* « syntactique » de la théorie scientifique, à savoir son assimilation à un ensemble d'axiomes et de leurs conséquences déductives – le fait qu'il ne se soit pas purement et simplement aligné sur cette conception sera discuté plus loin. L'empreinte du néo-positivisme est ici indéniable, puisque non seulement Kraft, mais aussi Hempel, en furent des promoteurs majeurs². Quant à sa conception de la méthodologie de la théorisation, elle rejoignait largement celle exposée en 1931 par Woodger, qui se marquait par le souci de trouver un équilibre harmonieux entre induction, déduction et critique épistémologique³.

2-2-1-3 – *Vocations et critères de validation de la pensée théorique*

Dans ces conditions, la vocation de la théorie scientifique était pour Bertalanffy de former une « superstructure incorporant les faits établis par des constructions conceptuelles », dont « l'essence » consiste à « fournir une explication commune à une série de faits sinon dépourvus de lien et d'unité » ; c'est-à-dire encore à mettre en relation, à « réunir dans une même formule un nombre aussi grand que possible de phénomènes dispersés et inexplicables en eux-mêmes »⁴. Outre qu'elle fournirait par là-même un instrument de « planification » de l'expérimentation sans lequel celle-ci ne saurait être féconde voire tout simplement exister, ce serait donc essentiellement la théorie qui permet à la science d'accomplir sa mission ultime, à savoir la « domination conceptuelle des phénomènes »⁵.

Quant à sa validation, elle la tirerait naturellement de la mesure dans laquelle elle réalise sa vocation. Le premier critère à cet égard retenu par Bertalanffy était donc sa capacité à fournir une « explication unifiée d'un domaine factuel déterminé »⁶. Le second, sa capacité prédictive ; plus précisément, l'étendue des conséquences empiriquement testables qui peuvent être dérivées de la théorie et dont l'existence même, tant hypothétique qu'effective, serait inconnue en son absence⁷. Le troisième critère, directement lié au précédent, était sa fertilité, c'est-à-dire sa capacité à suggérer de nouvelles hypothèses permettant soit son propre approfondissement eu égard au domaine factuel ayant

¹ Bertalanffy L. von (1930a), p. 12 et (1932b), p. 22 et p. 27.

² Voir Cartwright N., in Morgan M.S. & Morrison M. (1999), p. 245.

³ Woodger J.H. (1931), pp. 440-441 : il distinguait dix étapes dans la formation d'une théorie, et nous pouvons voir la « systéologie générale » telle que la conçut Bertalanffy correspondre de manière remarquable aux étapes (4) à (7). Woodger considérait que l'une des difficultés majeures de la science du monde moderne tient au fait que ces dix types logiques de recherche sont dans une très large mesure mis en œuvre par des chercheurs différents, travaillant indépendamment les uns des autres :

(1) L'« investigation empirique », qui consiste à faire et enregistrer des observations ;

(2) L'« extension de ces observations » dans le but de « découvrir dans quelle mesure elles peuvent être généralisées de manière inductive » ;

(3) La « découverte de concepts clairs » incorporant les généralisations inductives et la « construction d'un langage sans ambiguïté » permettant de les exprimer ;

(4) La détermination du ou des « types d'ordre logique » exemplifié dans un champ particulier de la recherche empirique ;

(5) La « recherche des propriétés logiques des types d'ordre en tant que tels », ce qui inclut entre autres la mathématique pure ;

(6) La « construction de théories incorporant les données » produites par (1) et (2), systématisées à l'aide de (4), avec ou sans recours à des entités hypothétiques, du type de celles fournies par les explications par des « modèles mécaniques » en physique ;

(7) Le « développement déductif » de (6) à partir de (5), menant à une « recherche renouvelée » dans (1) avec en vue la « vérification » de (6) et le « contrôle » de (2) ;

(8) L'« analyse systématique des postulats et hypothèses » sous-jacents à (1), (2) et (6) ;

(9) L'« étude critique des concepts ontologiques » employés dans (6), tels que « espace, temps, objet, propriété, matière, etc. » ;

(10) L'« étude des problèmes se présentant lorsqu'est posée la question de la 'vérité' et de l'objectivité' de la connaissance scientifique ».

⁴ Bertalanffy L. von, respectivement (1928a), p. 55 ; (1929d), p. 377 et (1932b), p. 24 ; et (1927e), p. 410.

⁵ Bertalanffy L. von (1932b), p. 33.

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), p. 30.

⁷ Bertalanffy L. von (1934a), p. 632 en particulier. Voir surtout (1964d), p. 22 pour des remarques plus systématiques à ce sujet.

suscité son édification, soit la mise en relation de ce domaine avec un autre¹. Le quatrième critère, enfin, devait « faire la décision » dans l'éventuel cas de deux théories concurrentes satisfaisant les précédents critères : il s'agissait de ce que Mach avait appelé son économie de moyens et que Bertalanffy décrivit comme sa capacité à « expliquer autant de faits possible avec le minimum de postulats possibles, en tous cas plus de faits avec moins de postulats que d'autres constructions hypothétiques, sans devoir à chaque étape explicative recourir à des hypothèses auxiliaires *ad hoc* » ; en d'autres termes, il s'agissait de sa « simplicité »². Un critère auquel Bertalanffy fut très sensible, en particulier dans la construction de sa théorie de la croissance organique ; son importance tenait au fait, bien souligné plus tard par Rapoport, qu'une construction théorique est d'autant plus faible qu'elle contient de paramètres libres, étant donné que le nombre de ces derniers s'identifie à celui des degrés de liberté permettant de conformer ses prédictions aux observations³.

Quant à l'adéquation empirique, elle n'était certes pas du tout méprisée par Bertalanffy, mais considérée comme une condition relativement nécessaire subordonnée aux autres critères : pour lui comme pour Woodger et (après eux) Rapoport⁴, l'absence de contradiction d'une théorie avec l'expérience « ne la justifie pas encore »⁵. Hormis une réfutation avérée des conséquences empiriquement testables qui en sont dérivées, bien évidemment considérée comme rédhitoire, elle ne constituerait pas un critère décisif dans la mesure où une théorie peut se révéler beaucoup plus satisfaisante qu'une autre du point de vue des quatre critères précédents sans pour autant l'être du point de vue de cette adéquation. Ce qu'illustre par exemple la comparaison des systèmes ptoléméen et copernicien. Par ailleurs, Bertalanffy ne pouvait pas tenir l'adéquation empirique pour un critère permettant en soi de juger de la validité d'une théorie puisque conformément à sa compréhension perspectiviste du principe d'objectivité, les conséquences empiriques pouvant en être tirées devaient être corroborées par des procédures expérimentales indépendantes afin d'acquiescer une signification objective. En somme, si l'expérimentation suscitée par une théorie peut la réfuter, elle serait bien incapable d'asseoir à elle seule sa légitimité. Bertalanffy considérait au fond comme Hertz⁶ que l'essentiel est de pouvoir corréler univoquement des conclusions dérivées de la théorie à des « états de fait » empiriques, de pouvoir faire correspondre sans contradiction « les conséquences des images » aux « images des conséquences » ; la question de la « vérité » de la théorie, devenue obsolète dans un cadre récusant l'*Abbildtheorie*, laissant quant à elle place à celle de ce qu'on peut appeler son degré perspectiviste d'objectivité.

2-2-1-4 – D'une « science des images » à une « science des principes »

Plusieurs aspects de la conception que Bertalanffy se faisait de la théorie scientifique doivent être ici mis en évidence, compte tenu de leur importance eu égard au développement de sa pensée systémique. Avec le premier d'entre eux, le Viennois s'inscrit dans un courant d'idées bien identifié, dont Cassirer a probablement fourni la meilleure formule en écrivant en 1929 que la transition des concepts « substantiels » aux concepts « fonctionnels » dans la physique moderne était solidaire d'une logique où « le schématisme des images a[vait] cédé la place au symbolisme des principes »⁷. Le philosophe allemand voyait chez Robert von Mayer – « père » du principe de conservation de l'énergie – l'amorce de ce passage d'une « physique des images »⁸ à une « physique des principes »

¹ Voir par exemple Bertalanffy L. von (1932b), p. 282 ; (1937b), p. 105 et (1941a).

² Bertalanffy L. von (1928a), p. 99 et (1932b), p. 30. Voir aussi (1934a), p. 636.

³ Rapoport A. (1957a), p. 77.

⁴ Woodger J.H. (1929), p. 323 : « Une hypothèse n'est pas vérifiée parce que des faits peuvent être distingués dont elle rend compte. Sa probabilité ne devient considérable que lorsque les phénomènes qu'elle est capable d'embrasser sont à la fois nombreux et divers, de sorte qu'est accrue la probabilité d'exclure d'autres hypothèses possibles ». Voir aussi Rapoport A. (1957a), pp. 77-79.

⁵ Bertalanffy L. von (1932b), p. 30.

⁶ Voir Bouveresse J. (1991), pp. 117-118 en particulier.

⁷ Cassirer E. (1929, 1972b), p. 515.

⁸ Le physicien anglais William Thompson résuma selon Cassirer parfaitement ce que signifie une « physique des images » en écrivant : « Le vrai sens de la question de savoir si nous comprenons ou non un phénomène naturel me paraît revenir à cette autre : pouvons-nous construire un modèle mécanique qui reproduise toutes les parties du processus » (Thompson W. (1884), in Cassirer E., (1929, 1972b), p. 507). Une « physique des images » en est une dans laquelle la compréhension des phénomènes est assimilée à leur représentation par un modèle intuitif, c'est-à-dire dérivée d'analogies tirées de l'intuition sensible. Pour Cassirer, l'expression la plus flagrante de ce type de physique était le recours au concept d'éther, destiné à rendre intelligible la propagation des ondes lumineuses par analogie avec celle des ondes acoustiques ou aquatiques ; et précisément, l'éther était devenu comme il l'écrivit le « chemin de croix de la physique mécanique » (*op. cit.*, p. 512).

frayant la voie à une unification des domaines de la physique, dont les théories einsteiniennes de la relativité étaient pour lui l'expression la plus achevée. Et, à une époque où il s'assignait la tâche de déterminer les « principes de l'organisation vivante », c'est précisément à Mayer que Bertalanffy se référa trois ans plus tard, écrivant de lui qu'il avait peut-être fourni l'un des exemples les plus « lumineux » de la manière dont se constitue une « science théorique » :

Je crois que le procédé de toute déduction théorique doit être en principe analogue à celui de Mayer. Il doit provenir de principes (« postulats », « axiomes ») *a priori* suivant la définition de ses objets, sous lesquels sont subsumées des conditions particulières tirées de l'expérience, dont résulte une comparaison avec l'expérience et la possibilité de la vérification de la théorie¹.

Dans l'un de ses essais sur Vaihinger, Bertalanffy écrivit que la logique de la science est de « substituer à l'image mythique de choses agissant les unes sur les autres selon des forces cachées le schéma abstrait de la succession réglée des phénomènes »². Et il acquiesça pleinement en 1932 à la critique déjà évoquée des « entités hypothétiques » développée par Woodger trois ans plus tôt, qui allait justement de pair avec une réflexion sur l'avènement des concepts énergétiques en physique. Le bio-logicien anglais avait alors remarqué lui aussi que l'énergie sert au calcul des événements physiques sans être figurable par l'imagination ; qu'on disposait avec elle d'« un concept qui peut jouer son rôle dans un processus explicatif tout en ne pouvant être représenté par une image ». Lui aussi y voyait une évolution « caractéristique de la science moderne », où le recours à des « images » se révélerait être de moins en moins possible pour la figuration des concepts, et de plus en plus trompeur. Elle aurait révélé combien « nous pensons en significations et pas nécessairement en images ». Et surtout que celles-ci ne sont qu'une « aide à l'intelligibilité » des concepts, seuls ces derniers et les « calculs » qu'ils permettent d'entreprendre accomplissant en définitive « le véritable travail explicatif ». Ainsi les « entités hypothétiques » telles que les atomes et les gènes seraient-elles essentiellement des concepts dont l'intérêt tient aux seuls « calculs » qui en dérivent, lesquels conservent leur valeur en dépit de l'inadéquation patente des images qu'on a pu leur associer³. Il faut noter que Woodger fut inspiré dans ces analyses non seulement par Eddington mais aussi par Schlick⁴, dont l'influence directe sur Bertalanffy à cet égard est probable.

Toutes ces critiques prenaient en fait largement leur source dans des réflexions développées à la fin du XIX^e siècle par Hertz puis par Duhem au début du XX^e siècle (Cassirer s'en inspira d'ailleurs explicitement), lesquelles furent elles-mêmes suscitées par certains commentaires de Maxwell sur la construction de la théorie des champs électromagnétiques. Hertz considérait ainsi que cette théorie se réduit purement et simplement au système des équations de Maxwell et qu'elle ne doit en aucun cas être confondue avec « le revêtement bigarré » en définitive arbitraire et superflu qu'on peut jeter sur elle en la figurant au moyen d'images mécaniques – Wittgenstein écrivit à sa suite que celles-ci ne font qu'« habiller la théorie pure »⁵. Quant à Duhem, sa fameuse critique des « modèles », réduits à de simples « exposés d'exposition », était en fait celle de ce que l'épistémologue autrichien Gerhard Frey a appelés en 1961 les « modèles iconiques », seulement représentables au moyen de certains processus spatio-temporels et donc par l'intuition sensible, par opposition aux « modèles symboliques », qui ne conservent aucune similitude imagée immédiate avec ce qui est reproduit⁶. Duhem attaqua en effet la « substitution de l'usage de l'imagination à l'usage de la raison », de la « vision d'ensembles concrets » aux « notions abstraites » qu'il voyait à l'œuvre dans l'obsession de certains physiciens tels que Kelvin de se figurer les phénomènes thermodynamiques et électromagnétiques par des modèles mécaniques ; les « esprits forts » n'auraient pas besoin, contrairement aux « esprits amples mais faibles », d'« incarner une idée abstraite dans une image concrète », de « s'alimenter de choses visibles et tangibles » ; une inclination selon lui corruptrice de l'idéal de la science, qui constitue un frein à la

¹ Bertalanffy L. von (1932b), p. 119.

² Bertalanffy L. von (1929f), p. 331.

³ Woodger J.H. (1929), pp. 79-82 et p. 156.

⁴ Schlick M. (1918), in *op. cit.*, p. 80 : « La représentation des concepts par des images a été la source la plus fertile d'erreurs dans la pensée de tous les philosophes. La pensée avance en volant sans tester le pouvoir de transport de ses ailes, sans voir si les images qui la portent accomplissent leur fonction propre. Ceci doit être établi en revenant aux définitions. Mais il n'est pas rare que des définitions utilisables manquent, et le philosophe continue à voler avec des images qui ne sont soutenues par aucun cadre conceptuel solide. Les résultats en sont une errance et une chute prématurée ».

⁵ Voir Bouveresse J. (1991), pp. 131-132.

⁶ Frey G. (1961), pp. 94-95 en particulier. Frey utilisa ici la caractérisation générale d'un « signe iconique » par Charles Morris.

nécessaire ouverture de ses catégories¹ : c'est une critique que Bachelard reprit plus tard en analysant les « obstacles épistémologiques » qu'il jugeait dérivés de cette tendance².

Bertalanffy, convaincu qu'il en allait de la logique même du travail théorique, adhéra à l'idée qu'une « science des principes » a vocation à se substituer à une « science des images ». Il resta toutefois étranger à un rigorisme positiviste tel que celui défendu par Mach et Duhem : les images, les entités hypothétiques, ne devaient pas pour lui être jugées purement et simplement comme des entraves devant impérativement être bannies de la science afin de la libérer, « abandonnées comme insuffisantes, embarrassantes et insoutenables », comme Mach l'avait dit des atomes³. Bertalanffy resta fidèle à la vision anti-dogmatique de Vaihinger accordant comme Nietzsche une valeur positive à la contradiction, selon laquelle les fictions, pour autant qu'elles soient conscientes, constituent des illusions nécessaires et *libératrices*, qui frayent malgré tout une voie vers une réalité visée. Pour le Viennois comme pour ces philosophes allemands, le scientifique, et même l'homme en général, devrait agir dans un premier temps « comme si » ses fictions étaient réelles ; et c'est au cours du processus même de prise de conscience de leur caractère illusoire qu'il pourrait, justement, accomplir ses fins les plus hautes. Ceci valant non seulement pour les images dérivées de l'intuition sensible, mais aussi pour les principes les plus abstraits élaborés par la raison afin d'organiser l'expérience, dont les limites n'apparaissent certes qu'à un niveau plus approfondi d'analyse, mais qui demeurent eux aussi provisoires et jugés à la seule mesure de leur fécondité :

L'idéal, l'irréel, est le plus précieux : l'homme doit « exiger l'impossible », même s'il mène à des contradictions⁴.

2-2-1-5 – La « science des principes » comme science mathématique ?

Un autre aspect essentiel de la compréhension que Bertalanffy avait de cette « science des principes » qu'il appelait la « science théorique » concerne la manière dont il se représentait le rôle des mathématiques et la nature de la mathématisation.

Une divergence avec le courant néo-positiviste apparaît d'abord en ce que contrairement aux représentants de ce dernier, au premier rang desquels Carnap⁵, Bertalanffy considérait qu'il n'y a, du point de vue de la formation des théories, « aucune différence entre les sciences dites 'idéales' telles que la mathématique et celles dites 'du réel' telles que la mécanique ou la physique théorique » : dans toute théorie, les principes les plus élevés ont un caractère axiomatique et le souci de la science serait justement en partie de « réduire autant que possible le nombre des axiomes et de pouvoir déduire toutes les lois particulières d'un nombre aussi petit que possible d'axiomes »⁶. Et il y avait selon Bertalanffy d'autant moins de différence à faire que les lois formulées par les « sciences du réel », si elles réfèrent bien à des phénomènes, « ne courent pas en liberté dans la nature », mais sont un « tissu de relations logiques jamais pleinement réalisé dans l'expérience » qui, exactement au même titre que l'« idéal-type » goethéen, n'est qu'une « stylisation abstraite de la réalité »⁷ ; laquelle, comme l'avait vu Henderson avant lui, dépend de nos perceptions et de notre jugement des relations entre les choses⁸. La portée de cette conception est importante, puisque l'une des principales vocations que Bertalanffy assigna quelques années plus tard à sa « systémologie générale » fut précisément de fournir aux diverses sciences une structure axiomatisée de type logico-mathématique, et d'être en fin de compte simultanément une science « idéale » et une science « du réel ».

Le Viennois identifia en fait ultimement « hypothético-déductif » et « mathématique » à partir de 1932, à l'issue d'une évolution relativement rapide dont j'expliquerai les ressorts aux 2-3, 2-4 et 2-

¹ Duhem P. (1906, 1997), p. 138, p. 143 et p. 146. Black M. (1962), p. 233; Hesse M.B. (1966), pp. 3 sq. ; Bachelard S. (1979), pp. 4-6.

² Bachelard G. (1938, 1993), en particulier pp. 80-82.

³ Mach E., in Bouvier R. (1923), p. 125.

⁴ Vaihinger H. (1911, 1965), p. 44.

⁵ La distinction entre propositions analytiques et propositions synthétiques déboucha chez les néo-positivistes tels que Carnap sur une opposition irréductible entre « sciences formelles » (*Formalwissenschaften*) et « sciences du réel » (*Realwissenschaften*), les premières n'ayant contrairement aux secondes « aucun objet » et « aucune signification autonome » : voir en particulier Carnap R. (1935).

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), p. 23 et p. 27.

⁷ Bertalanffy L. von (1934c), p. 86 et (1949d), p. 359.

⁸ Sur Henderson à ce sujet, voir Parascandola J. (1971), p. 77. La différence est toutefois que Henderson tenait les lois pour des constructions rationnelles n'ayant aucune existence objective, alors que pour Bertalanffy, cette dernière conclusion n'était pas nécessaire.

5. Dans ses premiers essais, il s'en prit plusieurs fois à cette célèbre maxime kantienne qui lui semblait arbitrairement circonscrire le domaine scientifique :

J'affirme que, dans toute théorie particulière de la nature, on ne peut trouver de science à proprement parler que dans l'exacte mesure où il peut s'y trouver *de la mathématique*¹.

Elle lui inspira en particulier ce commentaire en 1927 :

Cette proposition est selon toute apparence fausse – et l'on peut désigner comme la plus grande réalisation de la philosophie moderne d'avoir reconnu qu'il y encore d'autres catégories scientifiques que celles, mathématico-physiques, que Kant a seules envisagées².

Et si l'identification de la théorisation à l'édification d'un système hypothético-déductif fut dès cette époque avérée chez lui, il n'était pas question pour lui d'y voir un système mathématique. Il l'explicita limpide en 1930, là encore à la suite de Kraft, et en reprenant son exemple des travaux de Carl Menger – dont l'œuvre économique, qui se distinguait en particulier de cette manière de celles de ses contemporains et, fait remarquable, de celle si caractéristique de son propre fils³, délaissait les mathématiques tout en préservant simultanément des traits fortement causalistes et déductifs :

Kraft a souligné avec raison que la mathématique n'est en aucune façon le seul fondement possible d'une théorie rigoureuse, d'un système hypothético-déductif ; au contraire, un tel système advient chaque fois que des déductions sont tirées de conditions idéalisées, comme il l'expose avec l'exemple de la théorie économique déductive de Menger⁴.

Cette position tenait avant tout à une représentation trop étroite du champ mathématique, alors limité pour Bertalanffy au domaine du « quantitatif ». Lorsqu'il eût, entre 1930 et 1932, pris connaissance par l'intermédiaire de Woodger des développements de la logistique et des potentialités d'une mathématique « qualitative » dont il avait déjà compris la nécessité pour le développement d'une pensée systémique « exacte », ses positions évoluèrent radicalement ; et la même référence à Kraft, cette fois plus conforme à ce que ce dernier avait cherché à mettre en évidence, fut dès lors mise au service d'une conclusion très différente :

Kraft a souligné avec raison que la mathématique (quantitative) n'est en aucune façon le seul fondement possible d'une théorie rigoureuse, d'un système hypothético-déductif ; au contraire, un tel système advient chaque fois que des déductions sont tirées de conditions idéalisées, comme il l'expose avec l'exemple de la théorie économique déductive de Menger. C'est une conception largement répandue qu'un système hypothético-déductif n'est possible que sur la base de la « mathématique » au sens usuel, c'est-à-dire de la mathématique quantitative. La logique mathématique moderne (*Principia mathematica* de l'école de Cambridge, Hilbert) démontre cependant la possibilité d'un système déductif rigoureux dont les propositions ne sont pas quantitatives ou, pour le dire mieux, qui contienne la mathématique « quantitative » comme l'une de ses branches.

Son interprétation de la maxime kantienne fut en conséquence radicalement transformée :

La proposition kantienne a certainement une validité axiomatique [...] parce que « mathématique » au sens large ne signifie rien d'autre que l'existence de déductions rigoureusement formulables à l'intérieur d'un système déductif. La proposition kantienne n'est dès lors qu'une expression du postulat du caractère rationalisable de la nature [*Postulat der Rationalisierbarkeit der Natur*]⁵.

Et cinq ans plus tard, il put, en réitérant d'ailleurs à cette occasion le même jugement favorable sur la maxime de Kant, désormais qualifiée de « postulat fondamental général pour toute science », en venir à définir en ces termes la mathématisation :

¹ Kant E. (1786, 1985), p. 367.

² Bertalanffy L. von (1927c), p. 253.

³ Voir Leonard R.J. (1998) sur le rôle très important joué par Menger fils (lié au Cercle de Vienne) dans la création de la théorie des jeux et plus généralement sur ses efforts consacrés à l'élaboration de mathématiques adéquates à l'analyse des phénomènes sociaux.

⁴ Bertalanffy L. von (1930a), p. 12.

⁵ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 28-29.

La « mathématisation » ne signifie essentiellement rien d'autre que la constitution d'un système théorique pour un domaine phénoménal déterminé, dans lequel une dérivation de lois particulières à partir de lois plus générales est possible par des voies déductives¹.

Ce qui signifiait, comme Bertalanffy l'expliqua en 1949, que toute science ne trouve son achèvement que dans une forme mathématique « au sens large » ; une conception qui allait de pair avec sa vision du progrès scientifique comme processus de « dé-anthropomorphisation » et avec son anthropologie philosophique, marquée en particulier, comme je l'ai déjà souligné, par une insistance sur les dangers inhérents à la plurivocité des symboles :

Est mathématique au sens large tout système d'ordre déductif [... Son but étant l'« explication » des phénomènes], la forme ultime de toute science est un système hypothético-déductif [...] Cette forme peut dans une certaine mesure être atteinte au moyen du langage usuel. Néanmoins, la plurivocité des symboles d'un tel langage et le fait que leur liaison conformément aux règles syntactiques ne soit pas soumise aux lois de la déduction logique, pose une limite à l'édification d'un tel système. Il en résulte que le but de la science ne saurait être atteint que lorsque des symboles fixés de manière univoque sont mutuellement liés conformément à des règles tout aussi univoques. Un système de ce type s'appelle la mathématique et la maxime de Kant est justifiée [...], car la mathématique n'est autre en fin de compte que la forme la plus élevée de rationalisation du réel qui soit accessible².

Une conséquence de la compréhension que Bertalanffy avait de la théorisation, dont je montrerai au 2-5-1 l'importance dans sa théorisation de la croissance organique, est aussi sa conception du processus de mathématisation d'un ensemble déterminé de phénomènes. Actualisée dans ses travaux dès 1934, cette conception fut explicitée en 1937 et plus systématiquement encore en 1942. On peut considérer que le mathématicien Marc Barbut en a bien résumé la teneur lorsqu'il a écrit que « ce qu'on mathématise, quel qu'en soit le domaine, c'est toujours une *théorie* », c'est-à-dire que « la formalisation porte non sur l'observation du 'réel', mais sur la théorie » qu'on en a³. En effet, Bertalanffy n'eut de cesse d'insister sur le fait qu'il ne faut pas confondre une mathématisation authentique avec ce que d'aucuns ont qualifié de « placage » des mathématiques sur « l'informe »⁴. Il remarqua très justement qu'on peut rendre compte de n'importe quel matériel empirique à partir d'expressions mathématiques différentes (une interpolation d'un nombre fini de données étant par exemple toujours possible d'une infinité de manières à l'aide de fonctions polynômiales⁵), et que c'est donc moins l'adéquation empirique d'un formalisme mathématique qui en fait la valeur que sa « rationalité », c'est-à-dire la mesure dans laquelle il exprime des relations nécessaires entre des hypothèses portant sur les processus considérés – l'adéquation étant d'un intérêt subordonné à cette rationalité. Ce qui revient bien à dire qu'une véritable mathématisation d'une portion du « réel » n'en est pas une simple *description* mathématique (à ranger parmi les « règles empiriques ») ; qu'elle est toujours une mise en forme mathématique d'une *théorie* (ou, comme il préférera le dire, d'un *modèle*) qu'on en a, c'est-à-dire d'une représentation abstraite et idéalisée « pertinente » non encore (purement) mathématique, laquelle seule est susceptible de « donner un sens réel » aux entités mathématiques introduites et d'éliminer de la sorte leur « caractère sinon artificiel ». Après l'avoir suggéré dès sa thèse, Bertalanffy s'accordait ainsi à Kostitzin, qui souligna à la même époque que même des hypothèses inexactes sont à cet égard plus fécondes que des « règles empiriques »⁶ :

Accumuler des données quantitatives, construire des courbes et élaborer des formules qui en rendent compte de manière plus ou moins satisfaisante ne peut pas encore être qualifié de « mathématisation » ; car ce qui est essentiel pour celle-ci, c'est son caractère déductif ou, comme on peut aussi le dire, la compréhension des fondements des processus concernés : ce n'est pas de la formule en tant que telle qu'une telle compréhension est issue, car elle n'est qu'un outil, certes extraordinairement puissant, pour élaborer de telles relations déductives⁷.

¹ Bertalanffy L. von (1937b), p. 15. Voir p. 16 pour le commentaire sur Kant.

² Bertalanffy L. von (1949e), pp. 150-151.

³ Barbut M. (2000), p. 45.

⁴ Voir Canguilhem G. (dir.) (1972).

⁵ Dans le cas d'une fonction d'une variable, il suffit d'utiliser pour en construire la base des polynômes dits de Lagrange associée aux points correspondant aux mesures effectuées, mais il y a une infinité de solutions. Bertalanffy insista sur ce point dans (1942), pp. 234-235.

⁶ Kostitzin V. (1937), p. 13. Bertalanffy L. von (1926a), p. 74.

⁷ Bertalanffy L. von (1937b), p. 16.

Une bonne approximation peut être atteinte par une expression mathématique qui n'a absolument aucun sens ; et réciproquement, une adéquation insuffisante de l'expression mathématique choisie peut dériver du fait que ce ne soit pas la « bonne » fonction qui a été choisie, mais tout aussi bien du fait que ce soit certes la « bonne », mais que le cours normal [des phénomènes] ait été perturbé par des facteurs compliqués [...], comme le montre l'exemple de la loi de la chute libre [...] Une approximation satisfaisante des observations empiriques est donc une condition *nécessaire* mais en aucune façon *suffisante* pour qu'une formulation mathématique soit tenue pour rationnelle [...] La théorie mathématique doit être issue de cas idéaux schématisés qui sont simplifiés par rapport aux phénomènes réels compliqués et permettent par là-même la formulation mathématique¹.

Une mathématisation authentique procéderait donc selon ce que Bertalanffy appelait la « méthode analytique », dont la forme d'actualisation paradigmatique, l'« instrument de travail le plus important », restait à ses yeux « la mise en œuvre d'équations différentielles ». Il en décrit l'« essence » en ces termes :

Des hypothèses déterminées sont faites sur les fondements du phénomène ; elles sont ensuite formulées mathématiquement, puis des déductions en sont tirées par la voie mathématique, qui sont testées dans l'expérience et par l'expérimentation et qui, dans le cas où elles passent favorablement ce test, vérifient les hypothèses [...] Dans ce cas favorable, on a affaire avec les relations hypothétiques en question à des lois de la nature, i.e. à des relations rationnelles qui ne se limitent pas à décrire les phénomènes, mais qui se tiennent mutuellement dans des relations de dépendance déductive et expliquent donc ces phénomènes à partir de principes sur-ordonnés².

On remarquera que pour Bertalanffy, et ce dès 1928, le test empirique ne « vérifie » jamais directement une hypothèse, mais l'adéquation empirique des conséquences qui en sont déduites³. Cette conception a son importance car comme je le montrerai, elle signifiait aussi que l'inadéquation empirique d'une hypothèse, d'un modèle conceptuel, n'implique pas nécessairement de le remettre en cause, le problème pouvant *a priori* être d'abord reporté sur sa formalisation. Par ailleurs, la notion de « vérification » utilisée par Bertalanffy n'est pas sans reste à confondre avec celle d'une vérité indépendante des représentations destinées à la mettre au jour, pour des raisons déjà évoquées qui s'intègrent à une vision générale de la pensée scientifique qu'il s'agit maintenant d'examiner.

2-2-1-6 – *La science en tant qu'art perspectiviste de l'omission et de l'interprétation du réel*

Cette vision, conséquence logique de son perspectivisme, était naturellement solidaire de l'« anthropologie philosophique » qu'il développa en parallèle. Bertalanffy considérait la science comme un « réseau de schèmes conceptuels » (ou encore, comme un ensemble de « systèmes de constructions conceptuelles ») parmi d'autres destiné à aider l'homme à « ordonner son expérience » et à « trouver sa voie dans le monde »⁴. Comme tout univers symbolique, sa logique serait celle d'une substitution de symboles au monde sensible : très différente d'une « simple accumulation » et d'« un catalogue de faits », elle serait « un ordre conceptuel que nous introduisons dans les faits »⁵. De sorte qu'il put écrire à la fin de sa vie :

Le monde de la science est celui de nos constructions conceptuelles⁶.

Une première empreinte plus ou moins directe de Hertz et de Boltzmann se manifeste ici, même si Bertalanffy ne se référa jamais à ce dernier à ce propos :

[Hertz a fait prendre conscience aux physiciens] qu'aucune théorie ne peut être quelque chose d'objectif qui coïncide réellement avec la nature, que chacune d'entre elles est plutôt uniquement une image mentale des phénomènes, qui se rapporte à eux comme le signe au désigné. Il en résulte

¹ Bertalanffy L. von (1942), pp. 234-235 et p. 324.

² Bertalanffy L. von (1942), p. VII. Voir aussi p. 236 et, pour des formulations analogues, (1934a), p. 619 déjà. L'expression « méthode analytique » apparaît chez lui dans ce sens dès (1937b), p. 16.

³ Il écrivit dans (1928a), pp. 93-94 que « la loi n'est jamais 'démontrée' par l'expérimentation », ne serait-ce que parce qu'elle ne saurait se réaliser parfaitement.

⁴ Bertalanffy L. von (1953a), p. 236 et (1957a), pp. 41-42.

⁵ Bertalanffy L. von (1953a), p. 238 ;

⁶ Bertalanffy L. von (1971c), pp. 36-37.

que notre tâche ne peut pas être de trouver une théorie absolument correcte, mais plutôt une reproduction la plus simple possible, qui représente le mieux possible les phénomènes¹.

La tâche de la théorie consiste dans la construction d'une reproduction du monde extérieur qui existe uniquement en nous et doit nous servir de guide dans toutes nos pensées et nos expériences².

Nous avons vu que Bertalanffy attribuait la puissance spécifique des constructions scientifiques à leur tendance vers l'absence d'ambiguïté de leurs termes et de leurs concepts, et à la force opératoire engendrée par les règles syntactiques strictes connectant leurs symboles. Mais il estimait que cette puissance ne doit jamais faire oublier que la science n'est, et ce d'autant plus d'ailleurs qu'elle gagne en puissance en se mathématisant, qu'un ensemble d'« abstractions et de stylisations qui n'expriment que certains traits d'ordre du réel » en leur « faisant correspondre de manière univoque certains schémas conceptuels », lesquels demeurent « à jamais incapables d'appréhender la profusion des phénomènes »³. Le scientifique devrait donc cultiver la modestie en étant certes « satisfait s'il peut refléter quelques aspects du réel dans des constructions théoriques et être par leur biais capable de contrôler la nature en pensée et en pratique », mais tout « en connaissant bien leurs limitations »⁴. En 1953, dans le premier article où il explicita son perspectivisme, Bertalanffy fut donc très logiquement conduit à s'approprier une expression du peintre américain James A. Whistler, pour décrire la science comme un « *art de l'omission* » :

La science est la représentation de certains aspects de l'univers dans des systèmes symboliques [...] Elle] est l'un de ces mondes symboliques que l'homme a créés afin de maîtriser la grande énigme de l'univers, création qui est une part constitutive de son unicité [...] Aucun de ces mondes symboliques, dont l'ensemble forme ce qu'on appelle la culture humaine, n'est une présentation exhaustive de la réalité [...] Whistler appela la peinture un art de l'omission représentant les choses par quelques traces caractéristiques. Quelque chose de similaire est vrai pour la science. Elle n'est pas concernée par le cœur le plus intime de la réalité mais en est l'une des perspectives, représentant au moyen de symboles interconnectés certaines de ses traces, à savoir l'ordre des relations entre les choses. Ceci suffit néanmoins à permettre une maîtrise théorique et pratique de la nature [...] Ce que peut la science, c'est symboliser la réalité à sa manière, tout en sachant, comme le firent toujours ses grands maîtres, qu'elle n'est qu'une humble façon de redessiner quelques traces du grand plan de la réalité⁵.

D'autant plus par son insistance sur les caractères « librement créé » et « non déterminable par des prédicats d'observation » des constructions symboliques⁶, Bertalanffy invitait ainsi le scientifique à voir la nature avec ce que le systémicien français Jean-Louis Le Moigne a appelé « les yeux de l'art », i.e. « en cherchant à la comprendre plutôt qu'à l'expliquer »⁷. Il anticipe déjà là deux des quatre préceptes du « nouveau discours de la méthode » élaboré par Le Moigne en 1977 : celui d'« agrégativité », selon lequel toute représentation est délibérément simplificatrice et conçue en renonçant à toute prétention à l'exhaustivité ; et celui de « pertinence », selon lequel tout objet scientifique ne se définit qu'en référence à une intention de celui qui le construit⁸. Il en va de même de la substitution sous-jacente de ce que Le Moigne appela le « postulat de projectivité » à celui d'objectivité, ou encore celle de « l'univers construit » à « l'univers câblé ». Une substitution que l'on retrouve dans la rupture prônée à la même époque par Stachowiak entre d'une part un concept « réceptif-passif » de la connaissance, qui serait « hanté par le vieux rêve d'absolu des théories de l'adéquation du dogmatisme pré-kantien » et « l'idéologie de l'objectivité du concept classique [ultimement aristotélicien] de vérité » ; et d'autre part un concept « néo-pragmatique, intentionnel », qui tient tout savoir pour un « savoir pour », et dont les thèmes directeurs sont la « constructivité créatrice » et l'« opérationnalité » comprise comme dépendance de la connaissance à des motifs et à

¹ Boltzmann L. (1899), in Bouveresse J. (1991), p. 125.

² Boltzmann L. (1890), in Bouveresse J. (1991), p. 135.

³ Bertalanffy L. von, respectivement (1945), p. 4 et (1942), p. V.

⁴ Bertalanffy L. von (1951b), p. 343.

⁵ Bertalanffy L. von (1953a), p. 239.

⁶ *op. cit.*, p. 236.

⁷ Le Moigne J.L. (2002a), p. 103.

⁸ Le Moigne J.L. (1977), pp. 22-23.

des buts déterminés par le sujet¹. Le principe de ces substitutions était que la connaissance n'est pas un processus passif de dévoilement d'une « réalité » en soi, d'objets et de relations donnés *a priori* qu'il s'agirait de reproduire *a posteriori* dans la pensée, mais un processus actif d'assimilation des phénomènes à des schémas construits essentiellement *a priori* par projection des intentions et références conceptuelles de leurs créateurs et servant de points de départ à un processus d'objectivation, le « réel » et l'objet scientifique devenant dans cette perspective des constructions *a posteriori*, mieux : des « œuvres ». Le Moigne put en ce sens définir son « projectivisme » comme un « constructivisme fondé sur l'hypothèse téléologique » : la recherche scientifique serait un « projet de connaissance » et ne se définirait plus par « un objet à connaître »². La convergence est claire avec Bertalanffy, surtout avec son mot déjà cité selon lequel « le mieux que nous puissions atteindre est non une copie de la réalité dans la connaissance mais une *projection*, pour ainsi dire *dans les coordonnées des catégories humaines, de certains de ses aspects*, qui se trouve isomorphe eu égard à des propriétés formelles générales et limitées »³.

Deux aspects de cet « art de l'omission » qu'était pour lui la science doivent être soulignés en particulier. Il évoqua le premier dès 1945. Son rôle dans la vision par Bertalanffy d'une unité de la science fondée sur des « isomorphismes » est évident. Il s'agit de ce qu'il appelait « le caractère plutôt restreint du nombre de schèmes conceptuels disponibles pour l'interprétation de la réalité », une relative restriction expliquant en partie que « des schèmes semblables surgissent dans différents domaines »⁴. Pour lui, cette limitation tenant à des facteurs psychobiologiques et culturels ne signifiait toutefois pas que les schèmes en question soient figés. Il remarqua au contraire que les écrits des présocratiques et de la Renaissance tiennent une bonne part de la persistance de leur intérêt à la « fréquente préfiguration d'une connaissance ultérieure » qu'ils donnent à voir, et qu'ils imposent le « constat que certains schèmes conceptuels reviennent à travers les siècles en dépit de formulations diverses » ; ce qui ne les empêche pas de contribuer sans cesse à « l'enrichissement de notre connaissance factuelle »⁵, précisément du fait de leur nécessaire transformation dans des contextes différents. L'histoire des sciences ne serait d'ailleurs autre pour Bertalanffy que la chronique de cet « éternel retour » marqué par un mouvement évolutif ascendant :

L'historien des sciences trouve toujours que le nombre d'idées fécondes [*germinal*] est limité et qu'elles tendent à réapparaître en spirale à des niveaux toujours plus élevés de sophistication⁶.

Le second aspect est dans une certaine mesure le symétrique du premier. Au lieu d'aboutir à la mise en exergue de ce que d'aucuns ont appelé la « polyvalence » des schèmes conceptuels et théories scientifiques⁷, il s'agissait cette fois pour Bertalanffy d'insister sur leur « sous-détermination » par rapport au « réel ». À savoir l'impossibilité d'une représentation univoquement déterminée d'un ensemble de phénomènes et, par conséquent, la possibilité et même la nécessité d'appréhender cet ensemble par des constructions différentes voire logiquement incompatibles, mais « complémentaires » ; ou encore, comme Stachowiak l'a exprimée, « la possibilité pour des faits d'observation identiques d'être décrits par des théories de structures différentes qui en fournissent une 'explication' à partir de postulats fondamentaux » différents⁸. Dans le cadre de sa métaphore réitérée de la carte, qui prit parfois la forme d'une analogie entre les rapports entre science et réalité d'une part, et ceux entretenus entre une esquisse architecturale sur le papier et sa réalisation matérielle d'autre part, il estimait que « l'édifice de la réalité ne saurait être reproduit par un unique plan » :

La même réalité peut être représentée par des moyens symboliques différents, différentes cartes au sens le plus large du terme, et il n'y a aucun sens à se demander laquelle est la plus correcte : toute carte ne représente que certains aspects de la réalité⁹.

¹ Stachowiak H. (1978), p. 52, pp. 56-57 et p. 61.

² Le Moigne J.L. (1977), p. 58 ; (1982), p. 215 ; (2002a), p. 44, p. 119, p. 125 et pp. 139-140.

³ Bertalanffy L. von (1966b), p. 136. Les italiques me sont propres.

⁴ Bertalanffy L. von (1945), p. 4 et (1951c), p. 26.

⁵ Bertalanffy L. von (1951d), p. 14.

⁶ Bertalanffy L. von (1967a), p. 60.

⁷ Bachelard S. (1979), p. 6 par exemple.

⁸ Stachowiak H. (1965), p. 434.

⁹ Bertalanffy L. von (1957a), p. 41. Voir aussi (1945), p. 4.

C'est à cette conscience de la « sous-détermination » qu'étaient directement liées certaines de ses conceptions déjà évoquées dont d'autres épistémologues ont depuis souligné la profonde signification : il en va ainsi de sa conception de la formalisation mathématique, mais aussi de son idée que l'adéquation empirique ne saurait être un critère suffisant de justification d'une construction théorique, d'autant plus que la dépendance de toute lecture de « faits » expérimentaux à de telles constructions rend possibles des interprétations à la fois cohérentes et différentes, voire contradictoires, des mêmes résultats empiriques¹. Si la thèse en question fut et demeure souvent associée au nom de Willard V.O. Quine², ce dernier n'en fut aucunement le « père » et ce n'est d'ailleurs pas sous son influence que Bertalanffy la soutint. Elle dérivait naturellement chez lui de son héritage perspectiviste, en particulier de son vif intérêt pour le Cusain et Goethe, qui le convainquit très tôt du fait que

tout symbole n'appréhende qu'une face de la réalité ; il n'est pas la réalité et ne l'épuise pas³.

Et il put se nourrir des réflexions de certains physiciens : non seulement du « complémentarisme » de Bohr et Heisenberg (ce qu'il fit explicitement), mais aussi (au moins indirectement) de Hertz et de Boltzmann, qui apparaissent comme les instigateurs du thème considéré à la fin du XIX^e siècle. Tous deux avaient en effet déjà jugé que la possibilité d'une pluralité des « images » « logiquement admissibles » et empiriquement « correctes » d'un même phénomène est une conséquence nécessaire dès lors que l'on accepte (comme ils le prônaient) de les réduire à de pures représentations⁴. Ils distinguaient trois caractéristiques différentes et irréductibles de ces « images » : celles dérivées de propriétés constitutives de la pensée en général, celles dérivées de la nécessité pour ces « images » de s'accorder avec l'expérience et celles dérivées de choix arbitraires dans leur construction. Anticipant le principe de réduction de l'objectivité à ce que j'appelle une « convergence de perspectives », ils considéraient comme Poincaré que les seuls éléments indispensables aux représentations différentes d'un phénomène sont ceux qu'elles doivent nécessairement avoir en commun⁵.

Si Bertalanffy fit très tôt siennes les deux thèses précédemment discutées, ce n'est qu'en 1965 qu'il les intégra à sa philosophie du symbolisme alors arrivée à maturité, et ce explicitement sous l'influence de Cassirer. Ce dernier, dans une réflexion visant à établir ce qui distingue signes et symboles, avait souligné en 1944 que le propre des seconds est leur « extrême mobilité », qu'il s'agisse des symboles discursifs ou non discursifs⁶. Ce terme de « mobilité » référait autant à ce que Bertalanffy qualifia de « correspondance d'un à plusieurs » (i.e. entre un même symbole et plusieurs entités différentes) qu'à ce qu'il qualifia de « correspondance de plusieurs à un » (i.e. la représentation d'une même entité par plusieurs symboles différents) ; c'est-à-dire encore à ce qu'il appela aussi respectivement l'« universalité » et la « plasticité » des symboles, dont la manifestation la plus élémentaire est l'existence d'homonymes et de synonymes dans tout langage vernaculaire. Bertalanffy s'opposait là à une idée défendue en particulier par le psychologue Joseph R. Royce (l'un de ses collègues à l'université d'Alberta), selon laquelle le premier type de correspondance serait propre aux symboles non-discursifs, tandis que les symboles discursifs, en particulier ceux des mathématiques, se caractériseraient par une « correspondance d'un à un », c'est-à-dire par une signification univoque⁷. Il fit en particulier remarquer que la « correspondance d'un à plusieurs » est au contraire « un pré-requis pour l'application des mathématiques en science ». Bertalanffy suivit de surcroît Cassirer dans une autre de ses idées, qui s'intégrait à sa vision plus générale de la logique évolutive du symbolisme, à savoir que les « correspondances d'un à un » caractériseraient les formes primitives de symbolisme (que ce soit d'un point de vue culturel ou psychogénétique), dont émergeraient progressivement et simultanément les propriétés d'« universalité » et de « plasticité ». Une émergence qui ne signifierait pas une substitution, mais serait au contraire l'origine d'un dynamisme qui traverse toute l'évolution

¹ Voir aussi Danchin A. (1979), p. 42 ; Delattre P. (1979), p. 98 et Prins J. de (1979), p. 234 et p. 244 en particulier.

² Quine W.V.O. (1960, 1977). Quine la soutint déjà dans des publications antérieures.

³ Bertalanffy L. von (1949d), p. 362. (1923), Il a déjà été montré comme inaugurant d'emblée cette conception chez Bertalanffy.

⁴ Boltzmann L. (1899), in Bouveresse J. (1991), p. 125 : « On peut concevoir la possibilité de deux théories complètement différentes qui sont toutes les deux également simples et qui s'accordent également bien avec les phénomènes ; qui par conséquent, bien que totalement différentes, sont toutes les deux également admissibles ».

⁵ Bouveresse J. (1991), pp. 118-119 et p. 133.

⁶ Cassirer E. (1944), pp. 52-60.

⁷ Royce J.R. (1965), pp. 15-23.

du symbolisme : une tendance vers l'absence d'ambiguïté et la précision demeurerait antagoniste à cette tendance vers l'équivocité, son paradigme étant la substitution de formulations mathématiques à des formulations en langage vernaculaire¹.

La vision perspectiviste de la science comme « art de l'omission » avait une conséquence immédiate chez Bertalanffy : son rejet vigoureux de toutes les formes de scientisme, qu'il comprenait à la suite de Hayek² à la fois comme toute doctrine selon laquelle seules les méthodes spécifiques des sciences de la nature peuvent conférer à un domaine d'étude sa qualité de savoir digne du titre de science (ce que Hayek avait qualifié d'« objectivisme »³) et comme l'effort pour l'actualiser, mais plus généralement aussi comme « la croyance erronée » selon laquelle « la science, la méthode scientifique et la technologie recouvrent la totalité de l'expérience et de l'accomplissement humains », au mépris du fait qu'elles ne sauraient être source de valeurs et que l'art et la religion sont, entre autres, des « perspectives tout aussi nécessaires »⁴. Dans la « psychopathologie du scientisme » qu'il publia en 1960, il désigna « le » positivisme comme sa « racine épistémologique »⁵. Cette accusation pouvait certes trouver quelque justification compte tenu de la tendance positiviste à réduire toute connaissance authentique à la connaissance scientifique, d'autant plus qu'un Neurath put « volontiers » se reconnaître lui-même comme un « tenant du scientisme » et qualifier non sans provocation ses travaux de contributions au « développement de la nouvelle encyclopédie du scientisme »⁶. Elle demeurait toutefois abusive, Mach et Schlick pouvant par exemple difficilement être accusés de soutenir ces doctrines. Bertalanffy, qui cita James et songeait probablement aussi à Vaihinger, remarqua que les fondateurs du pragmatisme n'avaient pas commis « l'erreur du scientisme »⁷ ; mais son jugement pourrait en fait aussi bien s'appliquer à maints philosophes dits « positivistes ». Il visait d'ailleurs avant tout par ces critiques le « physicalisme » de Neurath et Carnap, dont il considérait qu'il reposait implicitement, en dépit des prétentions de ses avocats, sur un « motif métaphysique » : la conviction intime que « le monde tel que représenté par la physique est l'ultime réalité », celle-ci consistant en définitive en des « particules élémentaires » et en leurs interactions, tandis que le reste s'interpréterait au moins en principe comme un résultat de leur agrégation⁸.

La conception perspectiviste de la science conduisait pour Bertalanffy à des conclusions radicalement opposées, qui convergeaient une fois encore vers celles de Cassirer. Celui-ci, en particulier dans des essais non publiés sur le Cercle de Vienne qui ont récemment été étudiés, avait en effet critiqué le physicalisme sur la même base perspectiviste : les « formes symboliques » étaient pour lui des voies différentes et autonomes de constitution d'un monde ayant toutes leur légitimité et une valeur, aucune d'entre elle ne pouvant prétendre à la suprématie⁹. C'est ce pluralisme, opposé au panlogisme néo-positiviste, que l'on retrouve justement chez Bertalanffy, notamment dans une métaphore qu'il affectionnait particulièrement et que j'appellerai la « métaphore de la table ». Du point de vue de l'expérience quotidienne, expliquait Bertalanffy, une table en bois est un meuble ayant des formes et fonctions pratiques déterminées. Du point de vue de la biologie, elle consiste en des cellules trachéales de bois. Du point de vue de la chimie, elle consiste en de la lignine, elle-même composée d'atomes de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Du point de vue de la physique, elle est composée de « particules élémentaires », et s'y appliquent en tant qu'objet macroscopique certaines lois déterminées comme celle de la gravitation. Mais la même table peut tout aussi bien être encore considérée des points de vue historique, économique et sociologique examinant son style, les modalités de son échange et ses fonctions sociales. Et Bertalanffy considérait qu'il n'y a aucun sens à

¹ Bertalanffy L. von (1965a), pp. 45-47 en particulier.

² Hayek F.A. von (1952, 1955b), en particulier pp. 14 sq et 123.

³ Hayek F.A. von (1952, 1953), p. 66 : « L'attitude scientiste que, faute d'un meilleur terme, nous qualifierons 'd'objectivisme' dans l'étude de l'homme et de la société, a trouvé son expression la plus caractéristique dans les efforts qui ont été faits pour se passer de notre connaissance subjective du fonctionnement de l'esprit humain ; ils ont sous des formes diverses affecté presque toutes les branches de la sociologie. De la négation par Auguste Comte de la possibilité de l'introspection, en passant par les tentatives variées pour créer une 'psychologie objective', jusqu'au behaviorisme de J.B. Watson et au 'physicalisme' de O. Neurath, une longue série d'auteurs ont essayé de ne pas recourir à la connaissance dérivée de l' 'introspection' ».

⁴ Bertalanffy L. von (1960a), p. 202 et p. 215 ; (1960c), p. 20.

⁵ *op. cit.*, p. 202.

⁶ Neurath O. (1935a), p. 16 et p. 22.

⁷ Bertalanffy L. von (1960a), p. 216.

⁸ Bertalanffy L. von (1953a), p. 236.

⁹ Voir Krois J.M. (2004), p. 280 et p. 288.

se demander lequel de ces points de vue est le plus « fondamental » ; car tout jugement sur ce même objet qu'est la table se légitimerait au sein du seul « cadre conceptuel de référence » ayant conduit à son énoncé :

Ce sont des constructions nous aidant à introduire un ordre dans l'expérience, que cet ordre appartienne à l'aspect physique, biologique, sociologique ou historique. Les lois physiques gouvernant le jeu des particules élémentaires et leur union dans des composés chimiques ne sont pas plus réelles que les lois économiques gouvernant la fabrication des tables [...] La science, comme le raisonnement quotidien, consiste en un réseau de schèmes conceptuels destiné à nous aider à trouver notre voie dans le monde. Naturellement, la physique est une meilleure science que la biologie ou les sciences sociales parce que son système théorique est plus élaboré et permet de meilleures prédictions [...] Néanmoins, tout système symbolique que nous appliquons représente une certaine facette de la réalité. Et l'image physique du monde n'a aucune singularité ni prééminence métaphysique. Elle ne fait pas plus partie intégrante du cœur de la réalité que les autres¹.

Comme celui de Cassirer, ce perspectivisme ne relativisait pas seulement les diverses constructions du « réel » opérées par les sciences, mais aussi l'ensemble des constructions scientifiques par rapport aux autres « univers symboliques », dont la totalité forme la culture :

La science ne reflète que certains aspects de l'expérience à l'exclusion des autres. Ce que nous appelons l'expérience scientifique est un petit secteur de l'expérience, qui n'est pas nécessairement le seul ni le meilleur [...] Les efforts culturels de la science à l'art sont différents univers symboliques élaborés afin d'appréhender certains aspects de la réalité, quelle que soit la signification attachée à ce terme. L'image scientifique du monde est l'une de ces perspectives, très utile pour construire une vision théorique du monde et pour le contrôle technologique de la nature, mais elle n'est pas la seule possible et elle n'épuise pas à elle seule la réalité².

2-2-2 – Du perspectivisme au « modélisme »

2-2-2-1 – Le modèle comme « essence de toute connaissance en général »

L'aboutissement de la compréhension de la science et plus largement de toute connaissance comme un « art de l'omission » fut très naturellement ce que Stachowiak a appelé un « modélisme », c'est-à-dire l'idée que « toute connaissance est une *connaissance dans des modèles* ou *par des modèles* » et que « toute appréhension humaine du monde nécessite le médium du 'modèle' »³ – le terme « modèle », dont les significations seront discutées plus loin, étant en première approximation compris ici comme référant à une construction représentative, abstractive, idéalisatrice et provisoire, d'une réalité déterminée :

Toute science est un modèle au sens large du terme, c'est-à-dire une structure conceptuelle visant à restituer certains aspects de la réalité⁴.

Nous sommes conscients de ce qu'aucune connaissance n'appréhende de réalité ultime, que chacune ne fait que restituer certains aspects du réel dans des modèles plus ou moins pertinents. C'est dans la compréhension du fait que toute science ne constitue qu'une réflexion de certains traits du réel dans des symboles et modèles nécessairement limités que se trouve simultanément la limite et la fécondité de la pensée scientifique créatrice. Au contraire du dogmatisme des époques antérieures, nous pouvons qualifier de « *perspectiviste* » cette vision du monde, et *le modèle représente* en ce sens *l'essence de toute connaissance en général*⁵.

Une conséquence immédiate de ce « modélisme » fut le rejet par Bertalanffy de la distinction et de la hiérarchie kantienne entre jugements « constitutifs » et « régulateurs », dont le rôle dans la justification d'une science « mécaniciste » a déjà été évoqué. Ce rejet contribuait naturellement à soutenir la thèse de l'égalité de dignité de toutes les perspectives scientifiques :

¹ Bertalanffy L. von (1953a), p. 236. Voir aussi (1957a), p. 42.

² Bertalanffy L. von (1960a), pp. 203-204.

³ Stachowiak H. (1978), en particulier p. 56.

⁴ Bertalanffy L. von (1962a), p. 2.

⁵ Bertalanffy L. von (1965b), p. 298. Les italiques me sont propres.

On ne peut mettre au rebut, à la manière de Kant, les catégories appliquées aux phénomènes biologiques, psychologiques et sociologiques en les qualifiant de seulement « régulatrices », tandis que seules les catégories fondées sur la physique (principalement l'espace, le temps et la causalité) seraient véritablement « constitutives ». Comme toute science est un modèle conceptuel, les modèles appliqués dans les sciences non-physiques ont une signification égale, et il en va de même des catégories qu'elles appliquent¹.

En réalité, ce rejet se manifeste dès les premiers écrits de Bertalanffy, en des termes quasiment identiques à l'exception notable de l'utilisation du terme de « modèle »². C'est d'autant moins étonnant qu'il était parfaitement conforme à l'interprétation fictionaliste de Kant par Vaihinger, si influente sur le Viennois. Et c'est une illustration du fait que son utilisation du terme en question traduisait plus l'influence d'un contexte où il était devenu en vogue que l'émergence de conceptions inédites chez lui.

Stachowiak considérait que le « modélisme » va de pair avec ce qu'il appela un « renoncement à la valence ontologique » des constructions scientifiques, c'est-à-dire à leur vocation à refléter un « être réel », et que son propre est de « souligner leur subjectivité et leur perspective [*Perspektivität*] »³ ; certaines déclarations de Bertalanffy peuvent dans une certaine mesure être tenues pour une illustration de cette thèse :

La science ne fournit jamais que des modèles destinés à traiter et à contrôler (dans une certaine mesure) la réalité au moyen de constructions conceptuelles appropriées. Mais ce qu'est ultimement la « réalité » sous-jacente aux phénomènes se trouve au-delà de ses limites et même de son intérêt⁴.

Mais l'existence déjà discutée du moment « absolutiste » du perspectivisme de Bertalanffy permet d'affirmer qu'elle ne saurait en fait lui être appliquée sans reste. Et cela vaut pour la même raison d'une autre thèse qui en était solidaire, à savoir que la tendance à qualifier de « modèles » toutes les constructions scientifiques serait « l'expression caractéristique d'une pragmatisme croissante de la pensée scientifique », le concept de modèle incarnant typiquement selon Stachowiak ce qu'il appelait la « forme néo-pragmatique de savoir »⁵.

Contrairement à ce qu'il avançait, c'est non vers Bertalanffy mais vers d'autres théoriciens des « nouvelles sciences » apparues après-guerre qu'il faut se tourner pour illustrer ses thèses. Celles-ci s'appliquent déjà beaucoup mieux, par exemple, à des cybernéticiens comme Deutsch, pour qui « les hommes pensent en termes de modèles »⁶, et surtout Arturo Rosenblueth et Norbert Wiener. L'élaboration des fondements de la cybernétique par ces derniers fut en effet d'emblée solidaire d'une identification du processus d'abstraction au « remplacement de la partie de l'univers considérée par un modèle de structure semblable mais plus simple » ; les modèles, qu'ils soient formels ou matériels (la distinction sera reconsidérée au 2-2-2-5), constituant selon eux une « nécessité centrale de la pensée scientifique » dont la valeur se mesure essentiellement à leur caractère opérationnel. Ils voyaient toute la connaissance scientifique comme une « séquence de modèles abstraits », leur raison ultime rejoignant certes remarquablement l'inspiration de Bertalanffy :

Les modèles partiels, aussi imparfaits qu'ils soient, sont les seuls moyens développés par la science pour comprendre l'univers. Ce jugement n'implique par une attitude de défaitisme, mais la reconnaissance du fait que le principal outil de la science est l'esprit humain et que celui-ci est fini⁷.

Le plus explicite et radical dans la direction repérée par Stachowiak fut certainement John von Neumann, qui déniait même aux modèles deux des caractères que Bertalanffy, comme il va apparaître, jugeait essentiels ; à savoir leurs caractères interprétatif et explicatif :

Les sciences n'essayent pas d'expliquer, elles ne tentent même guère d'interpréter, elles construisent principalement des modèles. Par modèle nous entendons une construction mathématique qui, par addition de certaines interprétations verbales, décrit des phénomènes

¹ Bertalanffy L. von (1965a), p. 44.

² Bertalanffy L. von (1927c), p. 253 par exemple.

³ Stachowiak H. (1965), p. 432 et (1978), p. 56.

⁴ Bertalanffy L. von (1971b), p. 116.

⁵ Stachowiak H. (1965), p. 436 et p. 454.

⁶ Deutsch K. (1951), p. 230.

⁷ Rosenblueth A. & Wiener N. (1945), p. 321. Voir aussi p. 316 et p. 320.

observés. La justification d'une telle construction mathématique est uniquement et précisément l'opérationnalité qu'on en attend – c'est-à-dire qu'elle décrive correctement des phénomènes d'un domaine raisonnablement étendu¹.

En fait, le « modélisme » est certes devenu après-guerre une conception de la science de plus en plus répandue, mais elle fut protéiforme et partagée par des scientifiques et philosophes d'inspirations diverses : du mathématicien Claude Bruter, selon qui « l'activité centrale de notre esprit consiste à fabriquer des modèles »² et d'un astrophysicien comme Malcolm Longair, qui a jugé que « toute la physique est en réalité une perpétuelle construction de modèles »³, aux structuralistes pour lesquels, comme Alain Vergnioux l'a bien exprimé, « expliquer une chose, c'est en construire un modèle »⁴, ou encore à un systémicien comme Le Moigne, qui tient l'homme de science pour un pur « concepteur de modèles » dont la vocation serait non « l'analyse de la réalité », mais la « conception du modèle » permettant de « signifier » des objets, de les « interpréter », de les « comprendre projectivement »⁵.

On peut de surcroît tout aussi bien voir un « modélisme » se manifester dès la fin du XIX^e siècle et le début du XX^e chez certains des plus illustres physiciens et mathématiciens, lesquels ne se conformaient pourtant guère à la vision de Stachowiak. Ainsi Planck, qu'on ne saurait suspecter d'une vision pragmatiste de la science, put-il qualifier l'image physique du monde d'« idéalisation modélisatrice [*modellmäßig*] »⁶. Il en va de même d'Emile Picard avant lui, qui avait considéré que « les images que notre esprit se forme des choses sont des modèles de ces choses » et que « l'accord entre l'esprit et la nature est comparable à l'accord entre deux systèmes qui sont modèles l'un de l'autre »⁷. Mais c'est vers Hertz et Boltzmann qu'il faut encore se tourner pour voir clairement formulées en des termes très voisins de ceux de Picard à la fois la nature et l'origine d'un tel « modélisme » qui, véritablement conforme à celui de Bertalanffy, en constitua d'ailleurs indubitablement une source majeure :

Il y a longtemps que la philosophie a perçu l'essence de notre processus de pensée comme consistant dans le fait que nous attachons aux divers objets réels autour de nous des attributs physiques particuliers – nos concepts – et à l'aide de ceux-ci essayons de représenter les objets à notre esprit. [... À une époque récente], de telles conceptions ont été mises par J.C. Maxwell, H. von Helmholtz, E. Mach, H. Hertz et beaucoup d'autres en relation étroite avec tout le système de la théorie mathématique et physique. Selon cette conception, *nos pensées sont avec les choses dans la même relation que les modèles avec les choses qu'ils représentent*. L'essence du processus est le *rattachement d'un concept ayant un contenu déterminé à chaque chose, mais sans que cela implique une similitude complète entre la chose et la pensée* ; car naturellement nous ne pouvons savoir que peu de chose de la ressemblance de nos pensées avec les choses auxquelles nous les attachons⁸.

La fin de cette citation est à relier à une remarque de Bertalanffy dans un article consacré à Vaihinger, selon laquelle « nous n'avons pas la moindre preuve que le monde 'réel' est de la même nature que le coin minuscule de notre expérience interne »⁹ : c'est d'autant moins surprenant lorsqu'on sait que Vaihinger fut aussi une source d'inspiration de Boltzmann¹⁰.

Même si ce dernier récusait l'idéalisme critique, il faut encore noter que les philosophes Gehardt Frey et Friedrich Kaulbach ont probablement eu raison de voir bien en amont, à savoir chez Kant lui-même, l'origine du « modélisme ». Le premier a suggéré que la « révolution copernicienne » opérée par la philosophie transcendantale ne laissa guère à la philosophie et aux sciences post-kantiennes la possibilité d'échapper à la conclusion que toutes les théories scientifiques ne sont que des modèles qui ne reflètent pas une « réalité en soi » ; une idée dont Frey a très justement souligné

¹ Neumann J. von (1955), p. 491.

² Bruter C. (1982), p. 14.

³ Longair M., in Bailer-Jones D.M., in Hallyn F. (2000), p. 281.

⁴ Vergnioux A. (2003), p. 177. Voir aussi Levi-Strauss C. (1958), pp. 303-319 en particulier.

⁵ Le Moigne J.L. (1977), pp. 45-46 et (2002a), p. 44 et p. 147.

⁶ Planck M., in Frey G. (1961), p. 90.

⁷ Picard E., in Bruter C.P. (1982), p. 24.

⁸ Boltzmann L. (1902, 1974), p. 214. Voir aussi Bouveresse J. (1991), p. 139 et (2001), pp 148-149. Les italiques me sont propres.

⁹ Bertalanffy L. von (1932a), p. 71.

¹⁰ Voir Bouveresse J. (2001), pp. 157-159. Boltzmann s'appropriera pour ainsi dire intégralement la conception fictionaliste des rapports entre science et métaphysique développée par Vaihinger.

aussi, après d'autres tels que Duhem¹, qu'elle avait en règle générale déjà été appliquée à toutes les représentations mathématiques du « réel » de l'Antiquité jusqu'à Copernic². Quant à Kaulbach, ses analyses l'ont amené à voir dans la doctrine kantienne de l'« hypotypose » le premier « fondement d'une théorie du modèle »³. Dans sa *Critique de la raison pure*, Kant avait déjà cherché à comprendre « comment il est possible d'appliquer en général à des phénomènes des concepts purs de l'entendement ». Sa doctrine du schématisme fut élaborée afin d'y répondre. Et elle fut complétée dans sa *Critique de la faculté de juger*, où il distingua deux « modes de représentation intuitif » ou d'« expression » des concepts, c'est-à-dire de « désignation des concepts par des signes sensibles les accompagnant », sans lesquels ils demeureraient dépourvus d'objets. D'une part l'« hypotypose schématique », par laquelle un « schème transcendantal », qualifié aussi de « monogramme de l'imagination pure *a priori* », se constitue comme une « représentation médiatrice pure (sans rien d'empirique) et cependant d'un côté *intellectuelle*, de l'autre *sensible* » entre un « concept pur de l'entendement » et un phénomène, sa fonction étant de représenter le « procédé général de l'imagination » destiné à « procurer » à ce concept ses « images » (par exemple le schème du cercle, qui permet de passer de son concept à sa figuration). Et d'autre part l'« hypotypose symbolique », où la faculté de juger, cette fois dans le cas où « aucune intuition sensible ne peut être adéquate » au concept qu'il s'agit pour elle de représenter, suit un procédé « simplement analogue » à celui qu'elle met en œuvre dans le schématisme, ne fournissant au concept qu'une représentation « indirecte » (par exemple le cercle en tant que symbole de la plénitude). Autrement dit, toute intuition soumise *a priori* à un concept était pour Kant soit un « schème » dans le cas où elle contient une « présentation directe » du concept qui procède « démonstrativement », soit un « symbole » s'il s'agit d'une « présentation indirecte » procédant par analogie⁴. Kaulbach a considéré que l'intelligibilité du concept de modèle scientifique tel qu'il fut développé par Hertz, Boltzmann et leurs successeurs se révèle à la lumière de la seule conception kantienne de l'« hypotypose symbolique ». Il semble néanmoins que dans la mesure où sont pris en compte tout autant les « modèles iconiques » que les « modèles symboliques » (Frey), toute la doctrine kantienne de l'« hypotypose » est effectivement pertinente à cet égard. Peut-être était-ce en pensant à Kant que le philosophe Ferdinand Gonseth écrivit dès 1949 que « la fonction du modèle est d'apporter à un schéma une illustration que ce dernier ne comporte pas d'avance, une signification extérieure qui en soutienne la conception »⁵.

En tout état de cause, ces considérations montrent que le « modélisme » de Bertalanffy n'a pas nécessairement à être compris exclusivement en rapport avec la montée en puissance d'un néo-pragmatisme, mais qu'il peut aussi bien et certainement de manière plus pertinente être tenu pour une expression logique de l'inscription de son perspectivisme dans la tradition de pensée critico-idéaliste. L'essentiel en est ce que Hans Lenk, selon moi l'un des plus pertinents philosophes de la pensée systémique, a appelé le « *principe fondamental d'interprétativité* de toute connaissance, perception et action ». Bertalanffy écrivit d'ailleurs en ce sens que « la construction de modèles conceptuels est non seulement permise, mais constitue en fait le fondement de toute interprétation » du réel, sans lequel n'advierait rien d'autre qu'une « énumération de données »⁶. Mais il n'y a pas pour autant à considérer comme Lenk qu'une « sorte de réalisme pragmatique » soit « nécessairement impliqué » dans une telle position qu'il a aussi qualifiée de « constructivisme interprétationniste » ; d'autant plus que Lenk s'est lui-même inscrit dans le prolongement de la « philosophie des formes symboliques » de Cassirer afin de se faire comme Le Moigne l'avocat de cette vision de toute connaissance comme une « construction projective » fondée sur des « schèmes d'interprétation », ce qu'il appela sa nature fondamentalement *herméneutique* – la signification de ce dernier terme étant ainsi généralisée par-delà le seul « cas particulier » de l'interprétation des textes⁷. Plus généralement qu'un « art de l'omission », l'omission », la science était pour Bertalanffy un art de l'interprétation du réel ayant des modèles tout à la fois pour instruments et pour produits – une dualité qui pose déjà au moins le problème de sa

¹ Duhem P. (1908, 2003).

² Frey G. (1961), p. 90.

³ Kaulbach F. (1965), en particulier p. 475.

⁴ Kant E. (1781, 1980), pp. 884-887 et (1793, 1985), pp. 1141-1143.

⁵ Gonseth F. (1949), in Cohen-Tannoudji G., in Nouvel P. (2002), p. 41

⁶ Bertalanffy L. von (1962a), p. 15.

⁷ Lenk H. (1995), pp. 57-60. Voir aussi Le Moigne J.L. (2002a), p. 147.

signification. Cette conception fut déterminante pour sa compréhension du concept de système et de sa mise en œuvre. Mais avant de considérer cette détermination, il me faut, compte tenu de la polysémie du terme « modèle », préciser dans un premier temps à quoi il référait chez lui, puis la manière dont il se représentait les fonctions, l'évaluation et les éventuels dangers des modèles.

2-2-2-2 – Premières manifestations du concept de modèle chez Bertalanffy

Deux faits doivent commencer par être soulignés. Le premier est qu'avant même que le terme *Modell* ne fasse en 1932 irruption dans les textes de Bertalanffy, celui-ci utilisa parfois un vocabulaire caractéristique voisin de celui utilisé par ailleurs par les physiciens qui promouvaient l'usage de ce terme. Le plus révélateur à cet égard est sans doute son emploi du terme *Gedankengebilde*, que l'on peut traduire par « objet idéal » : il l'utilisa en 1929 pour décrire l'une des vocations de la « biologie théorique » ; à savoir, justement, élaborer de tels objets afin de « pouvoir fournir une explication des phénomènes de la vie »¹. Or, le terme *Gedankenbild* (« image idéale ») fut utilisé par Boltzmann en 1897 en tant que synonyme de celui de *Modell*, non certes explicitement, mais en y subsumant les traits qu'il associa ailleurs au second². Remarquons aussi que Bertalanffy utilisa dès 1926 l'expression *begriffliche Gebilde* (« objet conceptuel »), afin de qualifier les constructions spéculatives de Spengler : lorsqu'il reprit les mêmes réflexions sur « l'histoire théorique » à la fin de sa vie, la seule nouveauté sensible fut à vrai dire l'utilisation de l'expression « modèle conceptuel »³.

L'autre fait est un prolongement naturel du premier si l'on conserve à l'esprit que l'« explication » à laquelle Bertalanffy vouait les « objets idéaux » se concevait sur le mode « nomologico-déductif » : lorsqu'il commença à utiliser le terme *Modell*, ce ne fut jamais qu'en référence à l'activité créatrice et audacieuse d'abstraction et d'idéalisation qui constituait pour lui l'un des moments essentiels de toute théorisation. Déjà lorsqu'il parla en 1929 d'« objets idéaux », ce fut immédiatement pour signifier qu'ils répondaient à la nécessité d'un « geste copernicien » qu'il jugeait urgent en biologie⁴ – par quoi il référait bien sûr non pas tant au système astronomique du Polonais qu'à la « révolution » transcendantale opérée par Kant. Et si l'on songe à sa tendance à faire de Galilée le paradigme du théoricien, la première occurrence du terme *Modell* dans ses écrits apparaît d'autant plus significative qu'elle intervint pour interpréter comme des exemples de démarches théoriques à suivre les modélisations physico-mathématiques de systèmes biologiques introduites par Rashevsky, alors que celles-ci ne faisaient guère qu'exhiber des mécanismes hypothétiques susceptibles de produire à eux seuls des phénomènes analogues à ceux qui se manifestent dans les systèmes infiniment plus complexes que ces modélisations étaient supposées représenter :

Remarquables sont les approches de la *pensée « galiléenne »* dans la théorie physique du vivant constituées par les recherches de Rashevsky, qui introduit *consciemment des modèles conceptuels physiques simplifiés* de systèmes biologiques (auto-division de gouttes liquides, phénomènes d'hystérésis) et travaille de manière approfondie avec les méthodes de la physique mathématique⁵.

Reste là énigmatique l'utilisation du qualificatif « simplifié », qui laisse penser qu'existeraient des « modèles non simplifiés », ou plutôt qui le sont moins que ceux, il est vrai radicalement simplificateurs, qu'avait à cette époque élaborés Rashevsky. Ce n'est pas anodin puisque cette nuance va se retrouver dans les différentes acceptions du terme « modèle » discutées après-guerre par Bertalanffy, et qu'elle est solidaire de sa compréhension, qui sera précisée plus loin dans cette section, de toute théorie comme un modèle d'un type spécifique. Une étude attentive de ses textes révèle toutefois qu'il utilisait dès 1929 le concept auquel il référa trois ans plus tard par le terme *Modell*, mais au moyen de l'expression « schéma simplifié ». Et si c'était là encore en référence à l'idée galiléenne de « défalcation des empêchements », il faut remarquer aussi que le « schéma simplifié » était alors conçu comme le substitut provisoire d'une théorie à venir fournissant des lois des phénomènes étudiés (biologiques en l'occurrence), et que c'est de surcroît la « complication immense » (que Bertalanffy appela plus tard la « complexité ») de ces phénomènes qui en imposait selon lui la nécessité :

¹ Bertalanffy L. von (1929d), p. 375.

² Boltzmann L. (1897), in Bouveresse J. (1991), p. 135.

³ Bertalanffy L. von (1926a), p. 87 et (1971a), pp. 76-77.

⁴ Bertalanffy L. von (1929d), p. 376.

⁵ Bertalanffy L. von (1932b), p. 28. Les italiques me sont propres.

Nous ne pouvons nous faire une idée de la complication immense de ces processus et devons nous contenter provisoirement de les comprendre par l'intermédiaire d'un *schéma extrêmement simplifié*, qui néglige bien sûr beaucoup de détails importants¹.

Lorsqu'il réitéra son utilisation du terme *Modell* en 1932, dans le même texte que celui cité plus haut, il est clair que c'était bien dans la même perspective :

Du fait de la complication immense du phénomène biologique, nous ne pouvons à vrai dire provisoirement [en] donner que des *modèles conceptuels* ou des *schémas des plus simples*².

Le rapprochement de deux passages issus d'essais majeurs qu'il publia respectivement en 1937 et 1942 le confirme. Il montre que le terme *Modell* référerait encore à cette époque chez lui à ce qu'il appelait aussi bien des « schématisations conceptuelles », ou encore des « abstractions pertinentes », tenues pour des « moyens auxiliaires » dont la vocation serait de permettre de « progresser du simple vers le complexe » en « se limitant à mettre en évidence les propriétés jugées essentielles des systèmes étudiés », ce qui les rendrait justement par là-même « accessibles à une étude exacte », c'est-à-dire à une détermination nomothétique³.

Sa position à l'égard du concept de modèle (même à ses débuts) ne s'alignait pas pour autant sur celle, relativement consensuelle, des positivistes. Laquelle, de Mach à Nagel et Hempel⁴, se marquait par la tendance à opérer une nette tripartition entre « données » empiriques, modèle et théorie, où le second jouerait le rôle d'un médiateur entre les deux autres⁵. Et par les tendances soit à restreindre le modèle, dans la lignée de la définition logico-mathématique fournie par Alfred Tarski⁶, à une interprétation d'une théorie vouée à fournir une sémantique à cette entité purement syntactique, un contenu à une forme, c'est-à-dire à établir des correspondances entre cette théorie et les « données » empiriques et à la rendre de la sorte opérationnelle ; soit à restreindre le modèle à un simple « catalyseur heuristique », à un « simulacre utile »⁷, donc à un instrument transitoire et de faible portée ontologique d'élaboration d'une théorie auquel il serait illusoire et dangereux de s'attacher, et dont le lieu épistémologique serait uniquement le « contexte de découverte » – en aucun cas le « contexte de justification » (lieu de l'élaboration théorique proprement dite)⁸. Une autre compréhension du concept de modèle demeurerait en fait latente chez Bertalanffy, plus cohérente avec le perspectivisme dont il avait déjà établi les bases à la même époque. Elle ne trouva son expression qu'après-guerre, lorsque l'emploi du terme « modèle » fut devenu à la mode. À vrai dire, il ne fournit jamais de définition claire d'un « modèle » en tant que tel, mais ses nombreuses réflexions autour de ce concept permettent d'en construire une qui soit conforme à ses idées, et d'éclairer en retour les réflexions en question.

2-2-2-3 – *Éléments constitutifs de la compréhension bertalanffienne du concept de modèle*

Il est utile au préalable de revenir aux origines étymologiques du terme « modèle »⁹. Il dérive du latin *modulus*, un diminutif du terme *modus* (« mesure ») qui fut utilisé par Vitruve afin de désigner une mesure permettant d'exprimer tous les rapports de proportion entre les diverses parties d'un ouvrage architectural. En dérivèrent au Moyen-âge les termes *moule* en vieux français, *mould* en vieil anglais et *Model* en ancien haut-allemand. Le terme italien *modello*, directement emprunté au latin *modulus*, fut comme son ancêtre employé à la Renaissance en architecture et dans les arts plastiques en général, mais cette fois au sens de « patron », de forme-type conformément à laquelle quelque chose

¹ Bertalanffy L. von (1929a), p. 97. Les italiques me sont propres.

² Bertalanffy L. von (1932b), p. 198. Les italiques me sont propres.

³ Bertalanffy L. von (1937b), p. 16 et (1942), pp. VI-VII.

⁴ Nagel E. (1961), pp. 108-114 et Hempel C.G. (1965), p. 441. Voir aussi Bailer-Jones D.M., in Hallyn F. (2000), pp. 281-282 et p. 293.

⁵ Sur cette tripartition et sa critique : Morgan M.S. & Morisson M. (1999), surtout pp. 10-11, p. 36, pp. 66-67 et pp. 168-171. Bachelard S. (1979), p. 3 écrivit dans la même idée que le modèle est un « intermédiaire » qui a une « fonction de délégation ». Voir aussi Apostel L. (1961), p. 2 et Minary J.P. ((1992), p. 35), qui suit Bernard Walliser en faisant du modèle un « médiateur » entre constructions théoriques et « données du réel », « entre un champ théorique dont il est une interprétation et un champ empirique dont il est la synthèse ».

⁶ C'est-à-dire qu'un modèle d'une théorie en est une « une réalisation possible dans laquelle tous les énoncés valides de cette théorie sont satisfaits » (voir Suppes P. (1961), p. 163 et Bruter C.P. (1981), p. 25).

⁷ Selon les expressions respectives de Cohen-Tannoudji G., in Nouvel P. (2002), p. 31 et Bouleau N. (1999), p. 301.

⁸ Voir par exemple Ricoeur P. (1975), p. 302. Pour l'idée opposée : Bruter C.P. (1982), p. 29 par exemple.

⁹ Frey G. (1961), p. 89. Voir aussi Uschmann G. (1968), p. 45 ; Bachelard S. (1979), p. 15 et Tondl L. (2000), p. 413, qui ont repris Frey.

doit être réalisé. Et c'est de lui que dérivèrent en fin de compte les termes français *modèle* et anglais *model*. Quant à l'allemand, il vit alors apparaître le terme *Modell*, dont la coexistence avec celui de *Model* est très significative : elle reflète une équivocité fondamentale et irréductible du concept de « modèle » tel qu'utilisé en science et en philosophie des sciences, que S. Bachelard a bien exprimée en affirmant que se coalisent en lui d'une part la « norme », l'archétype qu'il s'agit de copier, et d'autre part la « figuration », la représentation d'un objet qui lui préexiste¹.

Cette équivocité était aussi constitutive du concept platonicien de « paradigme »². Ce qui justifie d'ailleurs que Bertalanffy ait aussi pu qualifier de « modèles conceptuels » les fameux « paradigmes » dont a parlé Kuhn (d'autant plus que ce dernier put lui-même les définir ainsi)³, mais aussi ses considérations réitérées de 1934 à 1965 sur le concept goethéen d'« archétype ». Goethe avait qualifié de « modèle » [*Modell*] sa plante archétypique et c'est légitimement que Bertalanffy, soulignant avec pertinence qu'il avait à cette occasion utilisé un vocabulaire voisin de celui utilisé par Dürer dans sa théorie des proportions⁴, qualifia en 1965 chacun de ses types morphologiques de « modèle conceptuel à partir des transformations duquel des formes effectivement existantes peuvent être dérivées ». Ce qu'il fit en remarquant, comme il l'avait déjà fait sur le fond trente ans auparavant, que Goethe se serait épargné ses longues dissertations destinées à justifier sa morphologie, suscitées par des remarques de Schiller lui signifiant qu'elle partageait l'aporie de la doctrine platonicienne des Idées, s'il avait vraiment « connu le concept de modèle théorique »⁵ :

L'archétype est un idéal qui n'a jamais existé en tant que tel mais est seulement partiellement réalisé dans divers animaux. Néanmoins, le « type » de la morphologie classique ne devrait en aucun cas être considéré comme un simple produit de l'imagination. Il représente la loi d'organisation d'un groupe de formes organiques, comparable peut-être à la formule structurale générale d'un groupe de composés chimiques. Bien que ni le type conçu par le morphologue classique, ni la formule structurale conçue par le chimiste n'existent réellement dans la nature, les deux symbolisent des lois de construction tout-à-fait réalistes d'objets naturels⁶.

L'image eidétique peut être variée à l'infini, sans qu'il y ait un sens à se demander si le thème originel est « réel », s'il est l'Idée platonicienne de ses variations [...] La question de la « réalité » du type est identique à celle de la « réalité » des lois de la nature en général, qui de même ne courent pas libres dans la nature, mais sont un tissu de relations logiques qui ne soulignent et décrivent jamais que certains traits de la réalité. Ce ne peut donc pas être un reproche ni une preuve du caractère seulement subjectif du type goethéen qu'il ne soit jamais pleinement réalisé dans l'expérience. Car la même chose vaut pour toute loi de la nature⁷.

Bertalanffy rejoignait ainsi pleinement l'interprétation de l'idéal-type par Weber, à savoir celle d'une construction conceptuelle constituant un cadre limite auquel une réalité empirique peut être confrontée et qui permet de la « mesurer », mais qui n'est pas pour autant purement normative et est encore moins arbitraire⁸. Et c'est cette compréhension de l'idéal-type, avec toute son ambivalence, qu'il transposa au concept de modèle.

Le moment (pseudo-)« figuratif » de ce concept se manifeste lorsqu'il définit un modèle (conceptuel) comme « une représentation conceptuelle de certains traits ou structures formelles d'entités empiriques »⁹. Le modèle apparaît là comme un artéfact ayant des fonctions sémantique et symbolique, le terme « représentation » ne devant bien sûr pas être pris au sens d'une copie conforme d'un existant original, mais au sens d'un système de signes et de symboles dont la correspondance

¹ Bachelard S. (1979), p. 3. Voir aussi Mathiot J., in Nouvel P. (2002), p. 227.

² Goldschmidt V. (1985, 2003), en particulier p. 7 : « En plusieurs endroits des *Dialogues* [platoniciens], les Formes sont définies, par rapport aux choses sensibles, comme des modèles. D'autre part, certains passages qualifient les sensibles de paradigmes par rapport aux Formes ». Goldschmidt reprenait là une remarque de Georges Rodier (1905) : « Si les idées sont les paradigmes des choses sensibles, les choses sensibles sont, à leur tour, des paradigmes des Idées ».

³ Bertalanffy L. von (1971a), p. 77. Voir aussi Kuhn T.S. (1962, 1970, 1983) et Utaker A., in Nouvel P. (2002), p. 204.

⁴ Goethe J.W. von (1787), in Bertalanffy L. von (1949d), p. 361 et Uschmann G. (1968), p. 48 : « Avec ce modèle et sa clef, on peut ensuite trouver encore des plantes à l'infini qui doivent être conséquentes, c'est-à-dire que même si elles n'existent pas, pourraient exister [...] car elles ont une vérité et une nécessité intérieures ».

⁵ Bertalanffy L. von (1965b), p. 292.

⁶ Bertalanffy L. von (1934a), p. 86.

⁷ Bertalanffy L. von (1949d), p. 359.

⁸ Sur Weber à ce sujet, voir Ferrari M. (2001), p. 133.

⁹ Bertalanffy L. von (1967a), p. 108.

avec ce dernier peut être décrite comme celle d'un homomorphisme surjectif, destiné à en symboliser et en signifier certains aspects jugés pertinents par son constructeur et donc relatifs à ses intentions, tout en préservant la structure de leurs relations¹ : sorte de « projection » de ce dont il est le modèle², il joue le rôle d'un « opérateur sélectif »³ et satisfait à cet égard pour l'essentiel la définition d'une « icône » donnée par le philosophe pragmatiste Charles S. Peirce⁴. C'est pourquoi Bertalanffy put comme d'autres après lui le comparer à une carte⁵ : celle-ci ne vise effectivement qu'à représenter certains types de relations (métriques ou topologiques) entre certains objets réels une fois ces derniers reconstruits par abstraction et idéalisation. En définitive, il s'agissait donc toujours pour lui d'une « perspective » et, conformément à la compréhension néo-critique qu'il avait de ce concept, d'une « construction », terme qu'il employa d'ailleurs plusieurs fois pour caractériser les modèles⁶. Raison pour laquelle les moments « figuratifs » et « normatifs » du concept de modèle ne pouvaient que lui apparaître consubstantiels. Il explicita le second d'une manière saisissante qui renvoie remarquablement aux origines étymologiques :

Tout modèle est une sorte de viol de la nature, comprimant [*pressing*] la réalité dans un lit de Procuste et élarguant ce qui ne s'ajuste pas au moule [*mould*]⁷.

Le sens ultime de cette consubstantialité a été fort bien résumé par Le Moigne. Lorsque celui-ci proclama « l'homomorphie glorieuse » comme « axiome » du « modélisme », il souligna bien, en effet, qu'il s'agissait avec lui d'assumer le fait que l'objet modélisé est « construit par son modèle », et de renoncer par là-même à l'idée que le modèle se construit à la manière d'un anatomiste, en analysant un objet qui lui préexisterait⁸ :

Il s'agit non plus d'*analyser* la réalité, mais de *concevoir* le modèle, et l'agencement de signes par lequel nous sera *signifié* l'objet (la représentation diplomatique) et que nous tiendrons pour *signifiant* l'objet (la représentation théâtrale). Le mot clef de la connaissance était hier : l'analyse ; il devient aujourd'hui la conception. Concevoir, donc modéliser (ou représenter) [... La question] : comment identifier l'objet ? devient : comment concevoir un modèle de l'objet ?⁹

Il s'agit là d'un aboutissement logique de la conception constructiviste du « réel » inhérente au perspectivisme bertalanffien. Et si le modèle pouvait bien être conçu par Bertalanffy comme un intermédiaire, un « médiateur », ce n'était qu'au sens où, comme l'a bien formulé S. Bachelard, son concepteur lui « délègue la fonction de connaissance, de réduction de l'encore énigmatique en présence d'un champ d'étude dont l'accès reste difficile », délégation qui définit sa fonction ultime¹⁰. C'est donc logiquement que Bertalanffy, dont se retrouve bien sûr ici l'influence profonde de Vaihinger, posa aussi la fictionalité du modèle comme l'une de ses caractéristiques essentielles : on opère sur lui « comme si » les traits de l'objet modélisé retenus pour la construction du modèle conspiraient pour reproduire l'ensemble des aspects du comportement de l'objet étudié, et on le considère « comme s'il » en prenait en compte et en révélait les caractères « essentiels », « comme s'il » pouvait en fin de compte être substitué à ce dont il est le modèle. D'autres analystes ont d'ailleurs pu décrire un modèle comme un « fictif réalisé », une « fiction organisée », voire comme

¹ Tout signe constitutif du modèle a un « antécédent » dans l'entité qu'il s'agit de représenter, mais certains traits de celle-ci n'ont pas d'« image » par la correspondance établie (i.e. pas de représentation) ; de plus, la structure des relations entre signes est préservée par rapport à celle des relations entre ce qu'ils représentent. Voir Tondl L. (2000), pp. 414-417 ; Destouches J.L., in Freudenthal H. (1961), p. 55 ; Stachowiak H. (1965), p. 438 ; Bunge M. (1973), p. 92 ; Ropohl G. (1978), p. 31 ; Parrochia D. (1999), p. 226. Pour des exemples de définitions d'un modèle par son trait représentatif, voir Bailor-Jones D.M., in Hallyn F. (2000), pp. 283-284 et Bruter C.P. (1982), pp. 92-93.

² Thom R. (1979), p. 26 et Bruter C.P. (1982), p. 92.

³ Selon l'expression de Bachelard S. (1979), p. 9.

⁴ « Une icône est un signe qui réfère à un objet qu'il ne signifie qu'en vertu de caractères qui lui sont propres, et qu'il possède à l'identique qu'un tel objet existe réellement ou non » : in Black M. (1962), p. 221.

⁵ Voir Bertalanffy L. von (1957a), p. 41 et Frey G. (1961), p. 91.

⁶ Bertalanffy L. von (1965b), p. 291.

⁷ Bertalanffy L. von (1964d), p. 27.

⁸ Le Moigne J.L. (1981), pp. 231-232.

⁹ Le Moigne J.L. (1977), pp. 45-46. Suivant Jean Ladrière, il estimait qu'une double métaphore fonde le concept de représentation : la « représentation théâtrale » « expose devant le spectateur sous une forme concrète une situation signifiante » tandis que la « représentation diplomatique » « exprime cette sorte de transfert d'attribution en vertu duquel une personne peut agir en lieu et place d'une autre ».

¹⁰ Bachelard S. (1979), p. 3.

une falsification consciente du « réel »¹ ; ce caractère de « comme si » ne manquant effectivement pas d'illustrations, en particulier chez des physiciens comme Maxwell, Planck, Bohr et Einstein².

Un schéma fictionaliste est à l'œuvre dans toute métaphore : *M* est une métaphore de *X* peut en effet s'interpréter comme : « *X* se comporte comme s'il était un *M* ». De sorte que les modèles ont pu être définis comme des métaphores. Une définition contestée au motif que ce que Bertalanffy appelait la « stylisation » de la réalité opérée par un modèle fonctionne en sens contraire de celui de la métaphore : l'opposition tiendrait ce que tandis qu'une métaphore de *X* invente certains traits de *X* et, qu'en ce sens, elle le complique et l'enrichit, un modèle de *X* le simplifie en négligeant certains de ses traits³. La comparaison demeure toutefois légitime dans la mesure où, comme l'avait déjà vu Hertz, tout modèle se construisant non seulement par abstraction mais aussi par idéalisation, il enrichit nécessairement *a priori* ce dont il est le modèle de traits qui lui sont propres, ce qui constitue justement une source de sa fécondité⁴. Et Bertalanffy partageait indubitablement à cet égard les vues de Rapoport, qui reconnaissait aussi une influence de Vaihinger et définissait la science théorique comme « une exploitation disciplinée de métaphores ». Les modèles seraient des « métaphores scientifiques », des « structures fictives jamais réalisées dans leur forme pure » dont le mathématicien souligna bien le caractère « construit » et le fait qu'elles ne sont jamais qu'un « mode de perception » du réel parmi d'autres. Leur spécificité par rapport aux autres métaphores tiendrait toutefois non seulement à une claire conscience de leur « fictionalité » [*as-if-ness*], mais aussi à leur pouvoir explicatif et prédictif, à leur capacité de « fournir des dividendes » ; telle était d'ailleurs sa définition d'un modèle (en « science théorique ») :

Une représentation fictive de l'état des choses considéré destinée à permettre l'application du raisonnement déductif⁵.

Tous les traits du concept de modèle précédemment évoqués se retrouvent dans la définition et les caractéristiques d'un « modèle théorique » énoncées par Bertalanffy – lequel ne négligeait pas l'existence de « modèles matériels », mais considérait (peut-être à la suite de Deutsch) que ces derniers « présupposent des constructions conceptuelles »⁶ :

Un modèle théorique est une construction conceptuelle qui restitue de manière consciemment simplifiée certains aspects d'un phénomène naturel et permet des déductions et des prédictions qui peuvent être testées dans l'expérience.

Il en relevait trois « moments typiques » (dont le modèle de l'atome de Bohr était à ses yeux une excellente illustration), qui constituent autant de manifestations de son perspectivisme :

Un modèle théorique a un caractère fictif [*Als-ob Charakter*] plus ou moins accentué. Il ne peut pas être simplement tiré de faits expérimentaux, mais est une libre création conceptuelle. Et il ne prétend à aucun monopole⁷.

Compte tenu de sa conception « nomologico-déductive » de l'explication, Bertalanffy s'inscrivait ainsi en faux contre l'idée très répandue selon laquelle, comme l'a exprimée Black en faisant de Maxwell son meilleur promoteur, le prix du « comme si » serait l'absence de pouvoir explicatif – le modèle se réduisant simplement dans ces conditions à une fiction heuristique, un simple « scénario plausible » dépourvu d'« enracinement » dans la « nature des phénomènes » qui renonce à aller au cœur des

¹ Bachelard S. (1979), p. 9 ; Mathiot J., in Nouvel p. (2002), p. 227 ; Bailer Jones D., in Hallyn F. (2000), p. 296 ; Morrison M. (1999), p. 38. Voir aussi la définition d'un modèle par Paul Ricoeur (1975), p. 302 : « le modèle est essentiellement un instrument heuristique qui vise, par le moyen de la fiction, à briser une interprétation inadéquate et à frayer la voie à une interprétation nouvelle plus adéquate ».

² Voir surtout Miller A.I., in Hallyn F. (2000), pp. 148-163. Par exemple Maxwell J.C. (1852), in Fox Keller E. (2002), p. 49, à propos de la fonction mathématique représentant le potentiel électrique : « nous n'avons aucune raison de croire que quelque chose correspondant à cette fonction ait une existence physique dans les différentes parties de l'espace, *mais* concentrer notre attention sur la fonction potentielle *comme si* c'était une propriété réelle de l'espace dans lequel elle existe contribue grandement à clarifier nos conceptions ».

³ Nouvel P. (2002), pp. 192-194. Voir aussi Parrochia D. (1999), p. 229 et Bailer-Jones D.M. (2000), p. 181 (in Hallyn).

⁴ Voir Bachelard S. (1979), p. 10 et Bouveresse J. (1991), pp. 138-139 concernant Hertz.

⁵ Rapoport A. (1953), p. 230. Pour le reste, voir pp. 203-211. La référence à Vaihinger se trouve p. viii. Voir aussi Black M. (1962), p. 239, qui se refusait à considérer les modèles scientifiques comme de simples métaphores, mais avec en fin de compte le même point de vue.

⁶ Bertalanffy L. von (1965b), p. 291. Voir aussi Deutsch K. (1951), p. 232, selon lequel tout modèle matériel présuppose un modèle formel sous-jacent. Bachelard S. (1979), p. 7 a bien souligné dans le même sens elle aussi qu'un modèle matérialisé ne reçoit sa justification que d'une théorie abstraite, d'un modèle symbolique.

⁷ Bertalanffy L. von (1965b), p. 291.

causalités qui y sont à l'œuvre¹. En réalité, Bertalanffy ne faisait rien d'autre de la sorte que suivre la longue tradition de la physique mathématique, dans laquelle les dimensions idéalisatrice, abstraite et fictive furent toujours investies d'une fonction explicative utile². Cette position allait naturellement de pair avec sa compréhension très large du concept de « modèle théorique », dont il est remarquable qu'elle rejoignait tout-à-fait l'idée qu'il se faisait depuis les années 1920 de toute construction théorique. De fait, Bertalanffy récusait la tripartition entre théorie, modèle et « données » empiriques, incompatible avec son perspectivisme. Ce dernier l'amenait au contraire à tenir aussi bien les théories scientifiques en tant que telles que les constructions « auxiliaires » vouées à les édifier, à les illustrer ou à les mettre en œuvre, pour des « modèles théoriques » de types particuliers. Dès lors qu'il tenait le modèle pour « l'essence de toute connaissance en général », aucune solution de continuité ne pouvait exister entre ces constructions. D'où une simple distinction entre modèles théoriques « au sens large » et « au sens étroit » :

Au sens large, toute théorie scientifique peut être conçue comme un modèle conceptuel. Au sens étroit, un modèle est une représentation auxiliaire [*Hilfsvorstellung*] qui illustre certaines relations et nous aide à travailler plus facilement avec elles³.

Hempel, remarquant la même année la tendance à substituer l'expression « modèle théorique » au terme « théorie », souligna bien qu'elle restait attachée à une visée « explicative ». Mais il se refusa à voir la radicalité de cette substitution chez des auteurs comme Bertalanffy, assimilant encore un modèle théorique à une théorie qui serait très « limitée » du point de vue des phénomènes concernés et de ses applications, et où les hypothèses et la formulation des relations entre facteurs étudiés seraient « sur-simplifiées »⁴. Pour Bertalanffy, une telle distinction n'avait manifestement pas lieu d'être de principe ; elle révélait surtout chez ses tenants un attachement à un concept d'objectivité dépassé et une vision de la théorie déconnectée du processus de sa construction. Il était parfaitement en phase avec Rapoport, qui put écrire que « le théoricien moderne construit des modèles »⁵ :

Le choix n'est pas de savoir si l'on en reste au domaine des données ou si l'on théorise ; il est seulement entre des modèles plus ou moins abstraits, généralisés, proches ou éloignés de l'observation directe, plus ou moins adéquats pour représenter les phénomènes étudiés [...] Les sur-simplifications progressivement corrigées dans des développements ultérieurs sont le moyen le plus puissant, voire en réalité le seul, d'atteindre une maîtrise conceptuelle de la nature⁶.

2-2-2-4 – *Esquisse d'une reconstruction systématique de la compréhension bertalanffienne du concept de modèle*

Une reconstruction relativement systématique du concept de modèle tel que le comprenait Bertalanffy peut être tentée⁷, qui me semble englober au moins la plupart des définitions fournies dans la littérature⁸. Commençons à cette fin par appeler *objet-modèle* d'une « chose » énigmatique X de référence une représentation schématique O_M de X : c'est déjà en soi une construction stylisée qui fait délibérément abstraction de certains traits de X et se focalise, en les idéalisant, sur certains d'entre eux avec l'*a priori* qu'ils sont essentiels. Du point de vue scientifique, cet objet-modèle n'a d'intérêt que dans la mesure où il est possible d'opérer sur lui, de le « faire jouer ». Il est en particulier nécessaire que toute question se posant au sujet de X puisse être traduite en une question portant sur O_M et qu'il soit possible d'obtenir une réponse à cette dernière qui soit elle-même traduisible en une réponse à la question initiale, dont la validité peut être expérimentalement éprouvée.

Tel est le rôle d'une *modélisation*. On peut certes aussi accepter que ce dernier terme désigne la procédure de construction d'un modèle. Mais il me semble pertinent de l'entendre en un sens plus

¹ Black M. (1962), p. 228. Voir aussi Varenne F. (2004), p. 31 et p. 71.

² Voir à ce sujet Fox Keller E. (2002), pp. 96-99.

³ Bertalanffy L. von (1965b), p. 291.

⁴ Hempel C.G. (1965), pp. 445-447.

⁵ Rapoport A. (1953), p. 209.

⁶ Bertalanffy L. von (1964d), p. 6 et p. 27.

⁷ Je m'inspire ici des réflexions diverses mais convergentes de Deutsch K. (1951), p. 230 ; Kacser H. (1960), pp. 13-14 ; Apostel L. (1961), p. 36 ; Black M. (1962), p. 230 ; Shchedrovitzky G.P. (1966), pp. 32-33 ; Bunge M. (1973), pp. 93-113 ; Thom R. (1979), p. 21 ; Tondl L. (2000), p. 47 ; Vergnioux A. (2003), p. 37 et p. 172.

⁸ Voir en particulier Apostel L. (1961), pp. 1-2 et Bailor Jones D.M., in Hallyn F. (2000), pp. 281-287 pour des listes de telles définitions.

spécifique : l'art d'opérer sur un objet-modèle, de lui « donner vie » et de le rendre ainsi fécond. Je définis ici la modélisation comme la réunion de l'ensemble des règles d'opération sur l'objet-modèle O_M de X (elle le structure) et de l'ensemble des règles de correspondance entre O_M et X : elle apparaît ainsi comme le véritable outil de l'interprétation de X . De ce point de vue, et ce même si elle se construira en général en relation avec la « chose » de référence (essentiellement par l'application de lois déjà établies dont on postule qu'elles s'y appliquent), la modélisation est celle de l'objet-modèle. Autrement dit, ce dernier constitue un médiateur cognitif entre la « chose » de référence et la modélisation en question : on ne produit jamais de « modélisation du réel » à proprement parler.

On peut dès lors définir un *modèle* M de X comme la combinaison d'un objet-modèle O_M de X et d'une modélisation de O_M fournissant les règles d'opération sur O_M et de correspondance avec X . Conformément aux origines étymologiques, on peut dire du modèle M qu'il est une interprétation de la chose de référence X qui, bien que n'interagissant aucunement avec cette dernière, vise à permettre d'obtenir des informations à son sujet et à la rendre intelligible en la coulant dans le « moule » d'exigences rationnelles spécifiques.

La distinction effectuée ici entre objet-modèle, modélisation et modèle me semble utile et même nécessaire, parce qu'il est *a priori* possible de produire plusieurs modélisations d'un même objet-modèle, qu'on obtiendra ainsi autant de modèles différents de la chose de référence étudiée, et que la remise en question de l'un d'entre eux concernera *a priori* en premier lieu la modélisation concernée et non l'objet-modèle. En d'autres termes, on pourra fort bien récuser un modèle tout en ne remettant nullement en cause son objet-modèle, lequel est susceptible de servir de base de modélisation tant qu'on l'estimera pertinent. L'importance de cet aspect apparaîtra avec l'élaboration de la théorie de la croissance de Bertalanffy, mais aussi avec sa compréhension des vocations de son projet « systémologique ».

Cherchons maintenant à redéfinir dans les termes précédents la conception des « modèles théoriques » que Bertalanffy a esquissée. En premier lieu, si la modélisation d'un objet-modèle O_M de X est un système hypothético-déductif, on dira du modèle M obtenu qu'il constitue un *modèle théorique* de X . On dira de ce modèle qu'il est *mathématique* si la modélisation est de nature purement mathématique. Pourvu qu'on y substitue l'expression « objet-modèle » à celle de « modèle conceptuel », une remarque de Bertalanffy à ce sujet, qui rejoint bien sûr sa conception générale de la mathématisation évoquée au 2-2-1-5, est pertinente et interdit d'identifier un modèle mathématique avec un simple « placage » de « fragments de mathématiques » sur des « fragments de réalité »¹ :

Les formulations mathématiques sont des expressions et des conséquences de certains modèles conceptuels que nous appliquons².

Il jugeait que l'avantage des modèles mathématiques tient à la précision de leurs termes, à leurs déductions rigoureuses et nécessaires en général inaccessibles au sens commun, ainsi qu'aux tests expérimentaux qu'ils permettent (tout au moins lorsqu'ils sont quantitatifs)³ : ils constitueraient l'ingrédient essentiel d'une stratégie visant à « progresser du simple vers le complexe » *via* des « abstractions pertinentes »⁴. Bertalanffy remarqua que malgré ses « apparences artificielles » liées à ses idéalizations et abstractions, le procédé « galiléen » de mathématisation, pourvu qu'il aboutisse à l'énoncé d'une loi, rend aussi, par ses « sur-simplifications » mêmes, les « moments infiniment plus compliqués », les « empêchements », accessibles à une « étude exacte »⁵. Bertalanffy estimait toutefois injustifié de tirer de ces vertus la conclusion qu'il est légitime de mépriser ou de rejeter les modèles formulés en « langage ordinaire ». L'histoire des sciences montrerait qu'ils précèdent souvent la formulation mathématique⁶ et il y aurait à cela une bonne raison, que l'on peut reformuler en disant qu'aucun modèle mathématique n'est constructible sans objet-modèle préalable :

¹ Comme l'a par exemple fait Israel G. (1996), p. 11.

² Bertalanffy L. von (1951b), p. 341.

³ Bertalanffy L. von (1962a), p. 18 et (1968a), p. 22.

⁴ Bertalanffy L. von (1937b), p. 15 et (1942), p. VII.

⁵ Bertalanffy L. von (1942), pp. 235-236.

⁶ Bertalanffy L. von (1968a), pp. 22-23.

Les descriptions et modèles « verbaux » sont indispensables. Les problèmes doivent être intuitivement « vus » et reconnus avant de pouvoir être formalisés mathématiquement¹.

Venons-en à sa distinction entre modèles « au sens large » et « au sens étroit ». Si, que ce soit parce que l'ensemble des traits de X pris en compte à l'exclusion d'autres dans la construction de O_M est très restreint (sciemment en vue d'étudier certaines variables spécifiques, ou non) ou parce que cette construction elle-même et/ou sa modélisation sont relativement très schématiques, le modèle M ne permet de répondre qu'à un nombre très limité de questions se posant au sujet de X , et/ou de n'y répondre que d'une manière jugée imprécise, on pourra dire de M qu'il constitue un modèle de X « au sens étroit ». Pour reprendre Bertalanffy, il aura ces vertus d'« illustrer certaines relations » concernant l'objet énigmatique X et d'« aider à travailler plus facilement avec elles », mais on l'utilisera avec la conscience de son caractère inadéquat, de sa valeur explicative restreinte, de sa faible portée ontologique et de son caractère principalement heuristique. Le modèle de l'atome de Bohr est un bon exemple de ce type de modèle. Si par contre, pour reprendre les expressions de Thom², « le morphisme surjectif » induit par le modèle M semble « proche de l'isomorphisme », c'est-à-dire si l'on peut faire opérer O_M de telle sorte que M réponde à un éventail très large de questions se posant au sujet de X et qu'il semble l'interpréter adéquatement (au sens de la fameuse maxime de Hertz) en prenant en compte ses traits essentiels, alors sa portée ontologique apparaîtra beaucoup plus grande et M méritera d'être qualifié de *théorie* de X : ce sera un modèle de X « au sens large ». Ainsi en va-t-il de la théorie newtonienne de la gravitation. Mais de même qu'on peut envisager qu'un modèle « au sens étroit » de X puisse être sophistiqué au point d'en venir à être tenu pour un modèle « au sens large », une théorie de X , celle-ci peut fort bien en principe apparaître à son tour, à un stade ultérieur de la recherche, comme un modèle « au sens étroit »³ : tel est justement le cas de la mécanique newtonienne lorsqu'elle est réinterprétée dans un cadre relativiste. De surcroît, et certains épistémologues ont probablement à tort choisi de restreindre à ce sens le concept de modèle, un modèle « au sens étroit » peut toujours, dans la mesure où la modélisation qui le constitue ne saurait être tirée du néant, être considéré comme une « théorie particularisée », une interprétation d'une théorie au sens de Tarski qui la « matérialise », « ontologise ses objets » et sert à la relier aux « données » empiriques⁴. La distinction entre les deux pôles de « constructions-modèles » apparaît relative ; elle porte essentiellement sur la valeur explicative et le degré de généralité du modèle, sur l'étendue du domaine des questions auxquelles il apporte une réponse, non sur le principe épistémologique de sa construction.

Telle était en tous cas pour l'essentiel la conception de Bertalanffy, partagée par d'autres à son époque et depuis⁵. Elle était naturellement liée à ce qui a déjà été dit de sa vision de la théorie, à savoir qu'elle ne serait qu'une perspective dont a été démontré qu'elle saisit sur un mode propre certains invariants accessibles par d'autres perspectives. Et elle s'inscrivait une fois encore à cet égard dans le prolongement des conceptions de Hertz et Boltzmann, dans le cadre desquelles aucune distinction stricte entre modèle et théorie n'est possible⁶. Pour cette raison même, sa conception de la théorie, loin d'être purement « syntactique », rejoignait celle dite « sémantique » développée ultérieurement entre autres par Bas van Fraassen, conception qui ne voit dans les édifices scientifiques que des hiérarchies de modèles dont le processus de légitimation est purement pragmatique. Sans s'y identifier toutefois, et ce non seulement à cause de ce trait pragmatique : Bertalanffy n'assimilait pas la théorie à une « entité linguistique » indissociable d'une collection d'« entités non linguistiques » dans lesquelles elle se « réalise » – ses modèles, destinés à l'ajuster à des situations concrètes⁷.

¹ Bertalanffy L. von (1972a), p. 34.

² Thom R. (1979), p. 26.

³ Voir Groenewold H.J., in Freudenthal H. (1961), pp. 99-100 avec sa réflexion sur ce qu'il appelle le « modèle substitué » en tant qu'intermédiaire entre un phénomène et une théorie fondamentale de ce phénomène à atteindre.

⁴ Sur cette restriction de la signification du concept de modèle, voir Suppes P. (1961), pp. 163-170 et Mathiot J, in Nouvel P. (2002), pp. 227-231. Sur sa critique, voir Stachowiak H. (1965), p. 436, Bunge M. (1973), p. 111 et Bachelard S. (1979), p. 3.

⁵ Voir notamment Kacser H. (1960), p. 14, ainsi que Van der Waarden B.L., in Uschmann G. (1968), p. 69 et Bailer-Jones D.M., in Hallyn F. (2000), p. 292.

⁶ Voir Bouveresse J. (1991), pp. 138-139.

⁷ Comme le fit par exemple Suppes P. (1961), p. 166, tenu par ailleurs pour un défenseur de la conception « sémantique ». Voir, in Morgan M.S., Morisson M. (1999) : Morrison M., pp. 41-44, Suarez M., p. 172 et Cartwright N., p. 241 et pp. 245-247.

2-2-2-5 – Une typologie perspectiviste des modèles

J'en viens maintenant à ce qui est peut-être le point le plus typiquement perspectiviste du concept de modèle chez Bertalanffy. En écho à Bohr mais aussi à son collègue et ami Woodger, qui avait insisté en 1929 sur l'idée que « des méthodes alternatives d'abstraction sont complémentaires plutôt qu'exclusives »¹, il l'exprima ainsi en 1951 :

Les modèles antithétiques ne sont pas nécessairement mutuellement exclusifs ; ils représentent plutôt des approches complémentaires et différentes, mais également nécessaires².

Ce « complémentarisme » soulignant que « tout modèle ne reflète que certains aspects ou facettes de la réalité »³ était certes inévitable dans le cadre de sa théorie de la connaissance. Mais il faut voir qu'il avait aussi une fonction stratégique essentielle, qui sera discutée au 2-2-3 : légitimer les schèmes conceptuels dynamicistes et « holistiques » qu'il cherchait à promouvoir « sur un mode critique », en les associant à une position « formaliste » et anti-substantialiste. Il fut ainsi conduit à une sorte de typologie générale des modèles distinguant trois « alternatives » majeures non exclusives, qui illustrent bien son idée d'une restriction des schèmes conceptuels fondamentaux expliquant leur récurrence dans des domaines divers⁴.

La première « alternative », sur laquelle Rapoport et Boulding insistèrent au moins autant que Bertalanffy⁵, était celle entre « modèles statiques » (tels ceux fondés sur la théorie des jeux ou celle des graphes, les modèles de localisations cérébrales ou celui, cybernétique, des réseaux de neurones de McCullough et Pitts⁶) et « modèles dynamiques » (tels nombre de ceux utilisant des systèmes différentiels où l'argument est le temps, les modèles « gestalistes » de la perception ou celui, « organismique », du fonctionnement psychique élaboré par Goldstein). C'est-à-dire encore l'« alternative » entre des modèles fournissant des « explications en termes d'arrangements structuraux » et des modèles fournissant des « explications en termes d'interaction dynamique de processus ». Nous verrons aux 2-3 et 3-1-2-6 que le modèle du « système organisé » de Bertalanffy, avec ses deux principes « organismiques » d'ouverture et de hiérarchisation progressive, fut justement développé afin – entre autres – de démontrer la primauté logique du second type de modèles sur le premier, confinant le domaine de pertinence des modèles « statiques » soit à ce qu'il appelait une « coupe dans un flux spatio-temporel d'événements »⁷, soit surtout au terme asymptotique d'un processus de « mécanisation progressive ». Mais comme il le souligna lui-même, son modèle du « système organisé » fournissait aussi par là-même un « dénominateur commun aux conceptions-modèles antithétiques » concernées ici⁸.

La seconde « alternative » distinguée par Bertalanffy était d'une portée considérable eu égard à la légitimation de la perspective systémique ; elle fut d'ailleurs au cœur de ses réflexions épistémologiques dès la fin des années 1920, et de la construction de sa théorie de la croissance organique dans les années 1930. Il s'agit de l'« alternative » entre ce qu'il appelait les « modèles moléculaires » et les « modèles molaires ». Il caractérisait les premiers comme visant une explication d'un phénomène « au moyen d'une analyse en processus partiels toujours plus fins », et les seconds comme tentant d'« établir des lois globales pour le phénomène en tant que totalité » sans s'attacher au détail des processus partiels sous-jacents (tels les essais d'« histoire théorique » de Toynbee et Spengler)⁹. Autant dire qu'il s'agissait là d'une dichotomie entre modèles « méristiques » et « holistiques », à condition de voir que ces termes ne sauraient ici référer qu'à des perspectives épistémologiques, sans qu'il y ait lieu de leur donner un contenu métaphysique. Tout en n'ayant jamais manqué de souligner la nécessité des deux approches, Bertalanffy concentra naturellement dès ses débuts ses efforts sur la démonstration de la justification et de la fécondité des « modèles

¹ Woodger J.H. (1929), p. 481.

² Bertalanffy L. von (1951c), p. 26. Voir aussi (1972a), p. 38 pour une remarque quasiment identique.

³ Bertalanffy L. von (1962a), p. 18.

⁴ Bertalanffy L. von (1951c), pp. 26-37.

⁵ Voir surtout Rapoport A. (1972a), pp. 49-69 et Boulding K.E. (1962), pp. 2-24.

⁶ Voir le 3-3-2-4 pour des détails sur ce modèle.

⁷ Bertalanffy L. von (1937b), p. 61, p. 117 et p. 179 ; (1940a), pp. 43-44 ; (1941a), p. 2 ; (1948a), p. 258 ; (1949e), p. 119 et 129.

⁸ Bertalanffy L. von (1951c), p. 29.

⁹ Bertalanffy L. von (1951c), pp. 34-35.

molaires ». En dépit des critiques à son encontre issues des néo-positivistes dans les années 1930 (notamment de la part de Philip Franck et de Félix Mainx¹), qui furent probablement décisives dans la rupture des liens déjà improbables qu'entretenait Bertalanffy avec eux², il faut noter que ce dernier a peut-être trouvé une source d'inspiration à cet égard dans la critique équilibrée et pour tout dire perspectiviste des conceptions « holistiques » par Schlick :

Un mode de description « holistique » [*« ganzheitlich »*] ne sera jamais le seul possible, mais toujours à sa place et même souvent en pratique le seul à pouvoir être entrepris, là où certains « invariants » surgissent, où certains ordonnancements ou combinaisons restent conservés dans le changement de l'événement [...] L'opposition entre « somme » et « totalité » ne saurait être une opposition entre deux sortes de choses ou de processus : elle demeure une opposition entre deux modes de représentation. Aucun n'est jamais vrai et l'autre faux, tous les deux sont possibles ; simplement, dans beaucoup de cas l'un sera beaucoup plus utile ou pratique que l'autre³.

Le Viennois avait dès 1929, à propos du problème de la conservation d'un équilibre dynamique dans l'organisme, exposé la possibilité de principe de formuler à ce sujet des énoncés nomothétiques ne donnant que la « direction générale de l'événement », le « cadre général » dans lequel se déroulent les processus individuels sous-jacents, sans énoncer quoique ce soit à propos de ces derniers, d'une complexité encore « inscutable »⁴, et sans même qu'il soit pour le moins question d'invoquer un quelconque indéterminisme ontologique. Inspiré par le philosophe finlandais Eino Kaila, il avait de surcroît fait remarquer l'année suivante qu'« il est en principe suffisant pour qu'un énoncé ait le caractère d'une loi qu'un état initial déterminé soit univoquement lié à un état final déterminé, et qu'il n'est pas indispensable à cette fin que tous les processus intermédiaires soient aussi connus »⁵. La thermodynamique, qu'il s'agisse de l'énoncé classique du Second Principe et plus encore de son interprétation statistique, lui fournissait bien sûr un paradigme à cet égard. S'il se référait légitimement à Boltzmann, il aurait aussi bien pu citer Maxwell, cet autre fondateur de la mécanique statistique⁶. Fortement congruente au point de vue adopté par Lotka dans sa « mécanique générale de l'évolution » bien qu'une influence directe ne soit pas avérée à cette époque, la perspective de Bertalanffy se précisa en 1932 lorsqu'il introduisit le concept de « statistique d'ordre supérieur » [*Statistik höherer Ordnung*] : dès lors que la connaissance de tous les processus sous-jacents à la production d'un phénomène donné reste (au moins provisoirement) hors de portée, demeure la possibilité d'une détermination nomothétique de la « direction générale de l'événement », de la formulation d'une « loi intégrale » [*Integralgesetz*] qui, en « négligeant les événements individuels » affectant les entités « élémentaires » dont le comportement particulier reste indéterminé, porte directement sur le comportement des « entités supérieures » qui en sont constituées. Une telle loi a donc le statut logique d'une « statistique d'ordre supérieur » puisqu'elle ne prend en compte les entités « élémentaires » (ou « inférieures ») qu'à partir de leur comportement de groupe, donc essentiellement *via* des moyennes statistiques⁷. Après l'avoir mis en œuvre dès 1933 dans son étude de la croissance organique, Bertalanffy souligna par la suite qu'il y avait là le fondement d'un procédé de modélisation mathématique fécond pour appréhender un « phénomène compliqué en tant que tout », qui consisterait

¹ Ces critiques seront considérées au 2-3-4-1.

² Voir Hofer V. (1996), pp. 219-305.

³ Schlick M. (1935a), pp. 54-55 et in Toptisch E. (1965), p. 220 et p. 223.

⁴ Bertalanffy L. von (1929a), pp. 92-97.

⁵ Bertalanffy L. von (1930/1931), p. 400.

⁶ Boltzmann L. (1872), in Barberousse A. (2002), p. 166 : « On voudrait comparer la régularité de ces valeurs moyennes avec la constance miraculeuse des nombres moyens que livre la statistique, nombres qui sont également dérivés de processus dont chacun pris individuellement est déterminé par un nombre incalculable d'effets combinés produits par des circonstances extérieures variées. Les molécules sont semblables à des individus en grand nombre, qui ont les états de mouvement les plus différents, et ce n'est que parce que le nombre de celles qui ont en moyenne un état de mouvement déterminé est constant que les propriétés des gaz restent constantes ». Maxwell J.C. (1873), *op. cit.*, p. 81 : « Les équations de la dynamique expriment complètement les lois de la méthode historique [i.e. déterministe] lorsqu'elle est appliquée à la matière, mais l'application de ces équations implique une connaissance parfaite de toutes les données. Or, la plus petite partie de matière que nous pouvons soumettre à l'expérience consiste en des millions de molécules, dont aucune ne pourra jamais devenir sensible, individuellement, pour nous. Nous ne pouvons, par conséquent, établir le mouvement réel d'aucune de ces molécules ; de sorte que nous sommes obligés d'abandonner la méthode strictement historique, et d'adopter la méthode statistique pour traiter de grands groupes de molécules. Les données de la méthode statistique appliquée à la science moléculaire sont les sommes de grands nombres de quantités moléculaires. En étudiant les relations entre les quantités de cette sorte, nous rencontrons un nouveau type de régularité, la régularité des moyennes, dont nous pouvons dépendre sans dommage pour tous les buts pratiques ».

⁷ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 105-106 et pp. 110-111.

à combiner ce qu'il appelait les méthodes « statistique » et « analytique » : formaliser des relations mathématiques – au premier chef des équations différentielles – entre des variables au moyen de paramètres (concernant un certain objet-modèle) à caractère essentiellement statistique puisque résumant eux-mêmes une multitude de processus sous-jacents (par exemple des « constantes métaboliques », des taux de croissance démographique, etc.). Il ne s'agissait pas de la sorte pour lui d'ignorer ni même de négliger la complexité de l'événement, mais de « donner de l'un de ses aspects abstraits une formulation abstraite » ; c'est-à-dire, comme l'avait aussi vu Schlick, de dégager des invariants concernant les relations entre variables distinguées, et d'en déduire des conséquences théoriques empiriquement traduisibles et expérimentalement testables¹.

La troisième « alternative » distinguée par Bertalanffy était d'une importance au moins aussi considérable que la seconde du point de vue de son projet « systémologique ». Il s'agit de celle entre « modèles matériels » (qu'il préféra appeler « modèles substantifs » à partir de 1965, à la suite de Nagel) et « modèles formels ». Contrairement aux deux autres « alternatives », qui furent – certes au vocabulaire près – clarifiées dès les années 1930, celle-ci ne commença à être explicitée par Bertalanffy qu'à partir de 1951 (bien qu'on en trouve une anticipation en 1937, qui préfigurait en fait celle exposée huit ans plus tard par Wiener et Rosenblueth)². Mais la manière même dont il effectua alors la distinction, rejoignant celle entre « modèles iconiques » et « modèles symboliques » opérée plus tard par Frey, montre l'intime connexion qu'elle avait avec les deux autres « alternatives ». Dans ce premier temps, il définit en effet un « modèle matériel » d'un objet *X* comme un modèle de *X* construit en postulant des entités (substances, structures, etc.) hypothétiques intuitivement « visualisables » qui seraient constitutives de *X*, ainsi qu'un certain nombre de relations entre ces entités. Par opposition, un « modèle formel » de *X* était alors défini comme un modèle de *X* « qui n'engage à rien » du point de vue des entités en jeu, comme une « construction abstraite et invisualisable ne donnant qu'une formalisation des lois du phénomène considéré ». Il est clair que ces définitions recoupaient respectivement celles d'un « modèle moléculaire » et d'un « modèle molaire », sans toutefois s'y identifier. La thermodynamique classique et le modèle mendéléen de l'hérédité furent pris comme exemples du type « formel » ; la thermodynamique statistique et la génétique, comme exemples du type « matériel ». Invoquant l'histoire des sciences, Bertalanffy souligna « la haute utilité des modèles formels, particulièrement aux premiers stades de développement scientifique » ; et il remarqua, ce que montrent justement bien les histoires de la thermodynamique et de la génétique, que de tels modèles précèdent en général les « modèles matériels ». Une succession qui n'était pas pour lui un gage de supériorité des seconds, mais répondrait plutôt à besoin psychologique aux conséquences souvent délétères. Sa réflexion montre au passage aussi le recouplement possible avec l'alternative entre « modèles statiques » et « modèles dynamiques », et dessine en fait une inclination à promouvoir, comme il le fit effectivement au moins pour la psychologie, des modèles *à la fois* « dynamiques, molaire et formels » :

Adhérer aux modèles matériels et tenter d'expliquer tous les phénomènes en termes de substances ou de structures hypothétiques est en phase avec la préférence humaine pour ce qui peut être visualisé, touché et analysé. Cela peut toutefois mener à l'hypostase des structures là où il n'y en a pas parce que l'ordre est essentiellement dynamique, à des conceptions élémentaristes unilatérales, et à négliger ou à déplacer vers la métaphysique des problèmes qui ne sont pas prêts pour une interprétation matérielle³.

Le problème est que Bertalanffy n'explicitait pas encore là ce qu'il avait pourtant en tête avec cette « alternative » entre modèles « matériels » et « formels », à une époque où il avait déjà exposé son projet « systémologique ». Il s'agissait encore de préciser les principes respectifs de construction de ces modèles. C'est ce qu'il fit à la suite de la distinction opérée en 1961 par Nagel entre modèles construits par « analogies substantives » ou par « analogies formelles ». En reprenant les distinctions opérées au 2-2-2-4, on peut l'interpréter en disant qu'un modèle « substantif » d'un objet de référence

¹ Bertalanffy L. von (1937b), pp. 16-17 et (1942), pp. VII-VIII et p. 233. Voir déjà (1933a) et (1934a).

² Bertalanffy L. von (1951c), pp. 35-36. Dans (1937b), p. 16 n'était opérée qu'une distinction entre modèles « physiques » et « conceptuels » et elle anticipait pour l'essentiel celle des cybernéticiens Rosenblueth A. & Wiener N. (1945), pp. 317-318 : ceux-ci entendaient par modèle « matériel » la « représentation d'un système complexe par un système supposé plus simple et aussi supposé avoir certaines propriétés similaires à celles sélectionnées pour l'étude du système complexe original », et par modèle « formel » une « assertion symbolique en termes logiques d'une situation idéalisée relativement simple partageant les propriétés structurales du système factuel original ».

³ Bertalanffy L. von (1951c), p. 36. Voir plus généralement pp. 35-36.

X est obtenu lorsque son objet-modèle est constitué d'entités construites par analogie avec des entités dont les propriétés sont familières (donc en transposant ces propriétés), et que sa modélisation résulte au moins partiellement de la mise en relation de ces entités hypothétiques au moyen de lois connues que l'on tient pour applicables aux entités ayant servi d'analogues – ainsi le modèle de la théorie cinétique des gaz au moyen de billes élastiques, analogues microscopiques des boules de billard soumises aux lois de la mécanique classique. Ici, la modélisation n'est donc pas la transposition d'une modélisation existante, mais une création nouvelle dérivée de l'application à l'objet-modèle de certaines relations déjà appliquées à un autre objet-modèle, dans un autre contexte. Tandis qu'un modèle « formel » de X est obtenu lorsque son objet-modèle est construit sans analogie « substantive », mais que sa modélisation est la transposition à cet objet-modèle d'une modélisation existante d'un autre objet-modèle *a priori* sans rapport ; en ce sens, ce n'est pas une création : dans le modèle « formel », l'analogie concerne la seule structure des relations, donc la seule modélisation, alors que dans le modèle « substantif » elle ne concerne en fait que l'objet-modèle. Dans les termes équivoques de Bertalanffy :

Les modèles substantifs admettent que les éléments d'un système à étudier ont des propriétés analogues à celles d'un autre système connu [...] Dans les *modèles formels*, les entités sous-jacentes sont différentes, mais les relations nomothétiques possèdent des structures formelles analogues¹.

Stachowiak reformula cette distinction la même année en opposant aux « modèles substantiels-qualitatifs » les « modèles structuraux » qui, contrairement aux premiers, se confinent au « niveau des prédicats logiques » et « ne concernent pas l'être des individus originaux ni leurs propriétés, mais seulement les relations formelles existant entre eux »². Ces distinctions rejoignaient celles effectuées par Black en 1962 avec son concept de « modèle analogue », qui référerait à un modèle impliquant un « changement de *medium* » destiné à « reproduire aussi fidèlement que possible dans un nouveau *medium* la structure ou le réseau des relations dans un original » ; à ceci près que Black incluait dans cette définition des objets ou processus « réels » et non seulement des constructions conceptuelles³.

Le concept du « modèle formel » nous ramène en fin de compte à celui d'« analogie physique » tel que l'avait en son temps défini Maxwell (ce que Bertalanffy, compte tenu de sa bonne connaissance des écrits de Weyl, n'ignorait certainement pas, bien avant que Nagel l'eût fait remarquer⁴) et aux considérations de Köhler qui en furent dérivées, rapidement évoqués dans ma première partie au 1-4-4-4. C'est-à-dire au concept d'« isomorphisme », central dans le projet « systémologique » et dont il s'agit maintenant d'examiner plus en détail les origines, indépendamment pour l'instant de sa connexion avec le concept de système.

2-2-2-6 – Le concept d'isomorphisme nomique : racines d'une émergence

Le premier scientifique à avoir non seulement élaboré et souligné l'intérêt de modèles formels au sens précédemment défini, mais à avoir aussi insisté sur leur potentiel unificateur, est en fait antérieur d'un demi-siècle à Maxwell : il s'agit de Joseph Fourier, à l'occasion de la construction de sa *Théorie analytique de la chaleur* – publiée en 1822. Dans cet ouvrage marqué par l'inauguration d'une approche que Boltzmann qualifia plus tard de « phénoménologie mathématique »⁵, Fourier montra qu'un phénomène tel que la propagation de la chaleur peut être nomothétiquement déterminé sans qu'il soit nécessaire de s'interroger sur sa « nature », c'est-à-dire sans chercher à en dériver l'occurrence d'une plus ou moins hypothétique « substance » sous-jacente, mais en dégagant de son observation un certain nombre de variables caractéristiques entre lesquelles des relations fonctionnelles sont ensuite formulées dans le langage de l'analyse mathématique ; des relations dont toutes les conséquences sont enfin tirées « jusqu'aux dernières applications numériques » afin de pouvoir être confrontées au test de l'expérience. Et Fourier, convaincu que « l'analyse mathématique est aussi étendue que la nature elle-même » parce qu'« elle définit tous les rapports sensibles », tendit dans son discours préliminaire à l'ériger en outil universel d'*interprétation* du réel fournissant non

¹ Bertalanffy L. von (1965b), p. 291.

² Stachowiak H. (1965), pp. 440-441.

³ Black M. (1962), pp. 222-223.

⁴ Voir Weyl H. (1927, 1949, 1963), pp. 162-163 et Nagel E. (1961), pp. 109-111.

⁵ Voir par exemple Bouveresse J. (1991), p. 133.

seulement les moules d'une telle interprétation, une sorte de « réservoir » de schèmes abstraits¹ dans lequel le théoricien peut puiser et par lesquels il peut se laisser guider ; mais aussi le « langage » dans lequel une unité « secrète » de la nature, purement formelle, peut être exprimée :

L'analyse mathématique rapproche les phénomènes les plus divers, et découvre les analogies secrètes qui les unissent [...] Elle suit la même marche dans l'étude de tous les phénomènes ; elle les interprète par le même langage, comme pour attester l'unité et la simplicité du plan de l'univers, et rendre encore plus manifeste cet ordre immuable qui préside à toutes les causes naturelles [...] Ces mêmes théorèmes qui nous ont fait connaître les intégrales des équations du mouvement de la chaleur s'appliquent immédiatement à des questions d'analyse générale et de dynamique dont on désirait depuis longtemps la solution [...] On voit par exemple qu'une même expression, dont les géomètres avaient considéré les propriétés abstraites, et qui sous ce rapport appartient à l'analyse générale, représente aussi le mouvement de la lumière dans la troposphère, qu'elle détermine les lois de la diffusion de la chaleur dans la matière solide, et qu'elle entre dans toutes les questions principales de la théorie des probabilités².

Fourier faisait ici allusion à l'équation du potentiel exprimée par l'annulation d'un laplacien (équation dont nous avons vu au 1-4-4-4 le rôle inspirateur dans la « théorie générale de la *Gestalt* » de Köhler un siècle plus tard). Il avait ainsi déjà dégagé le concept d'isomorphisme au sens que Bertalanffy donna à ce terme, que Hempel a préféré qualifier d'« isomorphisme nomique »³ ; c'est-à-dire une correspondance de structure syntactique, logique, des énoncés entre deux théories (et plus généralement deux constructions conceptuelles) référant à des objets différents, ces derniers pouvant dès lors être considérés, ainsi que le vit Maxwell, comme appartenant à la même classe d'équivalence induite de la sorte⁴.

L'apport spécifique de Maxwell fut de suggérer les conséquences méthodologiques pouvant être tirées de ce principe qu'il appelait quant à lui « l'analogie *physique* » (mais en référence à l'idée d'une analogie induite par l'existence d'une même *équation* régissant des phénomènes physiques différents) : la méthode de construction de modèles formels au moyen d'un « transfert de la solution d'un problème résolu dans un domaine de recherche dans le langage d'autres domaines » avec conservation *a priori* de la « validité des résultats sous leur nouvelle forme » et approfondissement en retour de la connaissance du domaine initial ayant servi de référence, pour autant que certaines analogies formelles entre les domaines de recherche et phénomènes concernés aient auparavant été décelées⁵.

S. Bachelard a bien mis en évidence un fait bien illustré par les cas de Fourier et Maxwell : la promotion au XIX^e siècle d'une telle approche, marquée par les principes de « sous-détermination » et de « polyvalence » théoriques, fut étroitement liée à la volonté des physiciens d'appréhender des phénomènes – électromagnétiques, thermodynamiques, etc. – dont la connexion avec la science mécanique bien établie, « newtonienne », apparaissait problématique⁶. Picard fit d'ailleurs à la fin du siècle une remarque symptomatique à cet égard, qui formulait dans un même mouvement une définition d'un modèle comme expression d'un isomorphisme et sa justification stratégique :

Supposons que deux phénomènes différents conduisent au même système de relations différentielles : ils sont alors modèles l'un de l'autre, et pour une même catégorie de phénomènes il peut y avoir plusieurs modèles. Remarquons, d'une manière générale, que les images que notre esprit se forme des choses sont des modèles de ces choses ; ainsi, *dans un système où il y a des masses cachées, nous ne pouvons faire autre chose que de créer pour lui des modèles, sans pouvoir effectivement atteindre la réalité*⁷.

Une première tendance, qui s'observe par exemple chez Kelvin et dans la construction de la mécanique statistique par Boltzmann et Maxwell (tous deux en fait très ambivalents puisqu'ils

¹ Voir Israel G. (1996), p. 19 et p. 38.

² Fourier J. (1822, 1988), pp. xiv-xv et xij-xiiij. Pour une étude approfondie de sa construction de la « théorie analytique de la chaleur » qui met bien en évidence l'originalité épistémologique de l'approche de Fourier, voir Dhombres J. & Robert J.B. (1998), pp. 443-620.

³ Hempel C.G. (1965), pp. 435-441.

⁴ Maxwell J.C. (1870), in Bachelard S. (1979), p. 8.

⁵ Maxwell J.C., *op. cit.* et in Köhler W. (1920, 1924), p. 118.

⁶ Bachelard S. (1979), pp. 4-8.

⁷ Picard E., in Bruter C.P. (1982), p. 24. Les italiques me sont propres.

justifiaient tout autant le recours à des « modèles formels » qu'à des « modèles substantifs »¹, fut de faire de la mécanique un « réservoir » de « modèles substantifs » permettant tantôt de servir de support à l'analyse mathématique de ces phénomènes nouvellement étudiés, tantôt de rendre intuitivement figurables les formalismes mis en œuvre à cette fin.

C'est justement en opposition à cette attitude qu'une seconde tendance se dessina, qui rejetait les « modèles substantifs » au profit des « modèles formels » et du principe d'isomorphisme nominal. Il est remarquable qu'elle s'opéra dans un premier temps en relation avec la critique « énergétiste » du « mécanicisme » et de ses prétentions réductionnistes, en particulier de l'atomisme ; et ce d'autant plus si l'on prend en compte le fait que Lotka, dont je montrerai au 2-4-4 qu'il fut le premier à avoir effectivement mis en application le concept d'isomorphisme dans l'optique « systémologique » telle que la définit Bertalanffy, fut un disciple de cet « énergétiste » majeur que fut Ostwald. Mach joua ici un rôle central, qui repose d'abord sur une attaque inédite du réductionnisme « mécaniciste » :

Il n'existe pas de phénomènes purement mécaniques [... Ceux-ci] sont des abstractions intentionnelles ou forcées, dont le but est une plus grande facilité de l'examen [...] En toute rigueur, tout phénomène appartient à toutes les branches de la physique, qui n'ont été distinguées l'une de l'autre que pour des raisons conventionnelles, physiologiques et historiques. L'opinion qui fait de la mécanique la base fondamentale de toutes les autres branches de la physique, et suivant laquelle tous les phénomènes physiques doivent recevoir une explication *mécanique* est selon nous un préjugé [...] Il nous est aujourd'hui encore impossible de savoir quels sont les phénomènes physiques qui pénètrent *le plus au fond* des choses, ou de savoir si le phénomène mécanique n'est pas précisément le plus superficiel de tous, ou si tous sont d'une *égale pénétration* [...] La conception mécanique de la nature nous apparaît comme une hypothèse fort explicable historiquement, excusable et peut-être fort utile pour un temps, mais somme toute artificielle [...] Les concepts mécaniques ne sont que des moyens d'épargne, qui n'ont été développés que pour l'exposition des faits *mécaniques*, et non pour celle des faits *physiologiques* ou *psychologiques*².

Cette critique est d'autant plus significative ici qu'elle s'assortissait d'une conception elle aussi perspectiviste de la science, manifeste dans la conclusion de sa *Mécanique* :

Même les phénomènes qui sont en apparence purement mécaniques sont toujours en même temps physiologiques et par suite aussi électriques, chimiques, etc. La mécanique ne saisit donc pas la *base* de l'univers, elle n'en saisit pas davantage une *partie*, elle en expose simplement un *aspect*³.

Mais elle l'est surtout parce qu'elle était solidaire chez Mach de sa compréhension de l'« économie de pensée ». Lui qui considérait la science comme « un problème de minimum », « une affaire commerciale » consistant à « exposer les faits aussi parfaitement que possible avec la moindre dépense intellectuelle »⁴, tenait l'« analogie » pour l'un de ses procédés essentiels. Par quoi, et là est ce qui importe le plus ici, il comprenait une « similitude abstraite » dont la définition pourrait être celle du concept d'isomorphisme :

[Je définis] l'analogie comme une relation entre des systèmes de concepts, dans laquelle nous devenons clairement conscients à la fois du fait que les éléments correspondants sont différents et que les connexions correspondantes entre éléments sont les mêmes⁵.

Mach vouait déjà de telles correspondances à permettre de réaliser l'« économie de pensée » nécessaire afin de purger les sciences de leurs éléments métaphysiques. Allant plus loin encore que Maxwell, il faisait déjà de l'isomorphisme nominal non un simple constat, passif et *a posteriori*, mais un principe conscient et rationnel de la recherche scientifique :

¹ Maxwell initia la mécanique statistique dans un article publié en 1860 sur la « théorie dynamique des gaz », où il affirmait vouloir faire reposer ses recherches « sur des principes strictement mécaniques » en partant de l'objet-modèle du gaz comme collection de « petites sphères dures et parfaitement élastiques n'agissant l'une sur l'autre que lors des chocs ». Voir Barberousse A. (2002), p. 73. Sur la dualité des positions de Boltzmann concernant le concept de modèle, voir Boltzmann L. (1902).

² Mach E. (1883, 1904), pp. 465-466 et p. 478.

³ *op. cit.*, p. 478.

⁴ Mach E. (1883, 1904), p. 457. Voir aussi in Bouvier R. (1923), p. 81 : « La science n'est pas autre chose qu'une affaire commerciale. Elle se donne pour tâche d'acquiescer le moins de travail possible, dans le moins de temps possible et même avec le moins de pensée possible, le plus possible de vérité »

⁵ Mach E., in Blackmore J. et alii (2001), p. 111.

Pour arriver à s'affranchir des représentations conventionnelles ou basées sur des circonstances historiques accessoires, il est fort utile de comparer entre eux les concepts directeurs dans les divers domaines de la connaissance scientifique et de chercher, pour chaque concept donné dans une branche, le concept correspondant d'une autre branche. On trouve ainsi que les vitesses des masses en mouvement correspondent aux températures et aux potentiels [...] La masse correspond à la capacité calorifique, la quantité de chaleur au potentiel d'une charge électrique, l'entropie à la quantité d'électricité, etc. La poursuite de ces analogies et de ces dissemblances conduit à une *physique comparée* qui permettra un jour l'expression synthétique de très vastes domaines de faits, sans additions *arbitraires*. On en arrivera alors à une physique homogène, sans faire appel à l'artifice des théories atomiques¹.

Du strict point de vue des débats concernant le concept de modèle, la perspective de Mach trouva en quelque sorte son épanouissement chez Duhem, l'un des principaux représentants des physiciens « énergétistes ». Les critiques virulentes de ce pourfendeur de l'atomisme à l'encontre des modèles « iconiques » et « substantifs », auxquels il réduisait de manière erronée le concept de modèle tout entier, allaient en fait de pair avec une promotion tout aussi vigoureuse des modèles « symboliques » et « formels ». S'il n'insistait pas comme Mach sur leur vocation unificatrice, il soulignait lui aussi leur caractère « économique » et s'accordait avec Maxwell sur leur intérêt méthodologique. Bien qu'il ne fût pas comme chez Bertalanffy inspiré par la morphologie goethéenne, il faut aussi noter son usage du terme d'« homologie », d'autant qu'il traduisait en fait une opposition entre analogies « superficielles » et « profondes » qui fut opérée ultérieurement par le Viennois :

Deux catégories de phénomènes très distinctes, très dissemblables, ayant été réduites en théories abstraites, il peut arriver que les équations où se formule l'une des théories soient *algébriquement identiques* aux équations qui expriment l'autre. Alors, bien que ces théories soient essentiellement *hétérogènes par la nature des lois* qu'elles coordonnent, *l'algèbre établit entre elles une exacte correspondance* ; toute proposition de l'une des théories a son *homologue* dans l'autre ; tout problème résolu dans la première pose et résout un problème semblable dans la seconde. De ces deux théories, chacune peut, selon le mot employé par les Anglais, servir à illustrer l'autre [...] Une telle *correspondance algébrique* entre deux théories, une telle illustration de l'une par l'autre est chose infiniment précieuse : non seulement elle comporte une notable économie intellectuelle, puisqu'elle permet de *transporter* d'emblée à l'une des théories tout l'appareil algébrique construit pour l'autre ; mais encore elle constitue un procédé d'invention².

Comme en témoigne la fin de cette citation, il reste que de Maxwell et Duhem à Hempel, l'isomorphisme nominal demeurerait presque inmanquablement confiné à ce que les néo-positivistes appelaient le « contexte de découverte », un rôle utile lui étant certes de surcroît concédé du point de vue pédagogique, en tant que « procédé d'exposition »³. Nagel fut une exception notable lorsqu'il remarqua que les explications scientifiques peuvent toujours être considérées comme des « tentatives de comprendre ce qui n'est pas familier en termes du familier, dans la mesure où la construction et le développement de systèmes d'explication sont contrôlés, comme ils le sont fréquemment, par un désir de trouver et d'exploiter des analogies structurales » entre l'objet d'étude et d'autres déjà familiers ; et qu'il y a même là une manifestation particulière de la tendance générale de l'homme à « employer des systèmes familiers de relations comme des modèles en termes desquels des domaines initialement étrangers de l'expérience sont intellectuellement assimilés »⁴. Nagel soulignait ici un point qui se révèle essentiel chez Bertalanffy et les autres théoriciens des « systèmes généraux », convaincus du caractère fondamentalement analogique de toute pensée théorique. Une conviction qui se marque dans tous les écrits de Bertalanffy sur le Cusain, Goethe et Vaihinger⁵, et que Rapoport a explicitée en avançant deux arguments. Le premier est qu'il n'y aurait de science que du général (ce que Bertalanffy exprima plus d'une fois en reprenant le dicton scolastique selon lequel « l'individu est ineffable » [*individuum est ineffabile*]⁶) et que toute généralisation dépendrait de la « découverte de structures analogues dans des choses dissemblables ». Et le second, qui correspondait à l'analyse (postérieure) de

¹ Mach E. (1883, 1904), pp. 467-468.

² Duhem P. (1906, 1997), pp. 141-142. Les italiques me sont propres.

³ Voir de manière caractéristique Hempel C.G. (1965), pp. 434-445, en particulier p. 441.

⁴ Nagel E. (1961), pp. 107-108.

⁵ Notamment dans Bertalanffy L. von (1928b), p. 17 ; (1929f), pp. 330-332 ; (1932a) et (1949d), pp. 359-362.

⁶ La première fois dans Bertalanffy L. von (1930a), p. 32.

Nagel, était celui de la nature fondamentalement analogique de toute explication – quelque chose serait « expliqué » lorsqu'il est « montré être comme quelque chose de familier » ; l'explication proprement scientifique se caractérisant par le fait qu'elle ne se borne pas au constat d'une similitude, mais la travaille méthodiquement, l'exploite de manière « disciplinée » pour aller au-delà de l'événement ainsi « expliqué » et « fournir des dividendes »¹.

Le concept d'isomorphisme prit surtout une dimension inédite dès lors que lui fut explicitement conféré une valeur ontologique, tentation qui semble avoir déjà été celle de Mach dans sa conception du processus d'unification de la science. Les réflexions de Köhler sur l'existence d'un « quelque chose de physiquement commun » sous-jacent à une classe d'équivalence de phénomènes physiques déterminée par l'identité des formes mathématiques permettant d'en rendre compte fut comme je l'ai dit au 1-4-4-4 un pas décisif dans cette direction, qui influença Bertalanffy y compris dans son appropriation même du terme « isomorphisme ». Néanmoins, j'ai souligné aussi qu'il y avait à l'œuvre dans ces positions de Köhler, fécondes du point de vue heuristique puisqu'elles conditionnèrent et nourrirent sa quête de « *Gestalten* fortes », une métaphysique aux accents nettement réalistes et physicalistes. Bertalanffy ne pouvait l'admettre dans le cadre de son perspectivisme : ici se retrouve bien sûr sa convergence avec Cassirer vers un « structuralisme mathématisé ».

La conception « structuro-fonctionnaliste » de la connaissance développée par le philosophe allemand offrait en effet une opportunité de reconsidérer le statut épistémologique de l'analogie et de l'investir d'une dignité inédite. Si le propre de la fonction symbolique consistait à établir des « correspondances fonctionnelles de structure à structure »², alors le concept d'isomorphisme ne pouvait plus se confiner aux seules mathématiques où il avait pris naissance ; il devenait essentiel à l'épistémologie dans son ensemble, donnant en particulier un sens nouveau et rigoureux à la notion d'analogie (celui que Bertalanffy donna au terme « homologie »). Un sens que Kant avait à vrai dire anticipé en écrivant qu'elle « signifie non pas, comme on l'entend communément, une ressemblance imparfaite entre deux choses, mais une ressemblance complète de deux rapports entre des choses tout à fait dissemblables »³ :

La valeur de l'analogie pour la science demeure incompréhensible aussi longtemps qu'on la réfère à une simple similitude sensible entre cas singuliers [...] Dans sa vérité et sa fécondité propres, l'analogie exprime tout le contraire d'une convenance sensible de caractères ; elle repose sur une convenance conceptuelle concernant la structure relationnelle [...] et elle implique] une véritable identité dans le réseau des conditions, tel qu'il est mathématiquement exprimable ; et c'est cette identité qui, tout comme dans la mathématique pure, se trouve haussée au niveau d'« invariants » logiques. L'« analogie », toute proche encore, semble-t-il, de la singularité sensible, passe ainsi de plus en plus – d'où la valeur exemplaire de la doctrine de Kepler – du côté de l'« harmonie » mathématique, du côté des lois unitaires et quantitatives de structure⁴.

Certains modélisateurs ont même été jusqu'à réduire la définition de l'analogie entre phénomènes à l'existence d'un même formalisme mathématique permettant de les appréhender⁵. Cassirer fut amené à considérer qu'il n'était plus inconcevable, au contraire, d'identifier des ensembles que des perspectives substantialistes eussent tenus pour foncièrement hétérogènes ; l'incommensurabilité de leurs « formes substantielles » n'impliquerait en rien celle de leurs formes logiques :

Par homogènes, il faudra entendre non seulement les contenus qui ont en commun des caractères intuitifs quelconques, repérables et saisissables en eux-mêmes, mais encore toutes les figures qui sont dérivables l'une de l'autre par le seul jeu d'une règle conceptuelle, quelle qu'elle soit⁶.

Et c'est très judicieusement qu'il souligna le rôle décisif de l'énergétique dans cette (r)évolution épistémologique, en la mettant à cet égard, exactement comme le fit Bertalanffy, en relation avec la transition d'une « physique des images » vers une « physique des principes ». Ce que l'énergétique avait en effet démontré selon lui, c'était la possibilité de mettre en correspondance des domaines qualitativement différents par l'intermédiaire de l'invariance de certains rapports mathématiques, hors

¹ Rapoport A. (1953), p. 203 et (1972a), p. 48. Voir aussi Gerard R.W. et al. (1956), p. 7.

² Cassirer E. (1910, 1977), p. 344.

³ Kant E. (1783, 1985), p. 142.

⁴ Cassirer E. (1910, 1977), pp. 285-286.

⁵ Voir Dainty J. (1960), p. 140.

⁶ Cassirer E. (1910, 1977), p. 235.

des sentiers mécanicistes ; elle serait de la sorte apparue comme une authentique reconnaissance de l'unité dans la diversité :

La prétention de l'énergétique à comprendre les différents groupes de processus physiques, en reconnaissant leur spécificité, au lieu de les retraduire en processus mécaniques où tous leurs traits individuels se trouvent effacés, apparaît désormais, du point de vue de la théorie de la connaissance, tout à la fois limitée et justifiée à l'intérieur d'une sphère donnée. C'est que s'offre ici dans toute sa généralité la possibilité logique de donner à la nature la forme d'un système, sans être obligé de chercher appui, pour ce système, dans l'unité compacte d'un modèle figuratif, tel que le fournit le mécanisme [...] Si l'énergétique renonce à quelque chose, c'est bien à « expliquer », à l'aide de certains mouvements mécaniques, les différentes modalités qualitatives ; ce qu'elle retient en revanche, [...] c'est le souci d'exprimer la qualité par un nombre déterminé qui la représente complètement et en tient lieu pour notre réflexion¹.

Cassirer dessina ainsi dès 1910 à la fois un sens inédit de l'unité conceptuelle et les contours d'une ontologie structuraliste, dont le projet « systémologique » de Bertalanffy apparaîtra clairement au 3-1 comme un fidèle héritier :

L'identité à laquelle la pensée tend, par sa propre progression, n'est pas l'identité de choses substantielles absolues ; c'est l'identité d'ordres et de correspondances fonctionnels².

Remarquons que le Viennois s'engagea significativement presque d'emblée dans la voie de cette conception. Nous avons en effet déjà vu au 1-3-5-3 que, constatant dès 1927 que le monisme « mécaniciste » aboutit immanquablement à un « dualisme de l'Être » qui « déchire le monde entre vivant et mort, esprit et matière, conscience et nature », il se prononça pour un « pluralisme catégoriel et méthodologique » paradoxalement érigé en seul moyen de « sauver l'unité du monde », « l'unité intérieure de l'Être ». Or, la raison qu'il avança en s'appuyant sur des exemples de correspondances formelles entre physique et biologie (analogies entre processus cristallins et morphogénétiques et introduction de catégories historiques) était déjà ce qu'il appelait « la possibilité d'appliquer des catégories de manière hétérogène [à des phénomènes de natures diverses], qui indiquerait qu'en dépit de la nécessité d'une multiplicité de perspectives, la nature³ forme une intime unité »⁴.

Cassirer jugeait qu'il n'y a aucune raison de réduire la connaissance scientifique à une approche quantitative des phénomènes, puisque déjà l'évolution des mathématiques avait révélé « l'existence de domaines vastes et féconds parfaitement accessibles à la détermination mathématique, sans que leurs objets soient des grandeurs extensives »⁵. Telle avait déjà été l'intuition guidant Leibniz dans son projet d'une Caractéristique universelle, et il est là encore révélateur que Cassirer et Bertalanffy (lequel voyait la « systémologie » comme la poursuite de ce projet et souligna très vite la nécessité de mathématiques « qualitatives ») se soient abondamment référés au philosophe de Hanovre à cet égard :

L'être mathématique doit à cette acception de son concept [celui de forme purement relationnelle] une extension radicale au-delà de son domaine « classique » initial, le domaine de la « quantité » et de la « grandeur ». Leibniz définissait déjà la combinatoire comme *scientia de qualitate in genere* – la qualité étant ici identifiée dans son sens le plus général avec la « forme ». Et en effet les mathématiques modernes offrent toute une série de disciplines pour lesquelles on ne peut plus parler d'étude ou de comparaison de « grandeurs » extensives⁶.

Poincaré, dont les convergences significatives avec Cassirer ont déjà plusieurs fois été relevées, est peut-être celui qui résuma le plus clairement (par anticipation bien sûr) en quoi ces conceptions marquées par l'assimilation des mathématiques à une « science générale de la forme » menaient au seuil de la « systémologie générale ». Le grand mathématicien qui, intimement convaincu de la « parenté intime » unissant « l'oscillation électrique, le mouvement du pendule et tous les phénomènes

¹ *op. cit.*, pp. 232-233.

² *op. cit.*, p. 366. Les italiques me sont propres.

³ À comprendre ici au sens kantien du terme : la nature est le monde phénoménal en tant qu'il est ordonné par des concepts.

⁴ Bertalanffy L. von (1927c), pp. 260-261. Les italiques me sont propres.

⁵ Cassirer E. (1910, 1977), p. 234.

⁶ Cassirer E. (1929, 1972a), p. 389.

périodiques », jugeait qu'elle correspond à « une réalité profonde » et résulte de « principes plus généraux »¹, écrivit ainsi en 1908 :

La mathématique est l'art de donner le même nom à des choses différentes. Il convient que ces choses, *différentes par la matière*, soient *semblables par la forme*, qu'elles puissent pour ainsi dire se couler dans *le même moule*².

La nouveauté qui se profilait chez Poincaré et Cassirer et qui trouva son épanouissement chez les « théoriciens des systèmes généraux » était en fin de compte que loin de restreindre la mise en isomorphisme à la systématisation de lois connues ou à une heuristique, ils posaient la correspondance structurale comme principe de l'élargissement des concepts et de la formation de théories, avec pour ambition d'aboutir à des conclusions sur des relations inconnues à partir de relations connues. Une nouveauté qui allait naturellement de pair avec la subsomption du concept classique de théorie sous celui de modèle.

Avant d'examiner comment le concept perspectiviste de « système » de Bertalanffy et le projet dont il était solidaire furent issus de telles considérations, il est encore nécessaire, afin de pouvoir dégager la logique de ses travaux théoriques – en particulier ceux qui, en biologie, furent effectués dans la période de « gestation » de sa « systémiologie » (1926-1937) – d'achever ce chapitre en évoquant la manière dont il comprenait les fonctions, les critères d'évaluation et les dangers des modèles ; une compréhension liée à celle qu'il avait des fonctions, de l'évaluation et des limites de toute construction théorique. Les conceptions de Rapoport à ce sujet, identiques, seront évoquées simultanément : tous deux s'influencèrent mutuellement et avaient sur ce point les mêmes références ; de plus, le mathématicien formula souvent clairement ce que Bertalanffy avait la fâcheuse habitude d'énoncer lapidairement.

2-2-2-7 – Fonctions des modèles

Qu'il s'agisse des modèles « au sens large » ou « au sens étroit », leur fonction primordiale était pour Bertalanffy de couler l'expérience dans un moule déterminé afin de lui donner forme et de permettre ainsi d'avoir conceptuellement prise sur elle : il leur reviendrait la tâche de « synthétiser des données autrement non connectées »³. C'est ce que Rapoport appela à la suite de Deutsch leur *fonction organisatrice*, tout en précisant qu'il s'agit d'une fonction que ces « métaphores scientifiques » partagent avec toutes les métaphores : toutes consisteraient à « organiser notre vision du monde et à satisfaire ainsi notre besoin d'ordre, en mettant en exergue des similitudes entre événements »⁴. Chez Bertalanffy, il ne s'agissait là que d'un avatar après-guerre de ses plaidoiries des années 1920 et 1930 en faveur d'une « synthèse du riche matériel empirique » dont la biologie disposait alors, de la nécessité de les « ordonner en système », de les « réunir sous une forme commune », c'est-à-dire de les théoriser au lieu de se complaire dans une abondance empirique aveugle ; des plaidoiries dans lesquelles nous avons justement vu s'insérer ses premiers usages du terme « modèle »⁵.

Une seconde fonction de tout modèle, quoique son importance soit surtout marquée pour les modèles « au sens étroit » (et apparaît dans la définition qu'il donna de ces derniers), était pour Bertalanffy (et Rapoport) leur *fonction heuristique*. Il écrivit ainsi qu'ils devaient toujours être considérés comme « des hypothèses de travail pour la recherche ultérieure »⁶. Ce n'était bien sûr ici qu'une empreinte de longue date parmi d'autres du fictionalisme de Vaihinger, les expressions « hypothèse de travail » [*Arbeitshypothese*] et « valeur heuristique » [*heuristischer Wert*] étant d'ailleurs typiques du vocabulaire bertalanffien dès la construction de sa « biologie théorique » : elles lui servirent notamment dès le début des années 1930, j'y reviendrai au 2-3, à qualifier la fonction de ses « principes organismiques »⁷, dont nous le verrons requalifier ultérieurement la synthèse de

¹ Poincaré H. (1902, 1968), p. 174.

² Poincaré H. (1908), p. 29.

³ Bertalanffy L. von (1971a), p. 76.

⁴ Rapoport A. (1953), p. 207.

⁵ Bertalanffy L. von (1927e), p. 410 ; (1928a), pp. 54-55 et (1932b), p. III, pp. 2-3 et p. 28.

⁶ Bertalanffy L. von (1964b), p. 30. Rappelons que Bertalanffy caractérisa les « modèles au sens étroit » comme des « constructions auxiliaires qui illustrent certaines relations [phénoménales] et nous aident à travailler plus facilement avec elles ».

⁷ Voir par exemple Bertalanffy L. von (1930/1931), p. 392 et (1932b), p. 331.

« modèle organismique ». Bertalanffy rejoignait Rapoport sur l'idée que la vocation essentielle des modèles « au sens étroit » est de constituer « un point de départ d'un processus déductif », c'est-à-dire en définitive pour la construction d'un modèle « au sens large », d'une théorie digne de ce nom. Ils devaient à leurs yeux « permettre des déductions nécessaires qui n'auraient souvent pas été obtenues avec le sens commun » et mettre ainsi sur la voie de la détermination de « lois exactes » rendant possible une « maîtrise conceptuelle et pratique des phénomènes », en particulier dans les domaines où de telles lois manquent, tels que la biologie et les sciences sociales¹. Il fallait toutefois pour eux, ainsi que l'exprima Rapoport, considérer un modèle « au sens étroit » comme un simple « un outil pragmatique, à utiliser aussi longtemps qu'il sert son but et à être abandonné sans regret lorsqu'il ne le peut plus »². Pour autant, lui comme Bertalanffy estimaient que même un modèle « au sens large » ne devrait jamais « être pris comme conclusif » : il ne serait lui-même qu'une construction provisoire, « au mieux une approximation devant être progressivement travaillée et corrigée » jusqu'à ce que tout le potentiel contenu dans la perspective qui l'a engendré soit exploité, qui demeure même le cas échéant suspendue à l'éventuelle création d'un modèle jugé plus fécond et adéquat³. Rapoport souligna d'ailleurs que la fonction heuristique des modèles se manifeste au plus haut point par le fait que même leurs insuffisances et échecs sont souvent « instructifs et stimulants »⁴.

Pour autant qu'il est bien question de « modèle théorique » et d'autant plus s'il s'agit d'un modèle mathématique, deux autres fonctions possibles lui étaient assignées par Bertalanffy et Rapoport : ses *fonctions* « prédictive » et « mesurante » (des expressions reprises de Deutsch par le mathématicien). Elles étaient pour eux étroitement liées à sa fonction heuristique, particulièrement quant au dernier point mis en exergue : l'écart éventuel entre les prédictions dérivées du modèle (d'autant plus fines qu'elles sont issues d'une quantification) et l'observation peut et doit déjà par lui-même susciter de nouvelles questions et indiquer la direction d'autres recherches à effectuer. Tel serait d'ailleurs « le grand avantage » de la mathématisation : le modèle mathématique serait un « algorithme de raisonnement » qui permet de tirer des conséquences nécessaires des hypothèses qui le fondent (c'est-à-dire de son objet-modèle et de sa modélisation), plus facilement comparables aux observations empiriques que les hypothèses elles-mêmes. Il pourrait en outre, par ces conséquences, attirer l'attention sur des aspects des phénomènes qui auraient pu demeurer inaperçus, susciter ainsi l'émergence d'idées qui n'auraient pas surgi sans lui et, finalement, « élargir le répertoire conceptuel des théoriciens »⁵. Si Bertalanffy et Rapoport, ne serait-ce que parce qu'ils travaillèrent, surtout le second, à la construction de modèles mathématiques en biologie et en sciences sociales, furent naturellement conduits à dégager les deux fonctions évoquées, il est toutefois nécessaire d'insister sur le fait que contrairement aux précédentes et à celle qui suit, elles n'étaient pas pour eux constitutives de tout modèle théorique ; elles étaient plutôt à comprendre comme des idéaux fonctionnels relativement difficiles à réaliser hors des sciences physiques. La raison en était leur conception originale d'une fonction par contre à leur yeux essentielle des modèles théoriques, qui les amena à mettre le « qualitatif » et le « quantitatif » sur un pied d'égalité : leur *fonction explicative*.

Aussi bien chez Rapoport que chez Bertalanffy, l'« explication », fonction par définition inhérente à tout modèle théorique, était à comprendre au sens « nomologique » ; c'est-à-dire, nous l'avons vu, en tant que chaîne d'inférences tirées au sein d'un système symbolique permettant de représenter certains aspects jugés essentiels d'un phénomène et de déduire son existence et au moins certaines de ses caractéristiques (idéalement, des « lois ») de celles d'autres phénomènes également représentables dans ce système. Mais, et Rapoport a plus systématiquement quoique plus tardivement insisté sur cet aspect que Bertalanffy, une telle conception impliquait pour eux l'existence de deux types d'explication scientifique. D'abord celle fondée sur « l'expérience contrôlée », dont le but est d'éliminer de la recherche de relations causales les événements fortuitement liés à celui que l'on

¹ Bertalanffy L. von (1951c), p. 25 et (1962a), p. 18. Voir aussi la lettre de Bertalanffy L. von à Westphal W. (18/11/1955), *Archives du B.C.S.S.S.* : le modèle (au sens « étroit » du terme) y est décrit comme le « commencement » de la science « exacte », la « seule chose d'importante » étant en définitive « les lois mathématiques » dont il sert de véhicule. Voir aussi Rapoport A. (1953), p. 206 ; (1957a), p. 61 ; (1960, 197), p. 16 ; (1969a), pp. 184-185 et (1970), p. 19.

² Rapoport A. (1953), p. 206 et p. 210. Voir aussi Bertalanffy L. von (1962a), p. 17.

³ Bertalanffy L. von (1964d), p. 30.

⁴ Rapoport A. (1953), p. 75 et p. 211.

⁵ Voir déjà Bertalanffy L. von (1934a), p. 619 ; (1937b), pp. 16-17 et (1942), p. VII et pp. 235-236 ; puis (1964d), p. 5 et p. 30 et (1968a), p. 22. En ce qui concerne Rapoport A., voir (1953), p. 207 et pp. 210-211 ; (1957a), p. 61 ; (1960, 1967), pp. 13-16 et (1966), p. 10.

cherche à expliquer : dans ce cas, la représentation symbolique est élaborée par un dialogue continu avec l'expérience, et la chaîne d'inférences peut en principe être expérimentalement vérifiée. Le problème serait toutefois que la possibilité de « l'expérience contrôlée », dans la mesure où elle présuppose celles d'exhiber des séries causales indépendantes et de reproduire à volonté un arrangement spécifique du « réel », est significativement mise à mal dans la plupart des domaines scientifiques, non seulement en sciences sociales, mais même dans certaines sciences de la nature (astronomie, biologie, etc.). Un autre type d'explication, où la notion de causalité perd de son importance et où l'expérimentation ne joue qu'un rôle mineur, serait aussi légitime bien que qualitativement différente. Et son rôle serait d'autant plus significatif qu'il s'agit de traiter de « systèmes complexes ». Il s'agit de l'explication *purement mathématique* « à partir de postulats simples et plausibles » (« mathématique » devant, au moins en ce qui concerne Bertalanffy, être compris au sens très large qu'il assignait à ce terme) : le modèle théorique aurait ici pour vocation de « distiller l'essence logique d'une situation ». Toute l'idée étant qu'on « gagne en simplicité » et qu'on « approche de l'essentiel » au moyen d'« idéalisations et d'abstractions pertinentes » bien qu'« aberrantes du strict point de vue empiriste, en « sacrifiant » sciemment la « *précision* des assertions ou des mesures », sachant que ce ne sont pas ces dernières qui font une « science nomothétique *exacte* », mais la seule « rigidité de ses règles de déduction »¹. Il est caractéristique de cette conception qu'elle permettait de dissocier le concept d'explication de ceux de prédiction et de contrôle². Bertalanffy et Rapoport estimaient qu'il faut renoncer à la conception néo-positiviste selon laquelle toute assertion significative sur la réalité est soit tautologique, soit prédictive, et que sa vérité s'identifie précisément à sa force prédictive. Pour reprendre une expression ultérieure de Thom, expliquer ne serait pas plus nécessairement prédire et contrôler que prédire et contrôler ne signifie expliquer – le mathématicien français ayant souligné lui aussi que l'intérêt d'un modèle ne présuppose aucunement sa capacité à fournir des prédictions quantitatives³. Entre ceux qui, tels les positivistes, veulent confiner la science à des « données » quantifiables et manipulables permettant des expériences reproductibles, et ceux qui, dans les sciences non physiques et dans une optique diltheyenne, prétendent devoir renoncer à l'« explication » au profit d'une « compréhension » intuitive au motif fallacieux qu'expliquer les événements supposerait la capacité de les prédire et de les contrôler, la forme purement mathématique d'explication ouvrirait une voie médiane : celle de ce que von Hayek, qui s'inspira d'ailleurs explicitement de Bertalanffy, appela en 1955 une « *explication de principe* »⁴.

Si Rapoport ne se référa pas à l'économiste, il n'en fut pas de même de Bertalanffy, qui s'appropri aussitôt l'expression et le concept développés par celui dont j'ai déjà dit qu'il était son ami et correspondant. Le fameux économiste, se risquant à définir le champ des sciences physiques comme celui, exceptionnel, « où le nombre de variables de différents types significativement connectées est assez simple pour permettre leur étude comme s'ils formaient un système fermé dans lequel on peut observer et contrôler tous les facteurs déterminants », avança dans cet article de la plus haute importance pour l'épistémologie de la modélisation qu'il est inadéquat non pas certes d'interpréter la théorie scientifique comme un système hypothético-déductif, mais de restreindre cette interprétation aux systèmes hypothético-déductifs dont des prédictions empiriquement testables peuvent être dérivées. Une interprétation qu'il jugeait comme « un obstacle sérieux à la pénétration de notre entendement dans des champs où il est certain pour l'instant et peut-être à jamais qu'une procédure différente peut être notre seul moyen efficace pour être guidés dans le monde complexe où nous vivons ». Il estimait au contraire nécessaire d'admettre l'existence de différents « *degrés d'explication* » et la parfaite légitimité de ce type moins contraignant d'explication qu'il appelait l'« explication de principe », expression qu'il rapprochait, en la jugeant plus pertinente, de l'expression « construction de modèle ». Sa définition et sa justification épistémologique d'une telle forme d'explication se fondaient sur l'idée que pour traiter une « situation complexe » où seul un nombre très limité de régularités peut être dégagé, nous cherchons avant tout à savoir dans quelle mesure notre connaissance existante des processus à l'œuvre ou des propriétés des éléments en

¹ Bertalanffy L. von (1932b), p. 28 ; (1937b), pp. 15-17 ; (1942), pp. VI-VII et pp. 235-236 ; (1951c), p. 24 ; (1962a), p. 18 ; (1964d), pp. 5-6 et pp. 27-30. Rapoport A. (1960, 1967), pp. 23-24 et (1978), pp. 29-30.

² Sur cette seconde conséquence, voir surtout Rapoport A. (1970), pp. 16-17 et (1972b), pp. 18-24.

³ Thom R. (1993a) et (1979), p. 24.

⁴ Hayek F.A. von (1955a). Pour ses références à Bertalanffy dans cet article, voir pp. 219-220.

présence permet de rendre compte du phénomène étudié, puis examinons si ce qui est observé peut être déductivement dérivé de ce que nous savons du comportement, dans des conditions plus simples, de certains des facteurs impliqués. Il remarqua bien qu'il est dans ce cas impossible d'être certain que cette connaissance partielle et conditionnelle s'applique à la « situation complexe » étudiée, et qu'on ne dispose même pas de moyen direct de tester les hypothèses faites de part l'incapacité, constitutive de la situation, de confirmer par l'observation la présence et l'arrangement spécifique des facteurs multiples qui forment le point de départ du raisonnement déductif. Il jugeait que les constructions issues d'une telle procédure ont néanmoins une valeur d'orientation indéniable, et qu'elles conservent même un pouvoir prédictif, fût-il de type purement qualitatif ; la valeur d'un modèle théorique en tant qu'« explication de principe » tenait selon von Hayek à ce qu'il définit un « *spectre de phénomènes* » pouvant être « produits par le type de situation qu'il représente » :

Ni l'hypothèse que des facteurs du type supposé sont présents, ni bien sûr la validité du raisonnement déductif, n'ont donc besoin d'être tenus pour réfutés si les conclusions auxquelles nous parvenons ne sont pas corroborées par l'observation. Mais bien que l'observation de telles situations complexes ne puisse décider si notre argument conditionnel (« si, alors ») est vrai, elle nous aidera à décider si l'on peut l'accepter comme une explication des faits observés [...] Notre explication provisoire nous dira à quels types d'événements on peut s'attendre et auxquels non, et elle peut être démontrée fautive si les phénomènes observés manifestent des caractéristiques que le mécanisme postulé ne peut produire. Elle nous donnera ainsi une nouvelle information en *indiquant le spectre des phénomènes auxquels on peut s'attendre*. En *fournissant un schéma ou cadre pour les résultats possibles*, elle nous aide non seulement à *ordonner la connaissance observationnelle* que nous possédons déjà, mais elle fournira aussi des *niches pour de nouvelles observations* probables, et indiquera les *directions dans lesquelles nous pouvons nous attendre à voir varier les phénomènes* [...] Nous ne nous demandons pas ici si les hypothèses que nous avons utilisées sont vraies ou si les constructions sont appropriées, mais si les facteurs que nous avons distingués sont en fait présents dans les phénomènes particuliers que nous voulons expliquer, et s'ils sont pertinents et suffisants pour expliquer ce que nous observons¹.

La théorie darwinienne de l'évolution était pour lui un excellent paradigme de telles « explications de principe » : elle ne vise pas des prédictions spécifiques d'événements particuliers et n'est pas fondée sur des hypothèses au sens où l'on attend que ses propositions fondamentales soient confirmées ou réfutées par l'observation. Nous sommes renvoyés ici à la substitution du principe de « pertinence » à ceux de vérification empirique et, naturellement, de « vérité », opérée par Le Moigne. Von Hayek écrivit d'ailleurs à propos de cette « théorie » (ou plutôt, de ce « modèle théorique ») que le problème n'était pas de savoir si les propositions qu'elle énonce sont « vraies », mais si elles sont « adéquates et suffisantes pour rendre compte des phénomènes observés et de l'absence d'autres phénomènes qui ne se produisent pas »². Les déductions tirées de tels modèles théoriques ne pourraient en définitive référer à aucun phénomène particulier, mais seulement à certains types de phénomènes : ils seraient pour l'essentiel des « schèmes de classification » ayant comme seul pouvoir prédictif celui de préciser le type de caractères qui peuvent ou non être attendus dans l'étude d'un phénomène lorsque s'y présentent certains caractères déterminés. Outre qu'ils fourniraient ainsi une sorte de « *physionomie des événements* qui nous guide dans nos observations », ils auraient la valeur pratique d'éviter de poursuivre des buts scientifiques incompatibles. Quant au caractère limité de leurs prédictions, il ne devrait aucunement être confondu avec la question de savoir s'ils sont plus ou moins certains que des théories prédictives en un sens plus fort :

[Les explications de principe] ne sont plus incertaines qu'au sens où elles en disent moins sur les phénomènes, non au sens où ce qu'elles en disent est moins certain³.

Nous verrons dans les troisième et quatrième parties que ces considérations de von Hayek, en particulier dans leur application aux modèles formels, sont d'une importance majeure pour la compréhension du projet « systémologique » : Bertalanffy et Rapoport interprétèrent en effet comme des « explications de principe » non seulement les constructions vouées à être élaborées dans la perspective « systémologique » – à savoir des analogues conceptuels, des schémas idéaux de certains

¹ *op. cit.*, pp. 216-217. Voir aussi pp. 209-210 et pp. 220-221. Les italiques me sont propres.

² *op. cit.*, p. 218.

³ *op. cit.*, p. 224.

traits du « réel » qui, tels le modèle mathématique de l'évolution d'un système proie-prédateurs par Lotka et Volterra ou le traitement des situations de conflit en théorie des jeux, tirent des conséquences de ce que *serait* ce dernier *s'il* se conformait aux postulats plus ou moins plausibles qui ont permis de les élaborer, à en fournir ce que Boulding appela une « *topologie plausible* » ; il appliquèrent aussi cette interprétation à la « systémologie générale » en tant que telle qui, vouée à l'étude des propriétés de systèmes abstraits de relations, ne devait en définitive s'intéresser qu'à la *forme* des processus systémiques, ses résultats demeurant essentiellement qualitatifs¹.

2-2-2-8 – Évaluation des modèles

Eu égard à l'importante question des critères d'évaluation des modèles (théoriques), il n'est pas besoin de détailler ici les idées de Bertalanffy, qui s'accordaient à celles de Rapoport : elles s'identifiaient à ce qui a été dit au 2-2-1-3 au sujet des constructions théoriques en général, avec certes des équilibres très divers entre ses critères de base (vertus explicative, synthétique et prédictive des « faits », fertilité et simplicité) selon qu'il est question de modèles « au sens large » ou « au sens étroit ». Bertalanffy ne fit guère à ce propos que transposer après-guerre dans un vocabulaire à peine renouvelé ce qu'il avait dit de la théorie dans les années 1920 et 1930, dans un esprit pragmatique dont l'apparente radicalité doit une fois encore être minorée du fait de son attachement, au moins pour les modèles théoriques « au sens large », à un strict processus d'objectivation :

L'évaluation des modèles devrait être simplement pragmatique, en termes de mérites explicatifs et prédictifs (ou de leur manque) ; il s'agit de savoir s'ils jettent ou non une nouvelle lumière sur des faits connus et prédisent correctement certains faits auparavant inconnus [... En ce qui concerne en particulier les modèles en sciences sociales et historiques], les considérations *a priori* quant à leur désirabilité ou leurs conséquences morales n'ont pas à entrer en ligne de compte².

La question est de savoir si un modèle est utile ; s'il mène à l'explication de faits, à la synthèse de données autrement déconnectées et à des prédictions vérifiables [...] La manière dont il a été construit – au moyen de l'intuition, de la spéculation ou de la généralisation empirique – est dépourvue de pertinence. L'histoire des sciences montre que des modèles et des lois d'une extrême importance furent bien souvent nés d'une spéculation sauvage³.

Nul doute que Bertalanffy aurait rejoint Rapoport lorsque celui-ci ajouta qu'un modèle est d'autant plus puissant qu'il permet de dériver un maximum de relations auparavant inconnues, de faire ce que Black appela « voir de nouvelles connexions », avec un minimum de postulats et de paramètres indépendants impliqués ; la corroboration empirique constituant quant à elle moins un critère de validation du modèle qu'un « encouragement à développer plus avant » la théorie qu'il contribue à édifier, et un bon modèle se caractérisant justement par sa « suggestivité », c'est-à-dire sa capacité à suggérer de nouvelles questions et hypothèses⁴.

Remarquons que leurs conceptions communes à ce sujet n'anticipaient que quatre des six critères de « justification » des modèles dégagés plus tard par Delattre⁵ : la « cohérence rationnelle » (non seulement interne, mais aussi celle du processus de « transcription » en analogues symboliques des phénomènes étudiés), l'« ajustement aux données expérimentales » (un critère souligné comme non suffisant par le systémicien français), la « minimalité » (du nombre de variables et de paramètres indépendants utilisés) et le « pouvoir de prévision ». Ni Bertalanffy, ni Rapoport n'auraient par contre adhéré sans réserve aux deux autres critères distingués par Delattre. À savoir celui d'« unicité » (principe d'existence d'un modèle optimal d'un phénomène donné dans le cadre d'un langage théorique donné), qui s'intègre difficilement à une compréhension perspectiviste du concept de modèle ; et celui de « falsifiabilité » (la possibilité de modifier les hypothèses dans un modèle, leur « validité » pouvant être « confirmée ou infirmée par l'incidence directe ou indirecte qu'elles ont sur les observables »), qui est inadéquat aux « explications de principe ».

¹ Bertalanffy L. von (1956d), pp. 3-4. Rapoport A. (1969), p. 184. Boulding K.E. (1952), p. 73.

² Bertalanffy L. von (1962a), p. 16.

³ Bertalanffy L. von (1971a), p. 76. Voir aussi (1960a), p. 211 et (1964d), p. 30 pour des formulations analogues.

⁴ Rapoport A. (1978), p. 31 et (1957a), p. 79. Voir aussi Black M. (1962), p. 237 et p. 239.

⁵ Delattre P. (1979), pp. 97-99. Voir aussi Delattre P., in Bruter C.P. (1982), pp. 8-9 et Bruter C.P. (1982), pp. 26-27.

2-2-2-9 – Dangers des modèles

Le dernier volet de la philosophie générale de la science de Bertalanffy qui me reste à évoquer avant de considérer son concept de système est son insistance réitérée sur les dangers des modèles, dont il était hautement conscient. L'obligation primordiale assignée par Nietzsche au philosophe, « se méfier de lui-même », devrait selon lui être constamment intégrée à la conscience du constructeur de modèles scientifiques¹. Une « certaine dose d'humilité intellectuelle » et un « manque de dogmatisme » s'imposeraient constamment à ce dernier, qui ne devrait jamais oublier que « ce qu'est ultimement la réalité n'est pas une question pour la science, concernée par les seuls aspects structureaux de son comportement »².

Le principal danger des modèles était en effet pour Bertalanffy (comme pour Rapoport) celui de « les prendre trop au sérieux » ; c'est-à-dire l'hypostasie du modèle, l'évacuation plus ou moins consciente de son rapport perspectiviste avec le « réel » qu'il est voué à interpréter, l'aveuglement au fait que « leur connexion se trouve principalement dans l'esprit du scientifique » et la tentation, au contraire, de les identifier – de réduire le second au premier et de commettre ainsi ce qu'il appelait « l'erreur du rien que » [*nothing-but fallacy*]³. Ce danger vaudrait particulièrement pour les modèles élaborés en sciences sociales et historiques où, surtout s'ils sont élaborés dans une perspective holistique, la tentation est permanente d'hypostasier des groupes d'individus, de réifier des concepts et de parler par exemple de « société », de « communauté », de « nation » ou de « race » en oubliant qu'il s'agit essentiellement de « fictions personnificatrices » au sens de Vaihinger⁴. Rappelons que Bertalanffy avait dès 1924 et 1926 critiqué Spengler à ce propos, dénonçant sa confusion de « simples objets conceptuels » [*begriffliche Gebilde*] avec des « réalités » et son incompréhension du fait que le « type » goethéen n'est par définition jamais réalisé⁵ :

Tout modèle mène au désastre intellectuel lorsqu'il est tenu pour une réalité métaphysique⁶.

Notons qu'il s'agit là d'une manifestation de son dynamicisme qui révèle encore la profondeur de sa fidélité à Goethe ; ainsi exprima-t-il dans une lettre à Bentley (qu'il rejoignait justement sur ce point) son « opposition absolue à l'hypostasie et à la substantivation tant des symboles que des événements, mentaux ou autres », lesquels « ne devraient jamais être compris comme des 'choses', des 'entités' ou autres, mais comme signifiant certains aspects d'un flux de processus dynamiques »⁷.

Un second danger distingué par Bertalanffy a déjà été évoqué en connexion avec sa conception de la mathématisation : il s'agit de la propension à mépriser voire à rejeter les modèles formulés en langage non mathématique ; et, ce qui va souvent de pair quoique non nécessairement⁸, à en faire de même des modèles qualitatifs. Comme ces derniers, qui fournissent des « explications de principe », un modèle « verbal » resterait préférable à l'absence de modèle ou au « placage » arbitraire de mathématiques sur l'encore informe. D'autant plus que l'histoire des sciences, notamment celle de la théorie de l'évolution (où des modélisations mathématiques ne furent élaborées que sept décennies après la publication de *L'origine des espèces*), montre que l'expression en langage ordinaire précède souvent la formulation mathématique. Pour Bertalanffy, il s'agissait de ne pas succomber à ce que j'appelle un « mathématisme » illusoire ; de se garder de tenir la célèbre maxime kantienne pour une injonction dogmatique à appliquer servilement – après l'avoir mal interprétée :

Un modèle verbal est meilleur que pas de modèle du tout, ou qu'un modèle plaqué sous prétexte qu'on peut le formaliser mathématiquement, qui fausse la « réalité » [...] Il est peut-être préférable d'avoir d'abord un modèle non mathématique avec ses imperfections, mais qui exprime un point de vue antérieurement négligé, avec l'espoir qu'on pourra un jour lui associer un algorithme correct,

¹ Bertalanffy L. von (1951b), p. 308.

² Bertalanffy L. von (1966b), p. 136 et (1964d), p. 6.

³ Bertalanffy L. von (1962a), p. 20 ; voir aussi (1964d), p. 6 et p. 30, ainsi que Rapoport A. (1953), p. 75 et p. 206.

⁴ Bertalanffy L. von (1956a), pp. 38-39 ; (1960a), pp. 210-211 ; (1965a), pp. 58-59.

⁵ Bertalanffy L. von (1924a), III et (1926a), p. 87.

⁶ Bertalanffy L. von (1967a), p. 108.

⁷ Lettre de Bertalanffy L. von à Bentley A.H. (18/01/1951), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁸ Notamment parce que la topologie, dans la lignée leibnizienne qui est historiquement la sienne, permet des modélisations mathématiques purement qualitatives. Voir par exemple Rashevsky N. (1954) et Rosen R. (1958a) et (1958b).

que de partir de modèles mathématiques prématurés fondés sur des algorithmes connus, qui risquent de restreindre le champ de vision¹.

Les problèmes doivent être intuitivement « vus » et reconnus avant de pouvoir être formulés mathématiquement. Sinon, le formalisme mathématique peut entraver plutôt que stimuler l'exploration des problèmes « réels »².

Le troisième danger discerné par Bertalanffy était étroitement lié au précédent et demeure encore de nos jours d'actualité, particulièrement dans un domaine tel que l'économie. C'est la tendance, qu'il vit se développer après-guerre dans des sciences non-physiques en quête d'approches théoriques, à réagir à l'empirisme étroit y ayant souvent dominé auparavant en versant dans un excès inverse nourri par le développement de nouveaux outils logiques et mathématiques (par exemple la théorie des jeux) : celui d'une débauche outrancière de constructions de modèles – surtout de modèles mathématiques – activité devenue trop souvent à ses yeux un « sport en chambre » autarcique, déconnecté de toute réalité et en définitive stérile – une critique justifiée, que l'on peut compléter en ajoutant que le plus grand danger de cette tendance ne fut et ne demeure pas sa stérilité, mais le fait que de telles constructions sont susceptibles d'œuvrer au service de discours idéologiques, auxquels elles permettent d'avancer sous le masque de l'ésotérisme³. Ainsi écrivit-il en 1962 :

Ces dernières années, l'enthousiasme pour les nouveaux outils mathématiques et logiques disponibles a mené à une fièvre pour la « construction de modèles » comme but en soi et souvent sans égard pour le fait empirique. Pourtant, l'expérimentation conceptuelle au hasard n'a pas plus de chances de succès que l'expérimentation au hasard sur du matériel biologique, psychologique ou clinique [... Une confusion fondamentale consiste à] prendre pour un « problème » ce qui n'est en réalité qu'un « exercice » mathématique. On ferait bien de se remémorer la vieille maxime kantienne selon laquelle si l'expérience sans théorie est vide, la théorie sans expérience n'est qu'un simple jeu intellectuel⁴.

Nous verrons au 3-4-2-7 et en quatrième partie cette critique se retrouver dans ses réflexions sur l'évolution du « mouvement systémique ».

Plus généralement, ses considérations sur les dangers des modèles, en particulier sur le premier d'entre eux, furent d'une grande importance pour sa pensée systémique, surtout en relation avec les critiques fréquemment adressées aux avocats et praticiens d'approches « holistiques ». Ni son concept central de « système », ni le projet qu'il a engendré, ne peuvent être correctement compris sans les conserver à l'esprit. Et il en va en fait de même de l'ensemble de la philosophie perspectiviste dont procédaient ces réflexions : la dernière section de ce chapitre va précisément être voué à montrer l'impact structurant et déterminant de cette philosophie sur la construction du projet « systémologique » bertalanffien.

2-2-3 – *Du perspectivisme à l'herméneutique « systémologique »*

Il ne s'agit pas de discuter ici l'ensemble de ce qui doit l'être concernant ce projet tel qu'il fut élaboré et actualisé par Bertalanffy et ses collègues systémiciens : mes troisième et quatrième parties seront entièrement vouées à cette discussion. Je me concentrerai ici sur la démonstration de l'impossibilité de comprendre ce projet hors d'un cadre perspectiviste. C'est ce qui me permettra ensuite d'interpréter sa genèse et son développement, mais aussi d'expliquer l'insistance récurrente de Bertalanffy sur les divers aspects de son perspectivisme, qui vont effectivement être impliqués dans cette démonstration. Il affirma lui-même :

Le concept de système implique une nouvelle épistémologie – en résumé, la substitution d'une *philosophie perspectiviste* à une philosophie absolutiste⁵.

¹ Bertalanffy L. von (1968a), p. 24.

² Bertalanffy L. von (1972a), p. 34.

³ Voir déjà à ce sujet l'article critique et engagé de François Perroux (1970) sur les « conceptualisations implicitement normatives et les limites de la modélisation en économie », avec sa dénonciation de « la fraude mentale impliquée par l'usage d'une pseudo-mathématisation » portant sur un « marché sans société », qui « rend des services très importants aux détenteurs d'un capital et à ce qui dépend d'eux ».

⁴ Bertalanffy L. von (1962a), p. 11 ; voir aussi (1964d), p. 22 et (1968a), p. 12. Ainsi que Kant E. (1789, 1980), p. 812.

⁵ Bertalanffy L. von (1967a), p. 93.

Les considérations développées dans cette section me donneront de surcroît la possibilité de justifier la vocation herméneutique de la « systémologie générale » annoncée dans mon titre.

2-2-3-1 – *L'ambivalence constitutive du concept de système et ses origines*

Tout autant qu'à propos du terme « modèle », il est utile de commencer par considérer les origines et l'histoire du terme « système ». S'y dévoile, en effet, une ambivalence fondamentale qu'il faut avoir à l'esprit pour saisir non seulement le sens et la portée des travaux de Bertalanffy et de ses collègues systémiciens, mais aussi leur spécificité par rapport à ceux de leurs prédécesseurs.

Le mot *σύστημα* (*systema*) était utilisé en grec ancien avant même Aristote, auquel le Viennois remonta l'histoire du concept de système en remarquant qu'il est « aussi ancien que la philosophie européenne »¹. *Σύστημα* était lui-même issu des termes plus anciens *συνιστάω* (*sunistao*) et *συνιστημι* (*sunistemi*), où un invariant se laisse percevoir par-delà la multiplicité des sens pris dans des contextes très divers : l'idée d'un ordre constitué par l'activité constructive d'un (ou de plusieurs) sujet(s). Elle se manifeste tant avec *συνιστάω*, qui pouvait tour à tour signifier « je constitue », « j'institue », « je règle », « j'ordonne » ou « j'agence » ; qu'avec *συνιστημι*, qui signifiait quant à lui aussi bien « je construis », « je crée », « je forme », « je compose » ou « je façonne ». Il importe de voir l'opposition que cette idée instaure simultanément, entre d'une part la cohésion intime introduite par cet ordre, où l'on peut bien parfois même lire une *entéléchie*, et l'assemblage amorphe, dépourvu d'unité et de finalité intérieures, auquel il a vocation à se substituer. Cette opposition se lit aussi bien lorsque *συνιστάω* réfère à l'acte de la preuve (et donc à la contrainte qu'il exprime) ou à un mouvement vers l'unité que lorsque *συνιστημι* renvoyait au fait de donner « consistance » et « compacité » à un ensemble, ou plus spécifiquement à un « resserrement » des liens qui, dans la *polis*, s'exprimait dans l'orientation de l'action collective conformément à une fin.

Σύστημα ne se conforma pas à ce schème conceptuel pourtant inscrit dans ses origines. Déjà parce que s'il pouvait certes encore référer à une composition ordonnée, à une union de parties constitutives d'un tout organisé, il était aussi légitime de l'utiliser afin de désigner un assemblage dépourvu d'ordre d'éléments juxtaposés ; ainsi pouvait on qualifier de *σύστημα* aussi bien une réunion d'individus qu'une assemblée ou une troupe, en dépit des degrés très divers d'unité « holistique » de ces entités. Il apparaît surtout que l'activité constructive d'un sujet, loin d'être constitutive de cette notion encore trop indéterminée pour être un concept, en fut au contraire largement éludée : qu'il ait référé à un tout organisé ou à un simple amas, la signification de *σύστημα* semble être demeurée essentiellement matérielle, l'expression du constat d'une plus ou moins grande unité dans une constellation d'éléments perçus dans le monde extérieur². C'est cette notion du « système », encore observable dans la définition, déjà considérée au 1-2-1, donnée par Thomas d'Aquin, qui s'est transmise jusqu'à la Renaissance.

Ce n'est semble-t-il qu'avec Galilée, dans le contexte du développement de l'astronomie post-copernicienne, que le terme « système » commença à acquérir une signification d'une toute autre nature où, comme si l'on assistait à un retour aux antécédents du terme *σύστημα* lui-même, une place essentielle fut ménagée à l'activité d'un sujet redevenu constructeur de « systèmes »³. Si les Grecs et les Latins avaient déjà employé ce terme pour référer au *cosmos* (« système de la Terre et du Ciel » ou « système du monde »), l'une des grandes originalités du physicien consista en effet à le réinterpréter analogiquement en lui donnant pour signification, selon l'expression efficace de Gusdorf, « l'arrangement général de l'espace mental dont l'économie évoque celle des astres »⁴ ; un arrangement conçu sous la forme d'un système *théorique* de l'astronomie, ou encore d'un *modèle* du « système du monde », qui inaugurerait une sorte de processus de « dématérialisation » bien résumé par Denis Diderot et Jean le Rond D'Alembert⁵, dont l'anti-substantialisme et l'anti-essentialisme déjà pointé d'un systémicien comme Bertalanffy peuvent être vus comme des prolongements. Deux voies

¹ Bertalanffy L. von (1972a), p. 21 et (1972b), p. 2.

² Voir en particulier Ropohl G. (1978), p. 9 et Parrochia D. (1990), p. 216.

³ Galilée G. (1632, 1992).

⁴ In Parrochia D. (1990), p. 216.

⁵ Diderot D. & D'Alembert J. (1751), p. V. : « Ainsi, par des opérations et des abstractions successives de notre esprit, nous dépouillons la matière de presque toutes ses propriétés sensibles, pour n'envisager en quelque manière que son phantôme ».

d'interprétation du concept de système en vinrent dès lors à coexister dans la philosophie occidentale, que l'on peut tracer jusqu'à notre temps.

Dans la première, ouverte donc par Galilée puis développée par Descartes¹ et surtout Kant, il réfère à un ensemble ordonné de concepts destiné à rationaliser l'expérimentation et s'inscrit entièrement dans l'ordre épistémologique. La position de Kant à cet égard est d'autant plus significative ici qu'on la retrouve transposée chez Bertalanffy dans son concept « organismique » de système. Au début de la partie de la *Critique de la raison pure* où il développa sa conception de l'« architectonique » en tant qu'« art des systèmes », Kant fit du système une condition de possibilité de toute connaissance scientifique. Il pensait le système comme une unité organique de connaissances qui, comme les monades leibniziennes, porterait en elle-même le « germe primitif » de son développement, ce qu'il appelait son « schème ». L'opposition du « système » à l'amas et à la succession dépourvue d'unité de la rhapsodie achève de suggérer un subtil et peut-être conscient retour aux sens de *συνιστάω* et *συνιστημι* :

Sous le gouvernement de la raison, nos connaissances en général ne peuvent former une rhapsodie, elles doivent au contraire former un système, et c'est seulement dans ce système qu'elles peuvent soutenir et favoriser les fins essentielles de la raison. Or, *j'entends par système l'unité des diverses connaissances sous une idée*. Cette idée est le concept rationnel de la forme d'un tout, en tant que, grâce à ce concept, la sphère du divers aussi bien que la position respective des parties sont déterminées *a priori*. Le concept scientifique de la raison contient donc la fin et la forme du tout qui concorde avec cette fin [...] Le tout est un système articulé et non pas seulement un amas ; il peut bien *croître du dedans, mais non du dehors*, semblable au corps d'un animal auquel la croissance n'ajoute aucun membre mais, sans changer la proportion, rend chaque membre plus fort et mieux approprié à ses fins. L'idée, pour être réalisée, a besoin d'un *schème*, c'est-à-dire d'une diversité et d'une ordonnance des parties qui soient essentielles et déterminées *a priori* d'après le principe de la fin² [...] Le schème qui provient d'une idée donne une unité architectonique et non technique]. Ce que nous nommons science ne peut naître techniquement, par suite de la similitude du divers ou de l'emploi accidentel de la connaissance *in concreto* à toutes sortes de fins extérieures et arbitraires, mais architectoniquement, en vertu de l'affinité des parties et de leur dérivation d'une unique fin suprême et interne, qui rend d'abord possible le tout ; et son schème doit renfermer conformément à l'idée, c'est-à-dire *a priori*, le monogramme du tout et son articulation en parties³.

Kant avait incorporé un thème central de la monadologie leibnizienne à son concept de système. Leibniz avait pourtant inauguré avec elle une seconde voie moderne d'interprétation de ce concept, antithétique : celle qui, jusqu'à N. Hartmann en passant bien sûr par l'idéalisme absolu de Hegel, consiste à « ontologiser » l'ordre et le système, à les naturaliser, c'est-à-dire à en faire des caractères essentiels, des réalités substantielles, des propriétés des choses qui adviennent dans le monde par des dynamiques propres et des lois intrinsèques⁴.

Toute l'œuvre de Bertalanffy, et avec elle celles des systémiciens les plus avisés, apparaissent à l'interface de ces deux tendances que l'on pourrait qualifier de « nominalisme des systèmes » et de « réalisme des systèmes ». Il semble possible d'interpréter leurs travaux comme des tentatives faites pour réaliser un dépassement synthétique de ces deux tendances sans pour autant nier ni gommer leur tension fondamentale. C'est ce qu'il s'agit d'établir. Une note de bas de page de son traité de « biologie théorique » publié en 1932 montre déjà que le Viennois fut très tôt pleinement conscient de l'ambivalence du concept de système :

Du point de vue logique, il n'est peut-être pas inintéressant de remarquer qu'il ne s'agit pas d'une simple homonymie lorsque nous opposons aussi bien la « somme » et le « système » au niveau de l'objet biologique que nous opposons, au niveau de la recherche biologique une simple « somme » de connaissances descriptives et le « système » explicatif. C'est dans les deux cas l'opposition entre

¹ En conséquence logique de sa réduction du nombre de substances à deux (*res extensa* et *res cogitans*) : voir Descartes R. (1644, 1953).

² La fin n'étant pas entendue par Kant au sens aristotélicien des causes finales mais, comme dans la critique de la faculté de juger discutée au 1-3-6-1, comme un principe transcendantal – ici, une condition de possibilité de la réalisation d'une idée.

³ Kant E. (1787, 1980), pp. 1384-1385 ; les italiques me sont propres et le crochet central est un résumé de l'idée développée par Kant dans le passage intermédiaire ; voir aussi pp. 822-823. Voir aussi Parrochia D. (1990), pp. 217-218 ; Taux E. (1986), pp. 93-94 ; Müller K. (1996), p. 28 ; et Le Moigne J.L. (2002a), p. 83.

⁴ Voir par exemple Kornwachs K. (2004), pp. 48-49.

les « parties » et la « totalité » – dans un cas eu égard à des objets réels, dans l'autre eu égard à des relations logiques¹.

Un problème est que, tout en n'ayant d'emblée eu de cesse de promouvoir une ontologie et un concept d'objectivité constructivistes, ainsi que ce que Woodger appelait un « usage méthodologique (et non métaphysique) des notions », Bertalanffy fut parfois, surtout dans ses premières publications, très ambigu dans ses formulations. Le manque de précautions lexicales – une relative et déplorable constante de son œuvre – ne peut seul être invoqué afin de l'expliquer. La cause majeure tient à des ascendances philosophiques antagonistes, qu'il s'agisse sur un versant des idéalismes critiques et des positivismes, et sur un autre du Romantisme. Elles étaient particulièrement délicates à concilier et il lui fallut une maturation de plusieurs années avant d'y parvenir. Une autre cause tient au contexte scientifique, philosophique et idéologique des années 1920 et 1930 que j'ai examiné dans ma première partie ; un contexte qui, afin de gagner en audibilité, incitait manifestement à conférer aux positions de type holistique une portée qui outrepassait les limites de l'épistémologie. De sorte que Bertalanffy laissa à l'occasion accroire à ceux qui étaient disposés à le faire qu'il embrassait purement et simplement un « réalisme des systèmes ». Ainsi put-il écrire en 1930 du « caractère systémique » [*Systemcharakter*] du vivant qu'il en constitue son « essence propre » [*eigentliches Wesen*]². Il prêta de la sorte le flanc à des critiques qui eurent beau jeu de dénoncer chez lui une perversion du concept kantien de système, une « ontologisation » voire une « idéologisation » de concepts purement « régulateurs »³. Certains commentateurs, en particulier des systémiciens, se sont de ce fait autorisés à ranger Bertalanffy parmi les tenants d'une position réaliste, aux côtés de Boulding, Stafford Beer, Erwin Laszlo, Pierre Delattre, Mario Bunge et Charles W. Churchmann⁴. Une prise en compte plus approfondie de leurs travaux respectifs, non limitée à quelques publications voire à une seule et à une lecture de quelques passages hors de leur contexte, montre en fait que seuls les trois derniers se prêtent à une telle classification – Bunge écrivant par exemple que « la systémicité et l'émergence, la nouveauté et la variété qualitatives sont aussi *réelles* qu'elles peuvent être expliquées »⁵.

Je vais montrer ici que la plupart des principaux systémiciens, à commencer par Bertalanffy, eurent en fait une compréhension essentiellement perspectiviste du concept de système, et qu'ils auraient souscrit au moins à l'esprit, sinon à la lettre, d'une fameuse remarque de Claude Bernard :

Les systèmes ne sont point dans la nature, mais dans l'esprit des hommes⁶.

La seule nuance, décisive, étant que le perspectivisme bien compris n'excluait comme nous l'avons vu en rien que ces pures créations de « l'esprit des hommes » soient la matrice d'une connaissance systémique *objective* : je vais m'efforcer d'établir dans cette section qu'il était au contraire la condition d'une telle connaissance et qu'en tout état de cause, c'est en ce sens que Bertalanffy et la plupart de ses collègues en comprirent la nécessité.

2-2-3-2 – *Le concept de système : tentatives de définition*

Commençons par examiner la manière dont Bertalanffy définit un système. La première définition générale qu'il en fournit ne date que de 1945 : « un ensemble d'éléments en interaction »⁷. Peut-être en conséquence de critiques justifiées d'Ackoff lui reprochant son caractère trop restrictif, qui excluait les « systèmes conceptuels »⁸, il la reformula par la suite, en la complétant : « un ensemble d'éléments en interrelation entre eux et avec leur environnement »⁹. Néanmoins, d'une part la substitution d'« interrelation » à « interaction » n'est significative que du manque de précision lexicale

¹ Bertalanffy L. von (1932b), p. 121.

² Bertalanffy L. von (1930/1931), p. 402. Voir aussi p. 387.

³ Taux E. (1986), en particulier pp. 94-98.

⁴ En particulier Le Moigne J.L. (2002b), p. 74, dans ses considérations sur ce qu'il appelle « les deux visages de la science des systèmes ».

⁵ Bunge M. (1979b), p. xiii, ainsi que p. 16 ; voir aussi Churchmann C.W. (1964), p. 175 et Delattre P. (1971), p. 74 par exemple.

⁶ Bernard C. (1865, 1984), p. 306. Notons que cette remarque est à comprendre dans le contexte d'une critique de « l'esprit de système », d'un rationalisme outrancier faisant selon Bernard obstacle à la « méthode expérimentale », d'une philosophie qui prétendrait « régenter dogmatiquement » la science : l'opposant à la théorie proprement dite, il appelait « système » une « hypothèse à laquelle on a ramené logiquement les faits à l'aide du raisonnement, mais sans une vérification critique expérimentale » (pp. 304-311).

⁷ Bertalanffy L. von (1945), p. 10.

⁸ Ackoff R.L. (1963), p. 121.

⁹ Bertalanffy L. von (1972a), p. 31 et (1972b), p. 2.

de Bertalanffy, puisque celui-ci définissait aussi l'interaction en termes de relations entre « éléments »¹. D'autre part, le fait que ces définitions aient été tardives ne signifie évidemment pas que tel fut aussi le cas de la compréhension qu'il avait du concept de système.

Sa dissertation doctorale de 1926 caractérisait déjà ce qu'il appelait alors l'« intégration » comme une « somme d'éléments *plus* une liaison commune qui les maintient [*umschließt*] »². Et cette caractérisation, qu'Eddington et Weiss ont pu résumer par la formule selon laquelle « un et un ne font pas deux »³, correspond exactement à celle qu'il donna (et que j'ai citée au 1-2-2) lorsqu'il s'efforça après-guerre de préciser son concept de système. Rappelons qu'il s'agissait pour Bertalanffy d'opérer une distinction entre caractéristiques « sommatives » et « constitutives » d'un élément, les premières étant indépendante de son appartenance au « complexe » considéré et les secondes étant au contraire fonction de cette appartenance, c'est-à-dire de la structure du « complexe » en tant que réseau des relations entre « éléments ». Dans le cas où toutes les caractéristiques sont du premier type, on a affaire à un agrégat, une simple « somme », la connaissance des propriétés des « éléments » à l'état « isolé » étant nécessaire et suffisante pour celle du « complexe ». Tandis que dans le cas où au moins certaines des caractéristiques sont « constitutives », on a affaire à un système à proprement parler, dont la connaissance nécessite non seulement celle des propriétés des « éléments » à l'état « isolé », mais aussi celle de la structure du « complexe ». En effet, le seul changement de la structure est alors susceptible d'affecter les propriétés de l'ensemble et celles de ses « éléments ». Comme l'exprima aussi Weiss, le comportement de chaque élément est « conditionné » par celui de tous les autres et il est alors « nécessaire de connaître *l'état de l'ensemble* pour pouvoir comprendre la *coordination* du comportement collectif des parties »⁴. Bertalanffy reformula cette thèse holistique par excellence (typique du « mécanisme organique » de Whitehead), en définissant comme suit l'interaction⁵ :

L'interaction [entre éléments] signifie qu'ils se tiennent dans une certaine relation *R* de telle sorte que leur comportement dans *R* est différent de celui qu'ils auraient dans une autre relation *R'*. Par contre, si le comportement dans *R* et *R'* est identique, il n'y a pas d'interaction, et les éléments se comportent indépendamment les uns des autres eu égard aux relations *R* et *R'*.

La fameuse maxime aristotélicienne (« le tout est plus que la somme de ses parties ») pouvait dès lors être réinterprétée sans aucun engagement métaphysique. Il ne s'agit pas là d'une position tardive de Bertalanffy, puisqu'elle fut clairement affirmée dès 1932 (avec déjà comme après-guerre l'exemple des phénomènes d'isométrie), à ceci près que le terme *Gestalt* y était concerné en lieu et place de celui de « système », ou plutôt comme synonyme. Le montre bien cette juxtaposition, qui a aussi l'intérêt de révéler un subtil glissement d'expression manifestant l'évolution de Bertalanffy vers une position qui place plus clairement le « système » dans l'ordre de la connaissance :

Les caractéristiques ou modes d'action des *Gestalten* ne sont pas explicables à partir de la sommation des caractéristiques ou modes d'action de leurs parties telles qu'étudiées et connues seulement dans leur état isolé ; en ce sens, les *Gestalten* ne sont pas « sommatives » [...] Mais *si l'on connaît la totalité des parties réunies dans le système et leurs relations mutuelles, alors le comportement du système est explicable à partir des parties*. On pourrait aussi dire : tandis que la « somme » peut être composée progressivement, la *Gestalt* doit être posée d'un seul coup en tant qu'ensemble des parties et de leurs relations mutuelles⁶.

Le sens de l'expression un peu mystique selon laquelle « le tout serait plus que la somme de ses parties » est simplement que les caractéristiques constitutives ne sont pas explicables à partir des caractéristiques des parties connues et *étudiées seulement à l'état isolé*. Les caractéristiques du complexe apparaissent donc comme « nouvelles », ou « émergentes », par rapport à celles des éléments. Mais *si l'on connaît l'ensemble des parties réunies dans le système et l'ensemble de leurs relations mutuelles, alors le comportement du système est déductible de celui des parties* ; on peut aussi dire : tandis qu'une somme peut *se concevoir* comme s'étant formée progressivement, le

¹ Bertalanffy L. von (1950b), p. 143.

² Bertalanffy L. von (1926a), p. 27.

³ Voir Weiss P.A. (1967, 1974), pp. 121-166. Voir aussi Eddington A., in Gerard R.W. (1969), p. 220 : « Nous étions habitués à penser que si nous connaissons un, alors nous connaissons deux, parce que un et un font deux. Nous sommes en train de découvrir que nous avons beaucoup de choses à apprendre sur ce que signifie 'et' ».

⁴ Weiss P.A. (1971, 1974), p. 99.

⁵ Bertalanffy L. von (1950b), p. 143.

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), p. 98. Les italiques me sont propres.

système en tant qu'ensemble des parties et de leurs relations mutuelles doit être *pensé* comme posé d'un seul coup¹.

Remarquons qu'Andras Angyal, un psychiatre d'origine hongroise formé à Vienne et alors émigré aux États-Unis, avait quatre ans plus tôt formulé une réflexion similaire², ce que Bertalanffy ignorait certainement. C'est en relation directe avec ces considérations que ce dernier commença en 1932 à s'approprier l'expression forgée par Weiss en 1925, en parlant de « lois systémiques » [*Systemgesetze*] pour référer aux « relations entre parties » d'un système, c'est-à-dire aux caractéristiques propres à sa structure³ – l'expression « théorie systémique » [*Systemtheorie*], sans doute inspirée par celle forgée en 1927 par Köhler (*Systemlehre*), apparaissant quant à elle chez lui en 1930⁴. Malgré tout, Lenk, l'un des rares à avoir relevé la position non-émergentiste de Bertalanffy, a eu raison de remarquer qu'il fut celui qui ouvrit la voie hors du « mythe spéculatif de la totalité » vers une « théorie scientifique des systèmes », à une époque où le néovitalisme d'un Driesch et le holisme au sens étroit (Smuts, Haldane) se fourvoyaient dans une « métaphysique mystificatrice »⁵.

Bertalanffy ne jugeait sa conception ni originale, ni en contradiction avec l'épistémologie de la physique moderne. Il considérait seulement que la volonté de singer l'approche « mécaniciste » (c'est-à-dire ici « méristique ») dans d'autres disciplines, particulièrement en biologie, est aveugle aux spécificités qui la rendent légitime dans les sciences physiques, et qu'il n'était pas inutile de rappeler ce qu'il appelait cette « trivialité ». La filiation avec les concepts de *Ganzheit* et de *Gestalt* est au passage explicite ici :

Ces constats sont banals pour le physicien ; ils ne purent surgir comme des problèmes et mener à des conceptions nébuleuses en biologie, en psychologie et en sociologie que parce qu'en raison d'une compréhension erronée de la soi-disant vision mécaniciste du monde, la tendance y fut de chercher à tout réduire à des chaînes causales, d'étudier les parties indépendamment les unes des autres mais pas leur inscription dans un système⁶.

Le truisme selon lequel pour connaître un système il est nécessaire de connaître aussi bien les « parties » que leurs « relations » mutuelles, i.e. selon lequel tout système représente une « *Ganzheit* » [« totalité »] ou une « *Gestalt* », ne put devenir un problème dans le domaine biologique et le point de départ d'une discussion nécessaire que parce que la biologie, par une application erronée du soi-disant programme mécaniciste, se concentra de manière unilatérale sur les seules « parties », en négligeant les « relations entre parties »⁷.

Bertalanffy considérait que l'application et le succès de la « procédure analytique » dépendent de deux conditions, qui ne sont justement pas satisfaites dans le cas des systèmes : que les « interactions » entre « parties » soient inexistantes ou assez faibles pour pouvoir être négligées ; et que les relations entre les variables permettant de décrire le comportement de ces « parties » soient linéaires, en d'autres termes que le comportement de l'ensemble étudié puisse être dérivé de la « superposition » de ces relations⁸. Un bon exemple fourni par Rapoport est l'analyse des trajectoires des planètes avec la mécanique newtonienne à partir de la seule considération de chaque couple formé par une planète et le soleil : cette analyse ne fonctionne bien que du fait de l'« additivité » des effets fondamentaux lorsque les influences perturbatrices sont faibles en comparaison des interactions au sein du couple considéré. Mais cet exemple lui servit justement aussi à pointer le fait que les conditions requises pour appliquer la « procédure analytique » sont vite mises en défaut : le fameux « problème des trois corps » (déterminer les trajectoires de trois corps en interaction gravitationnelle dans des conditions où on ne

¹ Bertalanffy L. von (1945), p. 6. Les italiques me sont propres. Voir aussi (1949e), p. 140.

² Angyal A. (1941, 1969), pp. 26-27 : « Lorsqu'un certain nombre de parties constituent un tout, elles n'entrent pas dans une telle connexion au moyen de leurs qualités inhérentes, mais au moyen de leur position dans le système. La formation de tous n'est donc pas quelque chose de plus que l'agrégation des parties, mais quelque chose d'un ordre entièrement différent. [...] Je suggère que le principe selon lequel 'le tout est plus que la somme de ses parties' soit modifié de la manière suivante : l'agrégation et la formation de tout sont des processus d'ordres complètement différents. Plus spécifiquement : dans une agrégation les parties sont additionnées, dans les tous elles sont arrangées en un système. Le système ne peut être dérivé des parties, il est un cadre indépendant dans lequel elles sont placées ».

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 98. Voir aussi Weiss P.A. (1925), p. 180, dont les conceptions ont déjà été examinées en première partie.

⁴ Bertalanffy L. von (1930/1931), p. 387. Köhler W. (1927), p. 316.

⁵ Ropohl G. (1978), p. 11.

⁶ Bertalanffy L. von (1945), p. 6.

⁷ Bertalanffy L. von (1949e), p. 140.

⁸ Bertalanffy L. von (1968a), p. 17.

néglige pas les « perturbations » induites par l'un d'entre eux sur l'effet des interactions entre les deux autres) s'était depuis longtemps révélé d'une insondable difficulté, liée à la non-linéarité des équations en jeu¹. Par-delà ce problème et d'une manière générale, Rapoport caractérisait la « procédure analytique » comme consistant d'abord à distinguer certains facteurs et à établir des relations entre eux au moyen d'« expériences contrôlées », c'est-à-dire en cherchant délibérément à maintenir constants tous les facteurs susceptibles de perturber ceux qui sont visés ; puis à combiner l'ensemble des relations obtenues de la sorte en une loi générale dans laquelle tous les facteurs impliqués apparaissent comme des variables. Si cette procédure eut tant de succès dans les sciences physiques, c'était selon lui parce que ces sciences sont précisément les seules où elle pouvait avoir du succès ; il se laissa même aller à caractériser les sciences physiques comme celles qui concernent les phénomènes pouvant être appréhendés par ce procédé², ce qui est clairement abusif.

Bertalanffy comme Rapoport et à vrai dire tous les systémiciens contemporains furent ici explicitement influencés par un article de Weaver qui s'avère très important dans l'histoire de la systémique et de ce que l'on appelle désormais les « sciences de la complexité »³. Le retentissement de cet article tient à la fois à la prestigieuse revue dans laquelle il fut publié (*American Scientist*), à l'influence de son auteur dans le monde académique (liée à sa fonction de directeur des sciences de la nature à la très puissante Fondation Rockefeller, qui impliquait sa responsabilité dans l'allocation des subventions à maints scientifiques), et bien sûr à un contexte épistémologique et idéologique favorable sur lequel je reviendrai⁴. Weaver y distinguait trois types de problèmes posés à la science. Les « problèmes de *simplicité* » d'abord, correspondant exactement à ceux qui se prêtent à la « procédure analytique » décrite par Bertalanffy et Rapoport. Puis les « problèmes de *complexité désorganisée* » (rebaptisée par ce dernier « complexité chaotique »), du type de ceux traités par la mécanique statistique, où le nombre de variables impliquées est immensément grand, chacune ayant un comportement « erratique » ou complètement inconnu cependant que « le tout possède certaines propriétés moyennes régulières et analysables ». Et enfin, les « problèmes de *complexité organisée* », qui « impliquent le traitement simultané d'un nombre assez élevé de facteurs inter-reliés dans un tout organique », c'est-à-dire dont les relations ne peuvent se concevoir que téléologiquement, quitte à réduire la téléologie à la codétermination de chaque facteur par ce que Bertalanffy appelait « l'entretien de la totalité » et Weiss la « conservation de l'intégrité de la structure et du comportement du système » que les « unités constituantes, grâce à une coopération d'ensemble, tendent à restaurer après perturbation »⁵.

Tandis que Weaver jugeait que les problèmes de « complexité organisée » ne peuvent être traités par des techniques statistiques et requièrent des méthodes appropriées et inédites, Bertalanffy n'opérait pas une distinction aussi tranchée. Il considérait en effet qu'ils ont au moins en commun avec ceux de « complexité désorganisée » de susciter la recherche d'une détermination d'« événements globaux » par ce que nous l'avons vu au 2-2-1-5 appeler des « lois intégrales ». Le Viennois exposa dès 1932 son idée, dont il sera de nouveau question au 2-3-2-9, que dans les problèmes de « complexité organisée » tels que ceux posés en biologie, de telles « lois intégrales » peuvent être conçues comme des « statistiques d'ordre supérieur » n'ayant pour autant rien à voir avec des « lois du désordre ». Ces lois ne dériveraient pas, en effet, de l'application du traitement statistique de données, de la « loi des grands nombres » et donc de la théorie des probabilités à des entités dont le comportement est supposés régi par quelques postulats et lois plus ou moins simples (comme dans la théorie cinétique des gaz). Elles seraient plutôt fondées sur la subsomption préalable des processus locaux sous-jacents au phénomène considéré sous des paramètres et/ou des variables de nature effectivement statistique, puis sur la détermination de relations entre ces dernières – par exemple au moyen du calcul différentiel chez Bertalanffy, ou au moyen de la topologie chez Rashevsky et Rosen⁶.

¹ Rapoport A. & Horvath W.J. (1959), p. 87 et p. 89.

² Rapoport A. (1968), pp. xiv-xv.

³ Weaver W. (1948), pp. 536-540. Voir aussi Bertalanffy L. von (1950b), p. 134 et (1955a), p. 76 ; Rapoport A., Horvath W.J. (1959), p. 89.

⁴ Je fais ici allusion à l'avènement, étudié au 3-3, de la théorie de l'information, la cybernétique et la recherche opérationnelle.

⁵ Weiss P.A. (1925), p. 183 et p. 243 ; (1971, 1974), p. 99.

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), p. 105 ; (1934a), (1941c) et (1942), pp. 232-257. Rashevsky N. (1954) ; (1956) et (1938, 1948, 1960), pp. 306-411 ; Rosen R. (1958a).

2-2-3-3 – « Agrégat » et « système » : sur les sens d'une complémentarité

Pas plus que chez ses collègues systémiciens, la critique récurrente de l'impuissance des approches « méristiques » hors des « problèmes de simplicité » ne signifiait chez Bertalanffy une négation de ce qu'il appelait lui-même leur « nécessité » et leur « fécondité »¹. Il fut toujours convaincu de la complémentarité des approches « méristiques » et « holistiques », et ce explicitement au sens que Bohr assignait à ce terme de complémentarité – c'est-à-dire des approches d'égales légitimité et nécessité qui, tout en étant contradictoires, se complètent². Cette conviction du Viennois était intimement liée à sa pleine conscience de ce qu'il faut bien appeler le caractère fondamentalement aporétique de son concept de système, qu'il exposa dans sa « théorie de l'indétermination biologique » [*biologische Unbestimmtheit*] en 1932 – un an après que Bohr ait, comme je l'ai déjà évoqué au 1-4-5-9, prôné une telle transposition du concept de complémentarité à la biologie : la détermination complète d'un « élément » nécessiterait en toute logique la connaissance de toutes ses relations « constitutives » de dépendance aux autres « éléments » du système, c'est-à-dire au « tout » ; mais comme la même chose vaut pour tous les autres « éléments », on est confronté au « cercle vicieux » que la connaissance du « tout » à partir de ses éléments présuppose qu'on en dispose déjà. Ici encore, tout serait donc affaire de perspective. Soit l'on choisit d'appréhender un système en le décomposant en « éléments » et en sous-systèmes simples de tels « éléments », en cherchant à déterminer des chaînes de causalité qui les lient puis à dériver ce qui peut l'être concernant le système dans son ensemble à partir des connaissances ainsi obtenues ; sachant que plus la décomposition aura été poussée, plus l'abstraction de la structure globale l'aura aussi été, de telle sorte que les conclusions issues de cette analyse seront d'autant plus hypothétiques : le postulat « régulateur » est ici qu'une telle abstraction n'est pas rédhibitoire pour la connaissance du « tout », qu'elle est la matrice d'informations significatives. Soit l'on renonce à une telle analyse pour déterminer le comportement global du système par une « loi intégrale » qui, réciproquement, se trouve être déterminante pour la compréhension du comportement de chaque « élément »³.

L'interprétation par Weiss de cette complémentarité doit ici être relevée. Dans le même esprit que Bertalanffy, qui reprochait aux tenants d'approches exclusivement « méristiques » l'« obsession psychologique consistant à ne considérer que les 'parties' comme 'réelles' et à oublier les 'relations' »⁴, Weiss souligna le caractère artificiel de telles approches, renversant ce que l'on peut bien appeler la métaphysique empiriste :

La pensée analytique est une abstraction [...] Nous regardons d'habitude l'univers comme s'il s'agissait d'une mosaïque de fragments discontinus. Cette coutume vient en partie d'un héritage biologique, d'une nécessité vitale [...] et] en partie aussi d'une tradition culturelle [...] Mais] le monde extérieur ne nous présente jamais de fragments qui ne soient pas des éléments artificiellement circonscrits, des éléments rendus abstraits par suite d'opérations mentales, et extraits d'un ensemble global cohérent, matériellement indivisible et présentant le caractère d'intégralité intrinsèque. Les « parties » que nous disséquons mentalement parce qu'elles nous intéressent particulièrement ou parce qu'elles sont imposées à notre attention ne sont jamais véritablement isolées, ni « isolables » du reste.

D'où son interprétation de la complémentarité :

Dans la doctrine selon laquelle « le tout est plus que la somme de ses parties », le terme « plus » ne se réfère aucunement à une quelconque quantité mesurable dans les systèmes observés, mais se rapporte uniquement à la nécessité, pour l'observateur, d'ajouter à la somme des observations possibles sur les parties séparées, toutes les éventuelles observations supplémentaires qui pourront être nécessaires pour décrire le *comportement collectif* des parties quand celles-ci se trouvent dans un groupe organisé. Par ce processus d'augmentation, l'observateur ne fait rien d'autre que de *restituer le contenu d'information* qui a été perdu en analysant le système unitaire en éléments abstraits. On constatera que cette position neutre permet de réconcilier le réductionnisme et le

¹ Bertalanffy L. von (1932b), p. 49 et (1949e), p. 24.

² Bohr N. (1927, 1993), p. 51 et p. 64 ; (1929, 1993), pp. 88-91. Voir aussi Broglie L. de (1937, 1986), p. 227.

³ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 108-109.

⁴ *op. cit.*, p. 272.

holisme, dans la mesure où ces extrêmes ne prétendent pas décrire le cosmos dans sa totalité, et ne font que souscrire aux diverses préférences des chercheurs, selon les voies que suivent ceux-ci¹.

La perspective « holistique » consisterait ainsi à ajouter, pour « remonter » de l'analyse d'un système en ses « éléments » vers le « tout », le « contenu d'information dont nous avons privé le système quand nous l'avons démembré matériellement ou mentalement »². Cette conception mérite d'être confrontée à celle de Kant : d'une part dans la mesure où celui-ci a clairement posé le problème crucial du statut des « éléments », des « relations » et de l'« unité » du « système » intervenant dans ces considérations ; et d'autre part afin de voir en quoi des systémiciens comme Bertalanffy et Weiss se démarquent de ses positions.

Dans sa *Critique de la raison pure*, Kant développa l'idée que l'« unité d'un divers » doit être pensée comme antérieure aux « relations » entre ses « parties », à ce qu'il appelait leur « conjonction » ou « liaison » ; qu'elle « précède *a priori* tous les concepts de liaison » et est donc la *condition* même de l'analyse d'un système en ses « parties ». La « relation » ne saurait se concevoir comme un constituant « réel » du système, n'étant en définitive que la représentation des opérations synthétiques appliquées aux « parties » dans un processus de restauration conceptuelle de l'« unité » consécutif à cette analyse. Autrement dit, « parties » et « relations » ne seraient que des artéfacts (les secondes étant toujours de pures constructions conceptuelles), qui naissent d'une procédure analytico-synthétique vouée à représenter une « unité » qui leur préexiste, en tant qu'elle constitue une « aperception originaire » :

La liaison d'un divers en général ne peut jamais venir en nous par les sens [...] ; elle est en effet un acte de la spontanéité de la faculté de représentation [...] Toute liaison est un acte de l'entendement auquel nous voudrions donner l'appellation générale de *synthèse*, pour faire saisir par là en même temps que nous ne pouvons rien nous représenter comme lié dans l'objet sans l'avoir auparavant lié nous-mêmes, et que, de toutes les représentations, la *liaison* est la seule qui ne peut pas être donnée par les objets, mais qui ne peut être effectuée que par le sujet lui-même, puisqu'elle est un acte de sa spontanéité. On s'apercevra aisément ici que cet acte doit être originairement unique et valable également pour toute liaison, et que la décomposition en éléments, l'*analyse*, qui semble être son contraire, la suppose cependant toujours ; car où l'entendement n'a rien lié d'avance, il ne peut non plus rien délier, puisque ce n'est que *par lui* que cela a pu être donné comme lié à la faculté de représentation. Mais le concept de liaison comporte, outre le concept du divers et de la synthèse de ce divers, celui de l'unité de ce divers. La liaison est la représentation de l'unité *synthétique* du divers. La représentation de cette unité ne peut donc pas résulter de la liaison, mais plutôt, en s'ajoutant à la représentation du divers, elle rend d'abord possible le concept de la liaison³.

Un récent commentateur, Vladimir Dubrovsky, a cru bon de souligner que la conception kantienne du système diffère radicalement de celle de Bertalanffy : d'abord au motif que celle-ci renverserait la première en voyant l'« unité », le système, comme une « nouvelle addition ontologique » qui « émerge » de ses « parties » et de leurs « relations » et « coexiste » avec elles en tant qu'entité séparée ; et ensuite au motif que ce renversement serait solidaire d'une ontologie réaliste réifiant les concepts d'« unité », de « parties » et de « relation »⁴. Cette critique est aberrante du point de vue de la prétendue réification opérée, comme je vais le montrer dans les sous-sections qui suivent. Mais son aberration résulte aussi de la conception explicitement non-émergentiste du système de Bertalanffy. Il est clair au contraire que ce dernier n'aurait guère trouvé à redire sur la doctrine kantienne en tant qu'elle formalise la « procédure analytique ». Il n'a d'ailleurs jamais caché sa proximité avec son collègue néerlandais H. Jordan dont il faut ici noter qu'il écrivit en 1935, semblant avoir d'ailleurs forgé à cette occasion l'expression « sciences des systèmes » [*Systemwissenschaften*] :

Pour les sciences des systèmes, l'expérience causale est uniquement une méthode pour connaître et distinguer, par les caractéristiques de l'action causale, les propriétés de facteurs donnés et la structure de ces propriétés en tant que réseaux de relations entre parties apparentes du système concerné. Mais l'analyse ne permet que de constater l'essence de relations isolées ; d'où le fait que la structure des réseaux de relations ne peut résulter immédiatement de l'expérimentation, mais

¹ Weiss P.A. (1971, 1974), pp. 169-170 et p. 176 respectivement pour les deux citations.

² *op. cit.*, p. 195.

³ Kant E. (1781, 1980), pp. 851-853.

⁴ Dubrovsky V. (2004), pp. 113-118.

seulement d'une rigoureuse synthèse scientifique [...] L'expérimentation détruit le réseau des relations inter-causales d'autant plus fondamentalement qu'elle fut bien réalisée. Nous ne comprenons l'unité et l'influence mutuelle de nombreux facteurs que par une méthode par laquelle nous cherchons à *reconstruire le tout dans notre esprit* à partir de la connaissance de nombreux facteurs individuels, et cette méthode s'appelle la *synthèse*¹.

S'il y a bien une différence fondamentale entre Bertalanffy (entre autres systémiciens) et Kant, elle ne se situe pas sur le plan où Dubrovsky s'est placé. Elle tient à ce que Kant ne concevait pas la possibilité d'une compréhension scientifique d'un système en dehors du schéma méthodologique d'analyse-synthèse décrit plus haut – ce qui va en particulier de pair avec le fait qu'il réservait au « mécanicisme » l'exclusivité des jugements soi-disant « constitutifs ». C'est toute la différence avec un Bertalanffy, selon qui la « restitution du contenu d'information » relatif aux « relations » entre « éléments » d'un système peut se concevoir non seulement en tant que moment d'une synthèse subordonné à l'analyse, mais aussi par une détermination nomothétique du comportement global du système étudié. Il fut en ce sens toujours en phase avec la remarque précoce de son collègue biophilosophe Ungerer, fin analyste de Kant par ailleurs, et selon qui les « hypothèses causal-analytique et causal-holistique ont une *égale* légitimité méthodologique en tant qu'*hypothèses de travail* »².

Tout le problème était de démontrer que même en admettant cette égale légitimité, la *fécondité* de la seconde est bien réelle. Mais doit surtout être soulignée ici la volonté, exprimée par Bertalanffy dès sa thèse, de faire « sortir le concept de 'totalité' de la pure spéculation philosophique » et de la « fantaisie » mythologique pour le constituer en un cadre conceptuel et méthodologique authentiquement scientifique, un « moyen d'explication »³. Le Viennois faisait sien l'esprit d'une remarque formulée par Ungerer dès 1927 :

La déduction de lois à partir de postulats ultimes n'est pas propre au « mécanicisme » (i.e. l'analyse en chaînes causales isolées), mais la tâche de toute étude de la nature en général, étude dans laquelle le caractère holistique [*ganzheitlich*] des processus doit être intégré⁴.

À une époque où une mystique de la « totalité » étroitement connectée aux « philosophies de la vie » était à son apogée, Bertalanffy n'avait déjà de cesse de dénoncer ses « abus » et de retourner l'idée qu'une science « holistique » ne serait possible qu'en se libérant de « l'étau de la pensée exacte » ; la « totalité », organique au premier chef, ne serait « ni un concept métaphysique, ni un domaine de formation d'hypothèses échevelées, ni un asile d'ignorance, mais un problème qui peut et doit être appréhendé avec les méthodes des sciences exactes »⁵. Et l'on peut encore lire dans son article fondateur de 1945 sur le projet « systémologique » :

Des concepts tels que ceux de « système », de « *Gestalt* », d'« organisme », d'« interaction », ou des maximes telles que « le tout est plus que la somme de ses parties », sont fréquemment mal utilisés et appliqués d'une manière vague et mystique ; le scientifique voué à une pensée exacte s'en méfie avec raison comme d'autant de slogans. Il apparaît donc nécessaire de formuler dans un langage exact ces concepts qui surgissent sous des formes homologues dans toute une série de sciences⁶.

Il s'agissait avant tout de répondre à la « nécessité d'étendre nos schémas conceptuels afin d'établir des systèmes de lois exactes dans les domaines où l'application des lois physico-chimiques demeure irréalisable »⁷ ; non pas « d'ébranler les fondements de la science exacte de la nature », mais, comme il l'exprima dès 1937, « de développer celle-ci en un système de concepts plus riche et mieux adapté à l'expérience, de même que la physique moderne est allée par-delà son homologue 'classique' sans pour autant cesser d'être une science exacte »⁸. Ou encore, comme l'exprima Rapoport, d'« étendre le spectre d'application des déductions rigoureuses à des domaines jusqu'alors traités plus ou moins

¹ Jordan H.J. (1935), pp. 101-102. Les italiques me sont propres.

² Ungerer E. (1927), p. 167. Les italiques me sont propres.

³ Bertalanffy L. von (1926a), p. 27 ; (1930a), p. 35 ; (1930/1931), p. 402.

⁴ Ungerer E. (1927), p. 157.

⁵ Bertalanffy L. von (1937b), p. 178 et (1940a), p. 119.

⁶ Bertalanffy L. von (1945), pp. 4-5.

⁷ Bertalanffy L. von (1951b), p. 304.

⁸ Bertalanffy L. von (1937b), p. 178.

intuitivement », à savoir les objets et situations caractérisés par la « complexité organisée »¹. Angyal les avait ici encore précédés en affirmant dès 1941 que « l'idéal serait de développer une logique des systèmes à un degré de précision tel qu'elle offrirait une base pour une formulation mathématique exacte des connexions holistiques »². Le problème était selon Bertalanffy que les problèmes systémiques furent non pas résolus, mais « négligés » par la science moderne en conséquence de sa perspective « méristique » (l'élimination de la téléologie aristotélicienne n'évacua par exemple pas les problèmes relatifs à l'ordre et la « directivité » des organismes vivants) ; que la science « normale », au sens kuhnien du terme, était « inadaptée » pour en traiter : au fond, ils ne seraient restés des problèmes « philosophiques » que parce qu'il manquait de « nouvelles bases épistémologiques et mathématiques » pour les appréhender³. Rapoport remarqua dans la même perspective :

La question qui se pose à nous est de savoir si l'on peut prévoir les outils conceptuels qui doivent être ajoutés [à la science qui traitait des problèmes de « simplicité » ou de « complexité chaotique »] afin d'étendre les méthodes théoriques systématiques et rigoureuses à la « complexité organisée »⁴.

2-2-3-4 – *Les difficultés associées au concept de système*

Mais ce programme et ces ambitions se heurtaient d'emblée aux difficultés de préciser ne serait-ce que le concept fondamental de « système ». Bertalanffy, à la suite d'une critique de systémiciens soviétiques, reconnut lui-même que sa « définition » d'un système était « plus une description d'une classe d'événements pouvant être appelés systèmes qu'une définition strictement logique »⁵. Un premier reproche était son recours tantôt à la notion d'interaction, tantôt à celle d'interrelation. Dans le premier cas, la critique consistait soit à dire que la notion d'interaction n'est pas claire, soit, comme nous l'avons vu, à lui reprocher d'exclure de la définition les « systèmes conceptuels »⁶. Dans le second cas, et la critique venait là de ce réaliste qu'était Bunge, on lui reprochait au contraire de ne valoir que pour les « systèmes conceptuels » et non pour les « systèmes concrets », puisqu'elle définissait un système comme un ensemble, donc comme un concept et non comme une « chose »⁷.

Le principal reproche fut formulé pour la première fois par le néo-positiviste Roger C. Buck, en 1956. Il attaquait sa trop grande généralité, son absence totale de contraste :

Nous sommes en fait confrontés [avec un tel concept de système] à des horizons sans limite de systèmes. On est avec lui incapable de penser à quoique ce soit, ou à la moindre combinaison de choses, qui ne pourrait être considéré comme un système. Et bien sûr, un concept qui s'applique à tout est logiquement vide⁸.

Le risque était qu'à vouloir unifier des phénomènes très divers autour d'un seul concept, cette pseudo-unification soit en fin de compte dépourvue de la moindre signification. D'autres critiques, dont Thom, remarquèrent un paradoxe : la définition bertalanffienne était si large qu'il était possible d'y subsumer même des agrégats d'« éléments » totalement dépourvus du caractère de « totalité » tel que Bertalanffy lui-même le comprenait pourtant⁹. De surcroît, elle tendait en définitive à se limiter à reprendre la définition d'un ensemble structuré, portant par conséquent le risque de ne rien apporter par rapport à la théorie des ensembles¹⁰. Le mathématicien et philosophe David Berlinski compléta ces critiques en pointant quant à lui le risque (qu'il tenait pour un fait) que les définitions abstraites de la « systémicité » telles que celle de Bertalanffy soient « trop générales pour pouvoir fournir des théorèmes intéressants »¹¹. Le dilemme de son concept de système inaugurerait à vrai dire celui du projet

¹ Rapoport A. (1959a), p. 65 et (1973c), p. 437.

² Angyal A. (1941, 1969), p. 17.

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 80 ; (1972a), p. 22 et p. 25 ; (1972b), p. 4.

⁴ Rapoport A. & Horvath W.J. (1959), p. 89.

⁵ Lektorsky V.A. & Sadvovskiy V.N. (1960), p. 175. Bertalanffy L. von (1962a), p. 10.

⁶ Lektorsky V.A. & Sadvovskiy V.N. (1960), p. 175.

⁷ Bunge M. (1979b), p. 16.

⁸ Buck R.C. (1956), p. 226. Voir aussi Simon T.W. (1975), p. 209.

⁹ Lektorsky V.A. & Sadvovskiy V.N. (1960), p. 175. Thom R. (1974), in Le Moigne J.L. (1977), p. 37.

¹⁰ Lenk H. (1978), pp. 240-241.

¹¹ Berlinski D. (1979), p. 958.

« systémologique » qu'il porta : pour être applicable dans une grande diversité de situations, il devait prétendre à une validité universelle ; mais pour ne pas sombrer dans la vacuité, il devait aussi être en mesure d'engendrer des énoncés spécifiques sur les systèmes en général. Autrement dit, et Bertalanffy en était parfaitement conscient (nous le verrons avec son développement du concept de « système organisé »), le problème était en fin de compte que le concept de système devait être spécifié pour avoir quelque chance d'être opérationnel, tout en perdant en généralité en raison exacte de cette spécification. C'est pour cette raison que George J. Klir, président de la S.G.S.R. en 1981-1982, jugea nécessaire d'insister sur le fait que

toute caractérisation particulière précise d'un système est associée à des traits spécifiques, donne lieu à des problèmes spécifiques les concernant et initie en conséquence des recherches visant à l'élaboration de principes méthodiques fondamentaux permettant de résoudre ces problèmes¹.

Ce problème en engendra un autre, tout au moins aux yeux des critiques empressés de démontrer la vanité des ambitions « systémologiques »² : il s'agit de l'extraordinaire diversité des définitions du concept de système. Klir en lista cinq « fondamentales » et montra la possibilité d'en dériver trente et une spécifications³, mais elles furent probablement plus nombreuses encore que leurs propres auteurs... Ce n'est pas le lieu ici de les examiner dans le détail ni d'en esquisser une taxonomie ; celles qui furent connectées à des développements significatifs du projet « systémologique » seront considérées en troisième et quatrième parties. Mais il est utile, pour illustrer ce qui suivra, d'en citer quelques unes typiques, en se restreignant à celles qui restent non formalisées. Il y a d'abord celles qui, comme celle de Bertalanffy, étaient totalement abstraites et sans référence, même implicite, au monde phénoménal :

Un ensemble d'objets (parties ou composants du système) associé à des relations entre les objets et entre leurs attributs (propriétés des objets)⁴.

Toute entité, conceptuelle ou physique, consistant en parties interdépendantes⁵.

Un groupe d'éléments en constante interaction ou interdépendance concourant à la formation d'un ensemble unifié⁶.

Un ensemble ou assemblage de choses connectées, associées ou interdépendantes, de telle sorte qu'il forme une unité complexe ; un tout composé de parties arrangées de manière ordonnée⁷.

Un tout qui fonctionne comme tel en vertu de l'interdépendance de ses parties⁸.

Puis l'on trouve celles qui, tout en se présentant comme abstraites et générales, spécifiaient en fait implicitement le concept de système en référence à la notion d'organisation, qu'il s'agisse de l'insistance sur la conservation du système (éventuellement pensée comme un pseudo-équilibre dynamique voire en réintroduisant un principe téléologique), de la référence à son environnement, ou du recours au principe de structuration hiérarchique :

Tout complexe manifestant la tendance à rester constant en dépit du changement de ses parties [...] Un complexe relativement fermé qui, soumis à l'ensemble des conditions extérieures, tend en tant que tout à conserver son état univoquement déterminé⁹.

Un complexe d'éléments ou de composants directement liés ou non dans un réseau causal, de telle sorte qu'au moins certains des composants soient reliés à d'autres d'une manière plus ou moins stable à chaque instant¹⁰.

¹ Klir G. (1968), p. 13.

² En particulier Phillips D.C. (1969), p. 8 et (1976), p. 60.

³ Klir G.J. (1968), p. 15.

⁴ Hall A.D. & Fagen R.E. (1956), p. 18.

⁵ Ackoff R.L. (1960), p. 1.

⁶ Odum E.P. (1976), p. 2.

⁷ Mesarović M.D. & Takahara Y. (1989), p. 1. La définition citée est celle de l'*Oxford English Dictionary*, une référence.

⁸ Rapoport A. (1968), p. 1.

⁹ Weiss P.A. (1925), p. 183 et p. 243.

¹⁰ Buckley W. (1968), p. 493.

Un ensemble de composants qui fonctionnent de concert en vue d'atteindre l'objectif fondamental d'un ensemble¹.

Tout type de structure qui agit, par une certaine séquence d'opérations, pour produire un ensemble déterminé d'extrants à partir d'un ensemble donné d'intrants ou d'un ensemble donné de conditions environnementales².

Un ensemble complet d'éléments en interconnexions mutuelles, qui forme une unité spécifique à l'intérieur de son environnement, représente un élément d'un autre système d'ordre supérieur, et dont les éléments représentent d'autres systèmes d'ordre inférieur³.

Une totalité qui présente des relations entre des attributs déterminés, qui consiste en parties ou sous-systèmes associés et se distingue à un degré déterminé de son environnement⁴.

La multiplicité de ces définitions constituait déjà en soi un paradoxe apparent : comment développer une pensée « exacte » des systèmes alors qu'une telle pensée requiert par essence une définition univoque de ses objets ? Ce problème fut en fait soulevé quasiment d'emblée. Les auteurs de la première des définitions citées remarquèrent par exemple :

Les définitions de type mathématique ou philosophique [...] fixent complètement et univoquement la question de la signification d'un terme donné. Notre définition ne satisfait certainement pas ces conditions ; en fait, on aurait bien du mal à fournir une définition d'un système qui le fasse. La difficulté surgit du concept que nous cherchons à définir ; il n'est tout simplement pas accessible à une définition complète et précise⁵.

Rapoport affirma lui-même qu'il est tout simplement « impossible de donner une définition précise d'un système »⁶. Ce constat fut une constante. Dix ans après sa fondation, un systémicien soviétique remarqua ainsi qu'il n'existait, même au sein de la S.G.S.R., « aucune conception satisfaisante et largement acceptée de ce qu'est un système »⁷. Roger E. Cavallo, effectuant en 1979 un bilan des problèmes et des productions de cette société scientifique, souligna encore que « la notion de système signifie clairement différentes choses » pour ses théoriciens, avançant qu'« il est même raisonnable d'accepter qu'une claire définition d'un système n'est pas importante, voire impossible »⁸. Brian R. Gaines, président de la S.G.S.R. en 1979-1980, fut la même année encore plus clair, tout en relatant une unanimité à ce sujet :

Je dois résister à la tentation de définir un système – il y a tant de définitions d'un degré plus ou moins grand d'abstraction et de généralité, aucune n'étant satisfaisante – et il me semble qu'il est dans l'essence du domaine de la systémique qu'il ne peut y en avoir aucune [...] Peut-être que le progrès le plus révélateur de tous est que nous pouvons avec confiance parler d'un champ commun d'intérêt tout en sachant que nous ne pourrions pas et ne souhaiterions pas nous accorder sur une définition de ce qu'est un système⁹.

La position commune fut bien résumée par trois systémiciens soviétiques en 1980 ; elle rejoint parfaitement la remarque de Klir citée plus haut et indique déjà par elle-même le caractère nécessairement perspectiviste du concept de système :

Il est raisonnable de supposer qu'une unique définition formelle d'un « système » ne peut guère être construite. Différentes définitions formelles seront plutôt construites sur cette base, elles seront complémentaires les unes des autres et chacune définira un domaine particulier de recherche¹⁰.

En d'autres termes, comme l'un d'entre eux l'avait déjà noté quelques années plus tôt, on n'a pas affaire avec le « système » à un concept, mais à une « famille de concepts »¹.

¹ Churchmann W.E. (1968, 1974), p. 17.

² Rosen R. (1958a), p. 246.

³ Blauberger I.V., Sadovski V.N. & Yudin E.G. (1973), p. 262 et (1980), p. 17.

⁴ Ropohl G. (1978), p. 31.

⁵ Hall A.D. & Fagen R.E. (1956), p. 18.

⁶ Rapoport A. (1970), p. 15.

⁷ Shchedrovitzky G.P. (1966), p. 35.

⁸ Cavallo R.E. (1979), p. 27.

⁹ Gaines B.R. (1979), p. 3.

¹⁰ Blauberger I.V., Sadovsky V.N. & Yudin E.G. (1980), p. 18.

Une grande difficulté était en fait que toutes les tentatives de définition recouraient à des concepts tels que ceux d'« élément », de « relation » et d'« environnement », qui requièrent une définition rigoureuse. Si la « procédure analytique » pouvait être accusée d'être artificielle, alors on pouvait difficilement refuser d'admettre ce qualificatif pour les soi-disant « éléments » ; de surcroît, la notion intuitive d'« élément » demeurait trop indéterminée pour servir de fondement à une élaboration théorique rigoureuse². Il en allait de même de l'« environnement », qui a pu être défini comme « l'ensemble de tous les objets dont un changement dans les attributs [i.e. propriétés] affecte le système, et de tous les objets dont les attributs sont changés par le comportement du système »³ : se posait ici la question de la « frontière » du système, de ce qui doit y être inclus ou non, question d'autant plus épineuse si, comme Bertalanffy, on étudie plus particulièrement les « systèmes ouverts », par définition engagés dans un continuel échange de leurs « éléments » avec l'« environnement ». Quant aux « relations », Delattre a bien vu qu'il en existe d'au moins trois types mathématiques fondamentaux (topologiques, d'ordre ou de transfert) correspondant à ce que le groupe Bourbaki appelait les « structures mères » (topologiques, d'ordre et algébrique)⁴ : encore fallait-il donc préciser de quel type de « relations » on parle lorsqu'on définit un système.

Mais le problème central était le statut ontologique de ce que l'on entendait par « élément », « relation », « environnement », et bien sûr par « système ». Désignait-on par ce dernier un principe de la raison pure au sens de Kant, une catégorie, une construction qui n'existe « que dans l'esprit des hommes », en soi, avant de pouvoir éventuellement servir à appréhender des phénomènes ? Ou des objets « réels », « concrets », qui peuvent être identifiés et décrits, et dont la « systémicité » est antérieure à la représentation qu'on s'en fait ? Qu'un profond clivage ait apparemment existé chez les systémiciens à ce sujet peut aisément être illustré en considérant d'autres définitions d'un système. On trouve d'abord celles qui le définissaient comme une pure construction conceptuelle :

Un système est une abstraction mathématique construite pour servir de modèle à un phénomène dynamique⁵.

Un système est un ensemble partiellement interconnecté d'objets abstraits, appelés ses composants, lesquels peuvent être orientés ou non, en nombre fini ou infini, et associés à un nombre fini ou infini de variables terminales⁶.

Mais on trouve aussi celles qui le définissaient comme un phénomène, comme une entité ayant une existence spatio-temporelle « réelle » ou encore, comme on peut le lire dans un ouvrage d'auteurs soviétiques, comme une « configuration holistique ordonnée objective »⁷ :

Un système est un groupement de phénomènes relativement bien délimités ; contenu dans ces limites, le système conserve une certaine stabilité de configuration dans l'espace et dans le temps⁸.

Un système est un groupe d'objets physiques dans une portion limitée de l'espace qui reste identifiable en tant que groupe pendant une durée significative⁹.

Parmi ces dernières se trouvent deux définitions de Rapoport, qui suggèrent bien en fait la coexistence « naturelle » des deux acceptions du terme. Le mathématicien distinguait deux types de définition d'une chose : une définition « dure » [*hard*] en « permet une reconnaissance sans ambiguïté », tandis qu'une définition « douce » [*soft*] n'en donne qu'une « compréhension intuitive ». D'où deux définitions d'un système. Il faut noter que la seconde était jugée nécessaire dans la mesure où « seule une classe limitée d'objets ou de phénomènes peuvent être *décrits comme des systèmes* au sens rigoureux (i.e. « dur ») du terme » ; et surtout (l'expression précédente montrant elle-même toute l'ambiguïté) qu'à leur référence primordiale à une « portion du monde » se surimposait l'idée d'une

¹ Sadovsky V.N. (1971), p. 553.

² Ce qu'a bien souligné Delattre P. (1971, 1985), p. 28.

³ Hall A.D. & Fagen R.E. (1956), p. 20.

⁴ Delattre P. (1971, 1985), p. 47. Voir aussi Papert S. (1967), pp. 491-495 et Piaget J. (1968), pp. 21-23.

⁵ Freeman H. (1965), in Klir G. (1969), p. 283.

⁶ Zadeh L.A. & Desoer C.A. (1963), in Klir G. (1969), p. 284.

⁷ Ouvrage collectif sur les « fondements de la philosophie marxiste-léniniste » (1973), cité in Ropohl G. (1978), p. 32.

⁸ Weiss P.A. (1971, 1974), p. 177.

⁹ Bergmann G. (1957), in Klir G. (1969), p. 283.

construction conceptuelle destinée à représenter sa « systémicité » – Rapoport ayant d’ailleurs défini un système « au sens mathématique » comme « un ensemble de relations entre plusieurs variables » :

Au sens dur, un système est une *portion du monde* qui, à un instant donné, peut être *caractérisée* par un état donné et par un ensemble de règles qui permet de dériver l’état d’une information partielle – l’état du système (en son sens dur) étant un ensemble de valeurs de certaines quantités variables à l’instant en question [...]

Au sens doux, un système est une *portion du monde* qui est *perçue* comme une unité et est capable de maintenir son « identité » en dépit des changements qui y surviennent¹.

L’incertitude du statut ontologique des « systèmes » fut typiquement illustrée par Bertalanffy lui-même, avec sa fameuse distinction entre « systèmes réels » et « systèmes conceptuels » :

Nous devons d’abord déterminer la « nature de la bête » : qu’entend-on par « système », et comment les systèmes sont-ils réalisés aux différents niveaux du monde phénoménal ? Telle est l’ontologie des systèmes. Mais ce qui doit être défini et décrit comme un système n’est pas une question ayant une réponse évidente ou triviale [...] On peut d’abord distinguer les *systèmes réels*, i.e. les entités perçues ou inférées à partir de l’observation et existant indépendamment d’un observateur. D’un autre côté, il y a les *systèmes conceptuels* tels que la logique ou les mathématiques, qui sont essentiellement des constructions symboliques ; avec les *systèmes abstraits* comme sous-classe des systèmes conceptuels correspondant au réel. Néanmoins, la distinction n’est en aucune manière aussi tranchée qu’il apparaît [...] Elle] ne peut être effectuée d’aucune manière par le sens commun².

Comme on peut s’y attendre et comme je vais maintenant l’examiner, c’est dans un cadre perspectiviste que Bertalanffy fit cette distinction. Dans son expression « systèmes réels », le terme « système » n’était en toute rigueur utilisé qu’en un « sens *dérivatif* », selon l’expression judicieuse que Hempel employa dans une lettre qu’il lui adressa en 1950 :

Un objet matériel complexe ne peut être affirmé constituer un système qu’en un sens dérivatif : relativement à ou en référence à un ensemble de paramètres spécifiés³.

Klir préféra pour cette raison distinguer l’« objet » du « système qu’on définit sur cet objet », en lieu et place de la distinction bertalanffienne entre systèmes « réels » et « abstraits »⁴. S’il n’y avait en fait manifestement aucune ambiguïté à ce sujet dans l’esprit de Bertalanffy, son abus de langage lui fut maintes fois reproché, comme il le fut à tous les autres systémiciens n’ayant pas pris les précautions lexicales qui s’imposaient⁵ : c’est une raison importante de l’incompréhension du projet « systémologique ». Une incompréhension d’autant plus naturelle qu’un Miller, qui effectua de même une partition entre « systèmes concrets » et « systèmes conceptuels » en faisant des « systèmes abstraits (du concret) » une sous-classe de la seconde, distinguait pour sa part radicalement les « systèmes concrets » (compris comme des « accumulations de matière et d’énergie dans l’espace-temps physique constituées de composants qui interagissent ou co-agissent de manière organisée ») des « systèmes abstraits », jugeait « inutilement compliqués » les seconds (« au mieux des outils conceptuels inadaptés »), exigeait des systémiciens qu’ils se concentrent sur les premiers, et prétendait pour sa part dans tous ses travaux ne référer qu’à des « systèmes concrets »⁶.

2-2-3-5 – *Le « système » comme perspective de l’existant*

Bien que tardive dans son œuvre, une réflexion critique de Rapoport sur la position de Miller introduit parfaitement à celle que le mathématicien partageait avec Bertalanffy et, en fait, la quasi-totalité de ceux qui contribuèrent au projet « systémologique ». Elle montre bien, en effet, que s’ils étaient disposés à référer à certaines portions du monde phénoménal en les qualifiant de « système », ce n’était jamais qu’un abus de langage effectué avec une conscience parfaitement claire du fait que le « système » est toujours une construction conceptuelle dérivée de modes de perception et

¹ Rapoport A. (1970), p. 18 et p. 22. Voir aussi (1966a), p. 8 ; (1969a), p. 186 ; et (1976), p. 13. Les italiques me sont propres.

² Bertalanffy L. von (1968a), pp. XVII-XVIII et (1972a), pp. 36-37.

³ Hempel C.G., lettre à Bertalanffy L. von du 02/12/1950, *Archives du B.C.S.S.S.*

⁴ Klir G. (1968), p. 14 ; (1972), p. 14 ; (1975), p. 151 et (1988), p. 150.

⁵ Voir récemment Mulej M. & al. (2004), p. 50 sur « l’utilisation de manière *interchangeable* du terme ‘système’ avec l’objet considéré ».

⁶ Miller J.G. (1965), pp. 201-209.

d'aperception particuliers du monde phénoménal, et d'*a priori* théoriques. La distinction entre « systèmes concrets » et « conceptuels » (en particulier « abstraits ») n'était pas pertinente pour eux, ne serait-ce que parce que, comme l'a remarqué aussi Delattre, la connaissance des premiers met toujours en jeu les seconds¹. Que tout « système » soit en définitive « abstrait » n'impliquerait certes pas pour autant qu'il s'agisse d'une construction dépourvue de référent empirique ; comme pour tout modèle, la seule implication serait que son objectivité doit être construite :

Je n'ai aucune objection forte à la dichotomie opérée par Miller entre systèmes concrets et systèmes abstraits, mais ne la fais pas moi-même. Je conçois un système comme toute portion du monde à laquelle un *statut ontologique* est assigné par un esprit humain parce qu'elle est reconnue comme ayant une certaine cohésion ; c'est-à-dire parce qu'elle préserve un certain degré d'identité. Qu'elle le fasse ou non est une *question de perception* [...] Que les traits ainsi distingués soient essentiels ou non est une question devant être décidée *a posteriori*, non sur des motifs *a priori*. Les traits essentiels sont ceux qui entrent dans une théorie féconde [...] D'une manière générale, dans mon mode de pensée, *tout système est un système « abstrait »*. Il n'y a que des degrés d'abstraction. Un objet physique ne nous apparaît comme une chose très « concrète » que parce notre appareil perceptif est ainsi construit qu'il distingue des « objets » (portions discrètes du monde physique) comme des items perceptifs².

Bertalanffy considérait de la même manière que le monde phénoménal, i.e. notre « entourage » en tant qu'il est *reconstruit* dans notre perception, donne à voir certains complexes d'une relative stabilité, qui manifestent une « cohésion » apparente, et que le « système » est le produit de notre volonté d'appréhender celle-ci à un second niveau de reconstruction, rationnelle celle-là ; tout le problème étant d'étudier dans quelle mesure ce « système », objet essentiellement théorique donc, permet effectivement d'« expliquer » (au sens nomologico-déductif du terme) le complexe considéré. Tel était le sens de cette réflexion déjà citée, qui joue un rôle clef dans la compréhension de son œuvre :

Un objet (et en particulier un système) n'est définissable que par sa cohésion au sens large, c'est-à-dire par les interactions de ses éléments composants. En ce sens, un écosystème ou un système social est tout aussi « réel » qu'une plante individuelle, un animal ou un être humain, et effectivement des problèmes comme la pollution en tant que perturbation de l'écosystème, ou les problèmes sociaux, démontrent de manière frappante leur « réalité ». Néanmoins, *les interactions (ou, plus généralement, les interrelations), ne sont jamais directement vues ou perçues ; elles sont des constructions conceptuelles*. Ceci vaut même pour les objets de notre monde quotidien, qui ne sont en aucune manière simplement « donnés » en tant que données sensorielles ou simples perceptions, mais sont également des constructions fondées sur des catégories innées ou acquises, la concordance de différents sens, l'expérience passée, les processus d'apprentissage, les processus symboliques, etc., qui tous déterminent largement ce que nous « voyons » ou percevons³.

Si un système est un « ensemble d'éléments en interrelations » et si ces dernières sont des « constructions conceptuelles », la conclusion inévitable est que c'est le systémicien seul qui *constitue* les choses en systèmes. Et si Geoffrey Vickers, président de la S.G.S.R. en 1977-1978, écrivit qu'on ne devrait considérer les entités (telles qu'un organisme ou un État) « que comme des systèmes créés par les relations qui les maintiennent »⁴, Bertalanffy n'adhérait donc à une telle ontologie relationnaliste que dans la mesure où, contrairement à celle de N. Hartmann en particulier, elle s'entend sur un mode critique, constructiviste.

Qu'il en ait été ainsi dès l'élaboration de sa conception « organismique » en biologie, dont il se plaisait à être reconnu comme le « père » et qu'il tint lui-même pour le « germe » de son projet « systémologique »⁵, on s'en convaincra si l'on considère déjà la manière dont il comprenait l'organisme, à savoir précisément aux antipodes de la prétendue réification des principes régulateurs kantien déjà évoquée, et en particulier de toute forme de vitalisme :

L'organisme est causalement inexplicable, non parce qu'il constituerait un problème chimique particulièrement ardu et pas plus parce qu'il serait une entité métaphysique, mais simplement parce

¹ Delattre P. (1971, 1985), p. 74.

² Rapoport A. (1980), p. 62.

³ Bertalanffy L. von (1968a), pp. xxi – xxii et (1972a), p. 37. Les italiques me sont propres.

⁴ Vickers G. (1978), p. 10.

⁵ Bertalanffy L. von (1941d), p. 247 et (1972a), p. 25.

qu'« organisme » est une forme singulière de pensée, un concept primitif [Urbegriff], qui n'admet ni ne nécessite aucune résolution en éléments [Auflösung].

Un « concept primitif » destiné à « rendre possible la description des phénomènes de la nature vivante »¹ ; et donc, comme il l'écrivit l'année suivante à propos du concept de « totalité » et à la suite d'Ungerer, un « moyen de description et d'explication nécessaire »². La conception « organismique », qui sera examinée dans le détail au 2-3, n'était déjà pas pour lui en tant que telle une explication, une théorie des phénomènes biologiques, mais une « méthode de recherche et de pensée biologique », une matrice d'élaboration de telles explications et théories ; autrement dit, il la comprenait comme une « position des problèmes » et non une « solution des problèmes » de la vie, ayant néanmoins une « signification [méta-]théorique »³.

On n'est donc pas surpris de voir plusieurs décennies plus tard Bertalanffy qualifier le « système » d'« idée directrice » conservant sa valeur même lorsqu'on ne peut la formuler mathématiquement⁴, voire – avec une référence explicite à Kuhn – de « (nouveau) paradigme »⁵. Mais la nature perspectiviste du concept bertalanffien de système apparaît le plus clairement dans cette remarque décisive où il affirma que le postulat fondamental de son projet « systémologique » était que « certaines propriétés formelles s'appliquent à n'importe quel être en tant qu'il est considéré comme un système »⁶. Car ce qu'il faut comprendre derrière cette affirmation lapidaire et qu'il n'a pas suffisamment expliqué en explicitant ses relations avec sa théorie de la connaissance, c'est que dans la mesure où l'on décide (pour des raisons liées à nos perceptions et aperceptions du monde, avec ce que cela implique de biais biologiques et culturels) d'appréhender une « chose » au travers du prisme d'un modèle systémique, les propriétés formelles de ce modèle abstrait seront *ipso facto* applicables à la « chose » étudiée, celle-ci étant alors soumise à un processus d'objectivation qui la transforme en objet systémique ; le tout, et là se marque peut-être la plus profonde influence de Vaihinger, sous l'égide ultime d'un principe régulateur, d'un « comme si » consistant à faire un « usage méthodologique » du principe monadologique, dont la valeur se mesure non seulement pragmatiquement, mais par la mise au jour de ces fameux invariants relationnels qui constituent ce que nous avons vu Cassirer appeler « l'ultime couche de l'objectivité ». Rapoport, s'il ne fut pas plus systématique que Bertalanffy, posa au moins sans ambiguïté le « caractère de 'comme si' » [« *as-ifness* »] des principes « organismiques »⁷. Bertalanffy laissa quant à lui quelques traces de son arrière-arrière-plan fictionaliste, en deux occasions séparées de dix-neuf ans. La première en 1932, précisément dans l'un de ses textes consacrés à Vaihinger, où il affirma, déjà de ce point de vue, qu'« il n'y a aucune objection à voir l'univers 'comme s'il' était un processus de devenir organique »⁸. Et la seconde où il qualifia la « thèse de la stratification » du réel (en référence à N. Hartmann), qui pose tout-à-la-fois l'autonomie et la correspondance des lois dans les différents champs de l'expérience, de « maxime de recherche », au même titre que la « thèse » opposée « de la réduction »⁹.

Bertalanffy fut par contre très clair quant à la caractérisation d'un système :

Un « système » est un *modèle* de nature générale, c'est-à-dire un analogue conceptuel de certains traits relativement universels d'entités observées¹⁰.

Il s'agissait plus précisément là, en fait, d'une caractérisation de ce que lui, Rapoport et Boulding appelèrent à partir de 1954 un « système général ». Ce concept étroitement lié à celui d'isomorphisme constitue peut-être celui qui exprime le plus profondément son perspectivisme. Il révèle en fait deux niveaux de compréhension du « système » et une interprétation de la « réalité » de la « systémicité » parfaitement conforme au « structuralisme mathématisé » vers lequel convergait toute sa philosophie

¹ Bertalanffy L. von (1928a), p. 74.

² Bertalanffy L. von (1929a), p. 88.

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. V et p. 80 ; (1941d), p. 340 ; (1949e), p. 32.

⁴ Bertalanffy L. von (1968a), p. 23.

⁵ Bertalanffy L. von (1972a), p. 36.

⁶ Bertalanffy L. von (1968a), p. 18 et, déjà, (1951b), p. 341.

⁷ Rapoport A. (1959), p. 68.

⁸ Bertalanffy L. von (1932a), p. 71.

⁹ Bertalanffy L. von (1951b), p. 343.

¹⁰ Bertalanffy L. von (1968a), p. 87 et (1972a), p. 31. Les italiques sont, il faut souligner, propres à Bertalanffy.

de la connaissance. À un premier niveau, Bertalanffy comprenait par « système » une portion du monde phénoménal *en tant qu'elle est appréhendée par un modèle théorique* (aux sens « large » ou « étroit ») mettant en œuvre des concepts holistiques (au sens logique et non métaphysique du terme), « système » se comprenant donc déjà à ce niveau comme une construction conceptuelle. Mais à un second niveau, proprement métathéorique celui-là, le concept de « système » référait pour lui comme pour ses collègues à toute classe d'équivalence induite par une communauté de structure formelle entre des modèles théoriques donnés. L'idée était que dans la mesure où des phénomènes très divers du point de vue de la nature des entités concernées admettent des modèles théoriques adéquats manifestant une parfaite correspondance du point de vue de la structure logique des relations entre concepts qu'ils mettent en œuvre, c'est-à-dire un isomorphisme, il existe nécessairement un « modèle général » purement formel (idéalement, logico-mathématique), le « système général » qui, comme l'exprima Boulding, « incarne de manière abstraite »¹ cette correspondance en formalisant de manière dépourvue de toute interprétation particulière les « traits relativement universels » ainsi détectés, et peut à son tour servir de matrice à la construction de nouveaux modèles systémiques spécifiques. Avant même d'avoir rencontré Bertalanffy et Boulding, Rapoport remarqua en ce sens :

La similitude entre deux phénomènes est profonde s'il existe une *même* théorie sous-jacente à partir de laquelle les lois des deux phénomènes peuvent être déduites².

Serait par exemple tout-à-fait concevable une théorie abstraite et générale de la diffusion qui soit interprétable aux niveaux tant sociologique que physique ; elle formaliserait un système commun de relations entre des entités pourtant très disparates. Le trait anti-substantialiste du projet « systémologique » trouvait là sa plus limpide expression :

Ce n'est pas ce qui diffuse, mais comment cela diffuse qui détermine la théorie mathématique³.

La conviction commune de ses fondateurs fut bien résumée par Rosen, qui se référa d'ailleurs à Bertalanffy à ce sujet en estimant, lui qui le connut personnellement et en fut avec Klir le plus fidèle héritier, qu'il avait eu sur ce point décisif une vision « parfaitement claire » :

En dernière analyse, *deux systèmes distincts ne peuvent se comporter de manière similaire que dans la mesure où ils constituent des réalisations diverses d'une structure mathématique ou formelle commune*. L'étude de cette structure mathématique, par les techniques de la mathématique elle-même, est simultanément celle de toutes les réalisations de cette structure ; c'est-à-dire d'une classe entière de systèmes analogues mais physiquement distincts⁴.

Tel est précisément ce à quoi référait Bertalanffy lorsqu'il évoqua assez maladroitement une très problématique « correspondance formelle nécessaire qui s'enracine dans les objets eux-mêmes dans la mesure où ils représentent des systèmes »⁵. Il ne s'agissait pas par là d'affirmer sans reste que tous les « objets » en question partageraient une « essence systémique » que nos modèles viendraient refléter, puisqu'on avait en fait toujours affaire à des objets systémiques constitués comme tels par le sujet connaissant. C'est bien pourquoi Bertalanffy put en parallèle, en relation avec sa doctrine des « relativités biologique et culturelle des catégories », souligner que l'occurrence d'isomorphismes tient d'abord à la « limitation des schémas conceptuels disponibles » et à sa conjonction avec d'une part le fait que les schémas mathématiques mis en œuvre dans l'appréhension du « réel » sont toujours « des expressions et des conséquences » de ces schémas, et d'autre part l'existence (aussi soulignée par Rapoport) de limites intrinsèques aux mathématiques conduisant à privilégier naturellement certains schémas plus aisés à mettre en œuvre et assez simples pour être traités exactement – la restriction drastique du nombre de classes d'équations et systèmes différentiels pour lesquelles on dispose de solutions exactes conduisant par exemple à en privilégier certaines⁶.

¹ Boulding K.E. (1953), p. xvii. Voir aussi (1956c), p. 66 et p. 75.

² Rapoport A. (1953), p. 223.

³ Rapoport A. (1956b), p. 48.

⁴ Rosen R. (1979), p. 177.

⁵ Bertalanffy L. von (1945), p. 23.

⁶ Bertalanffy L. von (1945), pp. 3-4 et pp. 9-11 ; (1950b), p. 137 et pp. 144-145 ; (1951b), pp. 340-341 ; (1951c), p. 26 ; (1953a), p. 237. Voir aussi Rapoport A. (1973c), p. 440.

Il faut noter que, sans qu'il soit question d'y voir une influence au moins en ce qui concerne Bertalanffy, Henderson avait développé dès 1935 des idées très similaires. L'Américain, remarquant que tous les schèmes conceptuels prenant la forme de systèmes ont certaines caractéristiques communes, avait en effet déjà exprimé alors l'idée que celles-ci dépendent bien souvent de « la nécessité logique, ou au moins de la grande opportunité, de fixer des conditions déterminées, parce que des conditions réelles se trouvent être approximativement déterminées », et que de tels schèmes conceptuels imposent un choix de variables qui reste déterminé par l'observation, l'expérimentation, des considérations logiques et mathématiques et un aspect pratique qui sont tous à leur tour des fonctions de notre constitution psychophysique. L'analogie entre les divers types de systèmes ayant en dernière analyse pour cause essentielle les propriétés psychologiques générales de la pensée et les limites imposées aux opérations logiques au cours du développement des mathématiques¹.

Pour sa part, Bertalanffy n'en concluait toutefois pas qu'aucune « réalité » ne saurait être attribuée aux « systèmes généraux » : les isomorphismes étaient pour lui en partie « fondés dans la réalité »², par quoi il faut comprendre qu'ils exprimeraient des structures sous-jacentes, des invariants relationnels qui ne sont certes pas accessibles indépendamment de notre activité cognitive, mais qui n'en sont pas moins, au même titre que les constantes universelles de la nature, des manifestations d'une « réalité » qui la transcende, rendues possibles par les fondements génétiques et évolutionnaires de cette activité – c'est-à-dire, en dernière analyse, par le système formé par l'homme et son environnement. D'une manière générale, la « réalité » ne pourrait au fond être définie autrement que par une identification à de telles structures telles qu'elles sont exprimées par nos constructions conceptuelles, leurs correspondances et les invariants qui s'y révèlent. Plus que vers Bertalanffy, c'est peut-être vers Rapoport qu'il faut se tourner pour voir explicitée avec une parfaite limpidité où l'on reconnaîtra une fois encore l'influence de Bohr et Heisenberg, cette manière perspectiviste dont il convenait pour eux d'interpréter en particulier la « réalité » de la « systémicité », qu'elle concerne les modèles systémiques spécifiques ou les « systèmes généraux » :

Si nous admettons que le sujet du discours n'est jamais une « réalité physique » *per se* mais toujours notre *connaissance* ou conception de la réalité physique, nous devons conclure que toute description structurale de cette réalité est le seul contenu de connaissance ; et donc que toute description structurale qui atteint « jusqu'au bout » des éléments et relations qui ne sont pas plus analysables peut être identifiée à la « réalité » elle-même³.

C'est donc bien parce qu'un système devait se comprendre comme une perspective sur l'existant, plus précisément comme l'organe d'une construction systémique du « réel » dans une optique délibérément modélisatrice fondée sur des analogies structurales, que Bertalanffy considérait comme non pertinentes toutes les critiques, à commencer par celle qui lui fut adressée par Hempel en 1951, lui reprochant de ne pas avoir fourni de définition vraiment générale et explicite d'un système⁴. Qu'il s'agisse de développer une pensée « exacte » des systèmes n'impliquait pas pour lui une telle définition, non seulement parce que ce n'est pas nécessaire, mais parce que c'est en définitive impossible étant donné que « le meilleur choix de la représentation [systémique] est une question de position »⁵. Bertalanffy rejoignait naturellement là les conceptions de ses collègues, transformant la remarque très juste de Hempel selon laquelle « un objet physique peut bien constituer un système eu égard à certaines caractéristiques mais pas à d'autres »⁶ en une triviale associée à une incompréhension du statut ontologique d'un système :

Le concept de système peut se définir et se développer de différentes manières, selon les objectifs de la recherche et les aspects divers de la notion que l'on veut refléter⁷.

Bertalanffy, comme il l'exprima en 1948 dans un débat consécutif à l'une de ses premières conférences sur son projet « systémologique », était parfaitement conscient de l'implication qui en

¹ Henderson L.J. (1935), in Parascandola J. (1971), pp. 104-105.

² Bertalanffy L. von (1945), p. 3.

³ Rapoport A. (1972a), p. 49.

⁴ Hempel C.G. (1951), p. 313.

⁵ Bertalanffy L. von (1951b), p. 338.

⁶ Hempel C.G. (1951), p. 314.

⁷ Bertalanffy L. von (1968a), p. XIII.

dérivait et qui constitua comme nous l'avons vu la matière d'une critique de Buck, à savoir qu'il n'y a dans le principe aucune limite à la mise en relation systémique de « choses ». Mais, comme balayant par avance ce genre de critiques pourtant formulées trente ans plus tard encore¹, il souligna aussi que la plupart de ces mises en relations n'ont « aucun intérêt en pratique », qu'elles se légitiment par leur seule fécondité théorique². Rapoport, qui put aussi définir un système comme « consistant en des éléments et des relations entre eux qui sont *distingués pour une attention particulière* », remarqua dans le même sens que l'ampleur des conséquences théoriques qui peuvent en être dérivées dépend justement « de la manière dont il est défini ou, en un sens pragmatique, des portions du monde que l'on choisit de considérer comme des systèmes »³. Quant à Boulding, il mit bien en exergue le biais sous-jacent ainsi assumé par les fondateurs du projet « systémologique », qui n'était autre que l'opposition, sous de nouveaux costumes, de la *Gestalt* au *Chaos* rencontrée quelques décennies plus tôt chez Ehrenfels et Chamberlain, entre autres. Il souligna en effet que les « systèmes » ne sont que « des points de vue n'échappant pas à la loi d'airain de la perspective » (i.e. le caractère nécessairement situé et intentionnel de la connaissance), cette « loi » pouvant tout au plus être « infléchie » par le fait de « connaître autant que possible la perspective où nous nous plaçons » ; et il n'hésita pas à reconnaître « franchement », avec son style si particulier, les « présupposés » de ce que j'appelle la perspective « systémologique » :

Le premier d'entre eux est un préjugé en faveur du système, de l'ordre, de la régularité, de la non-contingence. Comme les poètes, le type systémologique [*general systems type*] de personne a une « rage de l'ordre » [...] Il sera certainement amoureux de mathématiques, presque certainement de musique et aura une passion à moitié honteuse pour le XVIII^e siècle. Le second présupposé est un simple corollaire du précédent, à savoir que l'ensemble du monde empirique est plus intéressant lorsqu'il est ordonné. Et que le systémicien sera donc attiré par les segments ordonnés du monde. Il aime la régularité, se délecte de la loi, celle-ci étant pour lui un passage dans la jungle⁴.

Lui-même avait d'ailleurs exprimé quelques années plus tôt ce « présupposé », par une sentence spectaculaire qui fut maintes fois citée par la suite dans la littérature systémique :

Tout ce qui n'est pas chaos est système, et partout où il y a système une connaissance est possible⁵.

Bertalanffy fut donc en définitive très bien inspiré lorsqu'il cita Schopenhauer en guise d'introduction du premier chapitre de l'un de ses principaux essais ; le philosophe allemand avait manifestement à ses yeux exprimé en quelques mots l'inspiration profonde qui guidait son approche « systémologique » :

La tâche n'est pas tant de voir ce que nul n'a encore vu que de penser ce que chacun voit d'une manière dont nul n'a encore pensé⁶.

Il avait comme Rapoport et Boulding parfaitement compris ce que Parrochia a bien décrit comme l'intime « réciprocité » concepts de système et de modèle, qui conduit très fréquemment et presque inévitablement à définir l'un au moyen de l'autre, que ce soit le système comme modèle d'une portion du « réel » retenant l'attention ou le modèle en tant que « système homomorphe à un système donné », comme une carte au sol qu'elle représente⁷.

2-2-3-6 – La compréhension perspectiviste du « système » à la lumière des réflexions des systémiciens immédiatement postérieures à la genèse du projet « systémologique »

Bon nombre de systémiciens (et, je le montrerai au 2-2-3-7), de représentants du structuralisme) ont exprimé des vues perspectivistes convergentes. Certaines furent contemporaines des travaux fondateurs de Bertalanffy, Rapoport et Boulding, mais la plupart leur furent postérieures. Ces systémiciens (et structuralistes) doivent être cités ici, pour deux raisons. La première est qu'ils l'ont en général fait plus clairement, voire plus radicalement que leurs prédécesseurs, de sorte qu'ils peuvent

¹ Voir surtout Phillips D.C. (1976), p. 61.

² Bertalanffy L. von (1948b), p. 361.

³ Rapoport A. (1972a), p. 49 et (1966a), p. 3.

⁴ Boulding K.E. (1964), p. 26.

⁵ Boulding K.E. (1958), p. 1.

⁶ Schopenhauer A. (1851), in Bertalanffy L. von (1949e), p. 15.

⁷ Voir notamment Eugene J. (1981), p. 39 et Parrochia D. (1990), p. 215. Cette définition d'un modèle fut celle de Klir, puis de Walliser.

servir de bons révélateurs *a posteriori* de la nature du projet « systémologique ». Ce qui s'explique au moins en partie par les difficultés rencontrées par leurs recherches du point de vue de la reconnaissance académique, sur lesquelles je reviendrai dans mes deux dernières parties : ces difficultés suscitaient un effort de justification. La seconde raison tient à la nécessité de modérer les prétentions « révolutionnaires » de certains d'entre eux (qui allait naturellement de pair avec leur radicalité) en confrontant leurs jugements ontologiques et épistémologiques à ceux qui viennent d'être évoqués : cette confrontation va montrer que la seule véritable originalité des systémiciens concernés du point de vue adopté ici tient à la limpidité de leurs énoncés, sachant de surcroît que rares furent ceux qui, comme Bertalanffy, enracinèrent leurs réflexions dans une théorie générale de la connaissance significativement développée ; cette confrontation mettra donc surtout en lumière une ignorance considérable des conceptions des fondateurs du projet « systémologique », là encore à quelques rares exceptions près.

Je commencerai dans cette sous-section par les systémiciens qui s'exprimèrent dès les années 1950 et 1960 sur le sujet considéré ici. Parmi ceux-ci se trouve Beer, qu'on ne saurait, comme l'a fait Le Moigne, ranger aux côtés des quelques systémiciens « réalistes » ; il illustra très bien aussi des remarques de Boulding déjà citées :

L'ordre est plus naturel que le chaos [... Mais] qu'est après tout l'ordre, ce qui est systématique ? Je suppose que c'est un modèle [*pattern*] ; et un modèle n'a aucune existence objective. Un modèle en est un parce que quelqu'un déclare qu'une concaténation d'items est significative ou cohérente. La responsabilité de détecter des systèmes et de décider comment les décrire nous incombe pleinement. Je ne pense donc pas qu'il soit adéquat de considérer un système comme un fait naturel, à propos duquel des vérités pourraient être graduellement révélées par une patiente recherche analytique. Un système viable est quelque chose que nous détectons et comprenons lorsqu'il est schématisé [*mapped*] dans nos cerveaux, et je suppose que le résultat inévitable en est que ce sont en fait nos cerveaux qui imposent une structure à la réalité¹.

Ackoff alla dans le même sens, en soulignant pour sa part le caractère purement perspectiviste de la distinction entre les concepts de « système » et d'« élément », liée au « niveau de résolution » (expression employée par Klir) choisi dans ce que Bertalanffy avait appelé l'« ordre hiérarchique des fonctions systémiques » :

La caractéristique essentielle d'un système comportemental est qu'il consiste en parties dont chacune manifeste un certain comportement. Qu'une entité ayant des parties soit ou non considérée comme un système dépend du fait que nous soyons ou non intéressés par le comportement des parties et par leurs interactions. Un système comportemental est donc une construction conceptuelle autant qu'une entité physique puisqu'un tel « système » peut être ou non traité comme un système, selon la manière dont il est conceptualisé par celui qui le considère [...] Une entité physique est considérée comme un système si son comportement est conceptualisé comme le produit des interactions de ses parties. Donc beaucoup d'entités peuvent être étudiées soit comme des éléments, soit comme des systèmes ; c'est une question de choix du chercheur².

Arthur D. Hall et Robert E. Fagen insistèrent quant à eux sur les caractères nécessairement perspectivistes tant du concept de « relation » que de la distinction entre « système » et « environnement », dans le prolongement de leur définition de ce dernier, citée plus haut :

Les relations à être considérées dans le contexte d'un ensemble donné d'objets dépendent du problème étudié, les relations jugées importantes ou intéressantes étant incluses, celles qui sont jugées triviales ou inessentiels étant exclues. Cette décision dépend du chercheur, la question de la trivialité étant relative à son intérêt [...] Un système et son environnement forment l'univers de toutes les choses considérées comme intéressantes dans un contexte donné. La subdivision de cet univers en deux ensembles, le système et l'environnement, peut être effectuée de multiples manières qui sont en fait complètement arbitraires. Elle dépend ultimement des intentions de celui qui étudie l'univers particulier et des configurations possibles d'objets qui sont prises comme des systèmes³.

Ashby, reconnu par ses contemporains comme l'un des systémiciens majeurs et que l'on ne saurait suspecter de ne pas s'être intéressé aux « systèmes réels », semble avoir été en 1952, dans ses

¹ Beer S. (1960), p. 12.

² Ackoff R.L. (1960), p. 2. Voir aussi Bertalanffy L. von (1940a), p. 11 et Klir G. (1968), p. 14.

³ Hall A.D. & Fagen R.E. (1956), p. 18 et p. 20.

réflexions sur les fondements de la cybernétique, le premier à formuler clairement l'ensemble des arguments précédents. Au sujet des organismes vivants, il remarqua en particulier que comme ils forment un système avec leur environnement, « la ligne de division entre 'organisme' et 'environnement' devient en partie conceptuelle et, dans cette mesure, arbitraire », au même titre que la décomposition d'un système en « parties » et sous-systèmes. Quant à la procédure de « définition d'un système » sur ce qu'il appelait une « machine » (terme utilisé « au sens large » pour désigner un « système dynamique », i.e. dont le comportement est fonction du temps), il la décrivait ainsi :

Parce que toute « machine » réelle a une infinité de variables à partir desquelles différents observateurs (ayant différents objectifs) peuvent raisonnablement opérer différentes sélections, il faut [pour définir un système] commencer par se donner un observateur (ou expérimentateur) ; un *système* est alors défini comme *tout ensemble de variables* qu'il sélectionne à partir de celles disponibles sur la « machine » réelle. Il s'agit donc d'une liste désignée par l'observateur et de nature tout-à-fait différente de la « machine » réelle. Je réfère ici toujours par « système » à cette abstraction, non à la « machine » matérielle réelle [...] « Former un système » signifie diviser les variables de l'univers en deux classes : celles qui sont dans le système et celles qui n'y sont pas. Les variables de ces deux types ne sont aucunement différentes dans leur nature physique intrinsèque, mais elles se trouvent dans des relations très différentes avec le système. J'appelle les secondes des paramètres, réservant le terme « variables » aux premières¹.

Quelques années plus tard, Ashby compléta ces réflexions par des commentaires relatifs à la distinction entre « systèmes réels » et « conceptuels » ainsi qu'à la nécessité d'une conception perspectiviste de la recherche systémique admettant celle de conceptualisations différentes des mêmes choses ; des commentaires que Bertalanffy n'aurait dans leur principe pas reniés et où l'on retrouve, comme chez Rapoport, le thème « complémentariste » de Bohr-Heisenberg :

L'observateur doit prendre garde lorsqu'il réfère à un « système », car le terme sera probablement ambigu, peut-être même hautement. Le « système » peut référer soit à un ensemble indépendant de tout observateur – la chose telle qu'elle est en soi ; soit à l'ensemble des variables (ou états) qui concernent un observateur donné. Bien que la première signification ait une tonalité philosophiquement plus imposante, le chercheur trouve inévitablement la seconde plus importante. Mais celle-ci peut elle-même être ambiguë si l'observateur particulier n'est pas spécifié, car le système peut être l'une quelconque des sous-machines fournies par homomorphisme [i.e. par un modèle de la « machine réelle »] et car celles-ci peuvent avoir des propriétés différentes ; de telle sorte que bien que deux sous-machines puissent être abstraites de la même « chose » réelle, un jugement vrai pour l'une peut être faux pour l'autre [...] Il peut légitimement y avoir autant de sous-machines que d'observateurs, et donc autant de comportements qui peuvent en vérité être si différents qu'ils seraient incompatibles s'ils se produisaient [simultanément] dans un système [...] Le point de vue que j'adopte ici est que la science (telle que représentée par les découvertes de l'observateur) n'est pas immédiatement concernée par la découverte de ce qu'un système est « réellement », mais par la coordination des différentes découvertes des observateurs, chacune n'étant qu'une portion, ou un aspect, de la vérité globale².

Il vaut la peine de s'arrêter ici un moment sur une convergence qui pourrait paraître paradoxale mais ne l'est que dans la mesure précise de l'incompréhension du concept de système tel que développé par ces systémiciens. Personne n'a à ma connaissance remarqué que les critiques contemporaines les plus élaborées des approches holistiques étaient tout sauf en contradiction avec leurs conceptions. Il est pourtant par exemple hautement significatif que Bertalanffy ait entretenu une correspondance avec von Hayek où s'expriment leurs affinités intellectuelles profondes, que le premier se soit ouvertement approprié les critiques de l'« objectivisme scientifique » et du « collectivisme méthodologique » de l'économiste et que celui-ci, confiant à son correspondant son vif intérêt et son admiration pour ses écrits, ait requis ses commentaires et suggestions sur ce que lui-même publiait³. Or, que fut au fond la critique de Hayek, déjà partiellement considérée au 1-4-7-1 ? Elle consistait justement à récuser la « tendance à traiter des 'touts' » comme la société, l'économie ou le capitalisme comme « des objets donnés à propos desquels on pourrait découvrir des lois en étudiant leur comportement en tant que tous », et à la dénoncer comme un « réalisme conceptuel » commettant

¹ Ashby W.R. (1952b), p. 16, pp. 40-41 et p. 71.

² Ashby W.R. (1958), pp. 106-107.

³ Correspondance de Bertalanffy L. von et Hayek F.A. von (voir lettres des 14/05/1949, 15/04/1950 et 22/06/1950), *Archives du B.C.S.S.S.*

ce que Whitehead avait appelé « l'erreur du concret mal placé ». Il s'agissait pour lui non de nier l'intérêt des concepts holistiques, mais d'insister sur la nécessité d'une conscience aiguë de leur statut de pures constructions conceptuelles dont la valeur se mesure à la pertinence empirique des conséquences qui en sont dérivées. On comprend dès lors que Bertalanffy, parfaitement au fait de ses positions, n'ait pas, comme d'autres promoteurs d'approches holistiques, tenu Hayek pour l'un de ses pires « ennemis »¹. Il était en réalité pour l'essentiel en phase avec lui, à ceci près bien sûr qu'il ne voyait aucune raison de dénier *a priori* aux « tous » une objectivité – au sens perspectiviste qu'il donnait à ce terme – et qu'il n'admettait certainement pas ce que nous l'avons vu appeler dès 1932 « l'obsession à ne considérer comme réels que les éléments », perceptible chez l'économiste :

L'approche collectiviste confond avec des faits ce qui ne sont autres que des théories provisoires, des modèles construits pour expliquer la connexion entre certains phénomènes individuels que nous observons [...] Les tous en tant que tels ne sont jamais donnés à notre observation, mais sont sans exception des constructions de notre esprit. Ce ne sont pas des « faits donnés », des données objectives [...] Ils ne peuvent pas du tout être perçus hors d'un schème mental qui montre la connexion entre certains des nombreux faits individuels que nous pouvons observer [...] Ils réfèrent à certaines structures de relations entre certaines des nombreuses choses que nous pouvons observer dans des limites spatio-temporelles données et que nous sélectionnons parce que nous pensons que nous pouvons discerner des connexions entre elles – connexions qui peuvent ou non exister en fait [...] Ils ne signifient pas des choses ou des classes de choses déterminées, mais un modèle ou un ordre dans lequel différentes choses peuvent être reliées entre elles [...] Cet ordre ou modèle est aussi peu perceptible en tant que fait physique que ces relations elles-mêmes ; et il ne peut être étudié qu'en tirant les implications d'une combinaison particulière de relations. En d'autres termes, les tous dont nous parlons n'existent que si, et dans la mesure où la théorie que nous avons formée au sujet de la connexion des parties qu'ils impliquent est correcte [...]

Les tous ne sont jamais donnés en tant que tels, mais toujours reconstruits à partir de leurs éléments qui seuls peuvent être perçus [...] Ils n'existent pas en dehors de la théorie qui les constitue².

L'économiste Simon Kuznets reprit ces conceptions quelques années plus tard, en pointant bien la tradition épistémologique où elles s'enracinaient – tout au moins chez Bertalanffy :

Les tous sont des espèces artificielles de « types idéaux » créés pour faciliter l'étude économique [...] Le choix d'un tout dépend du problème que l'économiste souhaite étudier³.

Il est remarquable d'ailleurs que dans les années 1960, les systémiciens ayant souligné avec le plus de force ce caractère de « type idéal » et la nature perspectiviste du concept de système furent issus des sciences sociales. Une distinction très nette fut notamment posée par Talcott Parsons entre « système social » et « société » : tandis que la seconde référerait chez lui à un ensemble de réalités concrètes identifiables, le premier, qui désignait l'ensemble des réseaux d'interaction entre acteurs sociaux, ne référerait qu'à un instrument d'analyse, à une manière de percevoir le réel se situant exclusivement sur un plan abstrait⁴. Mais c'est chez David Easton, une figure de l'approche systémique en sciences politiques dont Bertalanffy cita maintes fois les travaux, que se trouvent des formulations perspectivistes explicites. L'ironie étant que l'un des critiques les plus virulents de Bertalanffy, qui se montra par là-même bien peu au fait de ses conceptions, exprima son parfait accord avec les vues d'Easton en croyant qu'elles constituaient celles que Bertalanffy avait commis l'erreur de ne pas adopter⁵... Dans son *Analyse systémique de la vie politique*, Easton exprima en fait une conception du « système » qui rejoignait largement celle de Bertalanffy et de Rapoport, à ceci près toutefois qu'il tendait vers un pragmatisme conventionnaliste selon lequel les concepts systémiques ne sont ni vrais ni faux, mais à juger selon leur seule utilité, de sorte que son perspectivisme était plus dans la lignée de Nietzsche et Vaihinger que celui de ses collègues :

Un système est tout ensemble de variables indépendamment du degré d'interrelations entre elles. La raison que nous avons de privilégier cette définition est qu'elle nous libère du besoin d'argumenter quant à la question de savoir si oui ou non un système politique est ou non un système. La seule

¹ Au contraire, par exemple, de Mandelbaum M. (1957), p. 214.

² Hayek F.A. von (1955b), pp. 54-55 et p. 71.

³ Kuznets S. (1963), pp. 44-45.

⁴ Richer G. (1972), pp. 86-87.

⁵ Phillips D.C. (1976), pp. 76-79.

question importante au sujet d'un ensemble sélectionné comme un système à analyser est de savoir s'il en constitue un qui est intéressant¹.

Pour Easton non plus, les systèmes n'étaient pas « donnés dans la nature » : ils devraient être tenus pour de pures « constructions de l'esprit ». Et il donna trois raisons, auxquelles les fondateurs du projet « systémologique » souscrivaient en fait pleinement : (1) même si l'on considérait les systèmes comme des entités naturelles, il resterait le problème pratique de les localiser ; (2) il y aurait le problème de les détecter lorsque leurs composants sont « faiblement connectés », et la frontière entre « système » et simple « collection » deviendrait de toutes façons arbitraire ; (3) toute « covariance » entre composants « satisfierait intuitivement le critère d'un système » et imposerait de « démontrer la réalité de leur interdépendance ». En parfaite continuité avec Bertalanffy, Easton rejetait donc toute métaphysique holistique et ne considérait l'approche systémique que comme un cadre permettant d'élaborer un modèle fécond de la « vie politique », comme l'un des multiples et nécessaires « angles » différents à partir desquels il est possible de « percer l'obscurité » :

Aucune manière de conceptualiser un domaine majeur du comportement humain ne rendra pleinement justice à toute sa variété et sa complexité. Chaque type d'orientation théorique amène à la surface un ensemble différent de problèmes, fournit un type de compréhension et de mise en relief unique, et par-là même rend possible des théories alternatives voire contradictoires également et simultanément utiles, bien que pour différents buts. L'analyse systémique est l'une de ces orientations possibles².

2-2-3-7 – *Structuralisme et compréhension perspectiviste du « système »*

Qu'il s'agisse de Parsons ou d'Easton, leur introduction d'approches systémiques en sciences sociales et surtout la conception qu'ils en avaient est immanquablement à mettre en relation avec le développement contemporain du structuralisme en Europe. Et cela d'autant plus si l'on se souvient de la convergence et même de la collaboration entre Bertalanffy et Piaget, symbolique de la correspondance profonde entre deux mouvements dont les productions et évolutions respectives restèrent malgré tout relativement séparées – et ce bien que Piaget et d'autres structuralistes tels que Leo Apostel et Seymour Papert d'un côté, et Bertalanffy et Laszlo de l'autre, aient attiré l'attention sur cette convergence³.

Comme celui de « système social » chez Parsons, le concept de « structure sociale » tel qu'il apparut chez Lévi-Strauss ne renvoyait pas au domaine de l'observable. Il référerait en premier lieu à un *modèle théorique* destiné à *expliquer* un ensemble déterminé de phénomènes, et ultimement aux éventuels invariants relationnels mis au jour au moyen de tels modèles – sa modélisation des structures de la parenté sur la base de la théorie des groupes fut sa meilleure illustration de cette approche :

La structure sociale ne se rapporte pas à la réalité empirique, mais aux modèles construits d'après celle-ci. Ainsi apparaît la différence entre deux notions si voisines qu'on les a souvent confondues, je veux dire celle de *structure sociale* et celle de *relations sociales*. Les *relations sociales* sont la matière première employée pour la construction des modèles qui rendent manifeste la *structure sociale* elle-même [...] Les recherches structurales ont pour objet l'étude des relations sociales à l'aide de modèles [...] J'attache une grande importance à l'opposition entre *modèle* et *réalité* : la structure ne peut être directement appréhendée dans la « réalité concrète »⁴.

Un symptôme saisissant des liens intimes entre le structuralisme et le mouvement systémique figure d'ailleurs dans l'*Anthropologie structurale*, puisque Lévi-Strauss y référerait quelques pages après les phrases précédentes à l'un des premiers articles de Rapoport, qu'il considérait manifestement comme un paradigme de l'étude structuraliste alors qu'on peut naturellement tout aussi bien y voir un essai « systémologique » précoce⁵. Quelques années plus tard, Piaget opéra justement une distinction qui, tout en reprenant les conceptions de Lévi-Strauss, se trouvait en parfait accord avec les conceptions de

¹ Easton D. (1965), p. 21. Voir aussi Peery N.S. (1972), p. 495.

² *op. cit.*, p. 472. Voir aussi Phillips D.C. (1976), p. 76.

³ Piaget J. (1967), p. 58 et p. 797 et (1968), pp. 41-42 ; Papet S. (1967), pp. 841-861 ; Apostel L. (1970) ; Bertalanffy L. von (1956d), (1957f), (1964c), p. 8 ; (1966b), p. 123 ; (1967a) ; et Laszlo E. (1973).

⁴ Lévi-Strauss C. (1958), pp. 305-306, p. 317 et p. 335.

⁵ *op. cit.*, p. 345.

Bertalanffy et de Rapoport : la distinction entre un « structuralisme global » (par quoi il désignait le « holisme ») et un « structuralisme *authentique* parce que *méthodique* ». L'important ici est que lorsqu'il expliqua en quoi le structuralisme de Lévi-Strauss était « exemplaire », ce fut justement en opposant les deux types de structuralisme comme un réalisme et un constructivisme tout en mettant en garde contre la tentation du premier, exactement à la manière dont Bertalanffy n'eut de cesse d'insister sur la nécessité d'enraciner les approches systémiques dans un cadre perspectiviste :

Le structuralisme global s'en tient au système des relations ou interactions observables, considéré comme se suffisant à lui-même, tandis que le structuralisme méthodique est de rechercher l'explication de ce système dans une structure sous-jacente qui en permette l'interprétation en quelque sorte déductive et qu'il s'agit de reconstituer par la construction de modèles logico-mathématiques : en ce cas, et ceci est fondamental, la structure ne rentre pas dans le domaine des « faits » constatables [...] Il est impossible d'atteindre un structuralisme cohérent en le coupant de tout constructivisme [...] Les structures ne sont pas observables comme telles et se situent à des niveaux où il est nécessaire d'abstraire des formes de formes ou des systèmes à la n-ième puissance, ce qui exige un effort particulier d'abstraction réfléchissante [...] Il n'existe pas de structure sans une construction, abstraite ou génétique [...] Le structuralisme est bien une méthode et non pas une doctrine [...] Le danger permanent qui menace le structuralisme, lorsqu'on a tendance à en faire une philosophie, est le réalisme de la structure sur lequel il débouche sitôt que l'on oublie ses attaches dans les opérations dont elle est issue [...] C'est en les coupant de leurs sources que l'on aboutit à faire des structures des essences formelles, lorsqu'elles ne demeurent pas verbales : c'est en les y replongeant qu'on rétablit leur solidarité indissociable avec le constructivisme génétique ou historique et avec les activités du sujet¹.

Des réflexions analogues furent développées la même année dans un long essai critique de Raymond Boudon qui mérite d'être considéré ici à plus d'un titre. D'abord parce que Boudon mit en évidence plusieurs définitions d'une « structure » que l'on peinerait à distinguer de celles d'un « système » fournies par les systémiciens (Apostel remarquant pour sa part que leurs définitions respectives se réfèrent inmanquablement l'une à l'autre)² ; tandis que les systémiciens faisaient de la structure un moment de la définition du système, ce dernier concept étant compris comme plus large parce qu'incluant les moments dynamiques du fonctionnement et de l'évolution³. Ensuite, et c'est une conséquence logique, parce que Boudon pointa une même polysémie problématique du terme « structure » que celle du terme « système », en particulier le fait qu'il se retrouvait, selon le contexte, employé soit pour désigner le « caractère systématique » *donné* d'un objet (qui serait donc tenu comme un système en tant que tel), soit pour référer à « une méthode ayant pour effet de *décrire un objet comme un système* » (donc à une construction logique)⁴, expression que nous avons rencontrée chez Bertalanffy et Rapoport. Enfin, Boudon, tout en prolongeant et en précisant le point de vue du « structuralisme authentique » de Lévi-Strauss et de Piaget (par opposition à l'essentialisme de ce qu'il appelait un « structuralisme magique »), le relia explicitement au point de vue « systémologique », et d'une manière si intime et si judicieuse qu'il éclaire très bien en retour la conception même du « système » d'un Bertalanffy. Une structure apparaissait chez lui dans le même rapport que celui que j'ai défini entre un « objet-modèle » (ici, le « système ») et sa modélisation (ici, la « structure ») :

Une bonne part de la confusion attachée à la notion de structure provient de ce qu'on lui attribue une résonance proche de la vieille notion philosophique d'« essence » dans la mesure où on a tendance à la concevoir de manière réaliste. Or, la seule manière de saisir la signification de la notion de structure est de comprendre qu'elle apparaît à l'intérieur d'un discours scientifique, et qu'elle prend seulement son sens par les fonctions qu'elle assume à l'intérieur de ce discours [...] La notion de « structure » n'intervient qu'à partir du moment où on décide effectivement de considérer un objet comme un système. Cette hypothèse étant posée, il s'agit alors de démontrer que les éléments de l'ensemble qu'on considère comme un système sont effectivement interdépendants [...] Le résultat de l'analyse est ce qu'on peut appeler une « théorie du système ». Quant à la

¹ Piaget J. (1968), pp. 82-83, p. 115, p. 117, p. 120 et pp. 123-125.

² Boudon R. (1968), p. 14 ; par exemple par Piaget (« Il y a structure quand les éléments sont réunis en une totalité présentant certaines propriétés en tant que totalité et quand les propriétés des éléments dépendent, entièrement ou partiellement, de ces caractères de totalité ») ou Flament (« Une structure est un ensemble d'éléments entre lesquels existent des relations, et tel que toute modification d'un élément ou d'une relation entraîne une modification des autres éléments ou relations »). Voir aussi Apostel L. (1970), p. 171.

³ Rapoport A. (1970), p. 22 et (1973c), p. 458 ; Delattre P. (1971, 1985), p. 42.

⁴ Boudon R. (1968), p. 15, p. 35 et pp. 52-53 en particulier.

description ou à l'interprétation de l'objet-système qui résulte de cette théorie, elle n'est autre que la *structure* de cet objet [...] On peut définir l'analyse structurale d'un système comme une théorie qui permet d'en déduire les caractéristiques apparentes. Inversement, on doit pouvoir, à partir de la théorie et des caractéristiques apparentes, déduire la structure. La notion de structure est donc liée à une classe de théories particulières auxquelles on peut donner le nom de « théories des systèmes » [...] Les révolutions structuralistes datent non du moment où on a compris que les langues, les personnalités, les marchés, les sociétés, constituent des systèmes, mais du moment où on a imaginé un outillage mental permettant d'analyser à l'aide de théories scientifiques ces systèmes en tant que systèmes [...] Une structure est toujours le produit d'une théorie *a priori* destinée à expliquer un objet-système en tant que système [...] Je ne vois pas que le structuralisme soit autre chose que la recherche de théories applicables à des systèmes conçus en tant que systèmes. En d'autres termes, il s'agit moins d'une méthode que d'une classe de théories dont le caractère spécifique est qu'elles prétendent rendre compte du caractère systématique des objets qu'elles considèrent¹.

2-2-3-8 – La compréhension perspectiviste du « système » à la lumière des réflexions des systémiciens postérieures à la fin des années 1960

Ce n'est en fait qu'à partir de la même période que des structuralistes comme Piaget et Boudon, c'est-à-dire la fin des années 1960, que les systémiciens du nouveau continent, ainsi que leurs homologues soviétiques bientôt suivis des Européens, commencèrent plus largement qu'auparavant à expliciter leur démarche épistémologique. Se multiplièrent dès lors, jusqu'à la fin des années 1980, les remarques et réflexions plus étoffées en direction d'une interprétation explicitement perspectiviste du concept de système qui, comme l'écrivirent certains, acceptaient résolument l'« intentionnalité » de la connaissance systémique, l'idée qu'un système n'est jamais qu'« une partie du monde d'un intérêt immédiat pour nous »² – sans pour autant qu'il soit question, pas plus que chez Bertalanffy, d'y voir l'expression d'une optique phénoménologique à proprement parler. Comme si les vues de ce dernier s'étaient progressivement imposées au point de devenir un bien commun, non d'ailleurs parce qu'elles furent diffusées en tant que telles (elles étaient comme je l'ai dit très mal connues), mais en raison de nécessités intrinsèques d'un domaine de recherche confronté au caractère hétéroclite de ses productions et à la difficulté de s'imposer académiquement.

Parmi les Américains se manifestèrent certaines tentations de radicaliser le perspectivisme dans la direction conventionnaliste d'Easton. Il en va ainsi de Rosen en 1968 :

L'identification des propriétés systémiques en physique et en biologie n'a qu'un caractère conventionnel et subjectif, et non le caractère objectif souvent supposé³.

La description que nous utilisons dépend entièrement des aspects du comportement du système auxquels nous nous intéressons ; i.e. de la manière dont nous interagissons avec le système⁴.

Le volume XVI des *General systems yearbooks* fut inauguré trois ans plus tard par un exposé de la nécessité d'une ontologie constructiviste sur la base de ce que ses auteurs appelaient l'ubiquité du « principe d'équivocité dans la pensée systémique » (parfaitement en phase avec la référence récurrente de Bertalanffy à Héraclite et au Cusain), ainsi que d'une reprise de la dialectique de la « forme » et du « fond » chère aux théoriciens de la *Gestalt* :

Nous vivons dans un univers ambidextre, ou équivoque, dans lequel il y a pour ainsi dire une réponse gauchère aussi bien qu'une réponse droitère, toutes les deux également valides, à chaque problème que nous rencontrons [...] Un système est tout ensemble de variables que nous choisissons d'abstraire de toutes les variables du monde. Toutes celles qui ne sont pas choisies dans cet ensemble deviennent des paramètres du système. Un système est donc un objet de pensée auquel nous donnons une existence en l'abstrayant de son fond, le vide – de même que le sculpteur abstrait une statue d'un bloc de marbre⁵.

¹ *op. cit.*, p. 81, p. 94, pp. 122-123, p. 159 et p. 189.

² White J.D. (1976), p. 28 et Weinberg G.M. (1972), p. 123 respectivement.

³ Rosen R. (1968a), p. 481.

⁴ Rosen R. (1969b), p. 184.

⁵ Walter R.I. & Walter N. (1971), p. 4 et p. 11.

Mais c'est sans doute Gaines qui, dans la même revue, formula en 1979 la formule la plus saisissante du point de vue ontologique :

Un *système* est ce qui est distingué comme un système [...] Distinguer une certaine entité comme étant un système est un critère nécessaire et suffisant pour qu'il en soit un, et ceci ne vaut que pour les systèmes : distinguer une certaine entité comme étant n'importe quoi d'autre est un critère certes nécessaire, mais pas suffisant pour qu'elle soit cette autre chose¹.

Le sens de cette apparente tautologie fut résumé la même année par une caractérisation de William J. Reckmeyer que Bertalanffy n'aurait certainement pas reniée, à condition d'ajouter, comme le suggérait au fond Gaines, que la « réalité » évoquée ici est *constituée* en système :

Un système devrait être défini comme une construction conceptuelle pour voir la réalité².

C'est toutefois vers Klir qu'il faut se tourner pour voir le mieux développée une épistémologie perspectiviste des systèmes dans la lignée authentique de celle initiée par Bertalanffy, c'est-à-dire naviguant entre le Charybde du réalisme et le Scylla du pur conventionnalisme. Klir se considérait d'ailleurs (et se considère encore) comme un héritier du fondateur du projet « systémologique » cherchant à préciser et développer ce qu'il n'avait souvent fait qu'esquisser. C'est ce qui se dégage en particulier de la riche correspondance que j'ai entretenue avec lui, dont quatre points méritent d'être soulignés ici : d'abord, que c'est d'emblée sous l'influence de Bertalanffy (et d'Ashby) qu'il développa sa conception de la « science des systèmes », alors même qu'il était encore en Tchécoslovaquie ; ensuite, qu'il connut personnellement Bertalanffy et eut beaucoup d'échanges directs avec lui entre 1970 et 1972 ; que c'est donc en toute connaissance de cause qu'il m'a affirmé que Bertalanffy était même alors resté de part en part fidèle à ses conceptions initiales ; et enfin, que tout en refusant de réduire la « systémologie générale » à une simple théorie de la modélisation systémique (comme l'a fait Le Moigne), il s'est déclaré « pleinement d'accord » sur l'idée qu'elle « mène naturellement à une épistémologie constructiviste »³. Sa « distinction fondamentale » entre un « objet » et un « système défini sur cet objet » éclaire par conséquent *a posteriori* le point de vue de Bertalanffy. Klir désignait par « objet » un « segment » du monde phénoménal sur lequel se concentre l'intérêt d'un chercheur, tout en soulignant qu'il ne traite justement jamais de tels « objets », mais de « systèmes », c'est-à-dire d'« abstractions fondées sur des distinctions qu'il opère », qui « reflètent son interaction avec l'objet » et « dépendent fortement du problème qu'il cherche à résoudre ». Il « définit un système sur cet objet », c'est-à-dire, comme l'exprima Robert A. Orchard, « adopte un point de vue sur lui » consistant à le déterminer de manière aussi précise que possible en tant que système conformément à certaines catégories systémiques *a priori* ; une détermination qui passe par le choix d'un « niveau de résolution spatio-temporelle » permettant la définition de ses « éléments » et d'un « ensemble d'attributs associés à un ensemble d'apparences » (« système-objet ») ; par le choix d'un « ensemble de variables associées à un ensemble d'états » (« système-source ») ; et enfin, par un ensemble de relations de « correspondance entre les apparences des attributs et les états des variables assignées », i.e. un « homomorphisme du système-objet sur le système-source »⁴. En conséquence, ce que Klir appelait la « science des systèmes » et que j'appelle « systémologie », constituait pour lui nécessairement, comme pour Bertalanffy, non pas une science à proprement parler, mais une « nouvelle dimension de la science » située à un niveau d'abstraction supérieur :

Chaque système développé comme un modèle d'un certain phénomène dans l'une des sciences traditionnelles représente une connaissance appartenant à cette science. Mais la connaissance en science des systèmes n'est pas de ce type. Elle est plutôt une connaissance concernant les structures de la connaissance, i.e. certaines catégories spécifiques de systèmes. Les objets expérimentaux de la science des systèmes ne sont donc pas des objets du monde réel, mais des abstractions⁵.

¹ Gaines B.R. (1979), p. 1.

² Reckmeyer W.J., in Cavallo R.E. (1979), p. 19.

³ Klir G. (2007), correspondance personnelle.

⁴ Klir G. (1968), pp. 13-15 ; (1969), p. 36 et p. 40 ; (1972), p. 14 ; (1975), pp. 150-151 et (1988), p. 150.

⁵ Klir G. (1988), p. 156.

Que Klir soit issu du « bloc de l'Est » (il ne quitta la Tchécoslovaquie qu'en 1964)¹ influa probablement sur sa manière de concevoir les « systèmes ». Ne doit à cet égard rien au hasard non plus le fait que Bertalanffy se soit à la fin de sa vie beaucoup intéressé aux pensées systémiques développées dans les pays concernés (U.R.S.S., Tchécoslovaquie et l'Allemagne de l'Est), qu'il ait entretenu des correspondances avec plusieurs de leurs systémiciens majeurs et qu'il ait exprimé dans l'une de ses dernières pensées écrites, destinée au systémicien tchèque Jan Kamarýt, son « intention, pour autant que [son] énergie le permette, d'écrire un jour sur les relations entre matérialisme dialectique et systémologie générale », entre lesquels il trouvait des « parallélismes intéressants »². Le fait est que du début des années 1960 à la fin des années 1970 se trouvent maintes contributions substantielles issues du « bloc de l'Est » à la réflexion ontologique et épistémologique sur le projet « systémologique », dont certaines furent publiées après traduction du russe par Rapoport dans certains *General systems yearbooks*. Beaucoup manifestaient un intérêt particulier pour les travaux de Bertalanffy et une convergence consciente et relativement bien informée avec ses conceptions.

La première devant être évoquée ici est un article publié en 1964 par G.P. Shchedrovitzky. Celui-ci y souligna l'importance selon lui essentielle pour les systémiciens d'opérer une nette distinction entre un « objet », compris comme ayant une existence « antérieure à la connaissance et indépendante d'elle », et une « chose connue » que le sujet connaissant lui fait correspondre, qui la « fixe sous forme symbolique ». Les deux n'avaient pas selon lui le même type de « réalité », la même « existence sociale » ni la même structure. En tant que pur « produit de l'activité cognitive », la « chose » obéirait à des lois différentes de celles auxquelles est soumis l'« objet » ; elle ne serait de surcroît pas la seule « chose » à pouvoir correspondre au même « objet », dans la mesure où « elle dépend[rait] non seulement de l'objet reflété, mais aussi de l'intention dans laquelle elle a été formulée en tant que solution à un problème »³. Shchedrovitzky, qui fut (si l'on en croit Dubrovsky) quelques années plus tard le premier à pointer la pertinence de la compréhension kantienne du « système » pour la recherche systémique⁴, comprenait au fond ce qu'il appelait le « système de l'objet » comme ce que Kant avait appelé une « chose en soi », et le distinguait radicalement du « système de la chose connue » (ou « système de la description [de l'objet] »). Certaines de ses formulations tendaient en fait vers un nominalisme :

Le système de l'objet est une chose, le système de description en est une très différente. Il n'y a ni isomorphisme ni relation de représentation entre les deux. Il est aussi important de souligner l'arbitraire considérable de tels systèmes de description relatifs au système de l'objet. Cet arbitraire ne résulte pas tant des particularités objectives du système décrit que de la méthode de description⁵.

Ses réflexions furent poursuivies dans les années 1970 par trois de ses collègues, avec lesquels il publia d'ailleurs certains articles : Blauberg, Sadovsky et Yudin. Et ces derniers exposèrent une conception du « système » qui éclaire au mieux celle de Bertalanffy. Ils n'attendirent pas Dubrovsky pour insister sur l'idée que « la réalité n'est ni systémique ni a-système, seules nos méthodes d'appréhension des objets réels et leurs représentations correspondantes l'étant ou non » ; et surtout, ils ne le firent pas en prétendant opérer de la sorte une rupture avec une prétendue « ontologie réaliste » de Bertalanffy, au contraire⁶. Le seul problème pour eux était, comme pour ce dernier et en des termes quasiment identiques, de savoir quels moyens conceptuels adéquats élaborer afin de « représenter les objets d'étude *comme* des systèmes », c'est-à-dire comment développer une perspective systémique ayant une valeur scientifique ; car comme le remarqua l'un d'entre eux, « nous ne disposons et ne pouvons disposer, au niveau de notre intuition et de l'observation empirique, d'aucun critère strict pour *attribuer la propriété d'un système à un objet donné* », de sorte que tout « système » est nécessairement un « modèle », un « produit de la cognition théorique »⁷ :

L'utilisation d'une approche spécifique dans l'étude scientifique des objets en tant que systèmes n'a commencé que dans la seconde moitié du XIX^e siècle et cette approche ne s'est développée que

¹ *op. cit.*, pp. 146-148

² Lettre de Bertalanffy L. von à Kamarýt J. du 09/06/1972, *Archives du B.C.S.S.S.*

³ Shchedrovitzky G.P. (1964, 1966), p. 32.

⁴ Dubrovsky V. (2004), p. 118.

⁵ Shchedrovitzky G.P. (1964, 1966), p. 38. Voir aussi p. 36.

⁶ Dubrovsky V. (2004), p. 109 et p. 115.

⁷ Sadovsky V.N. (1972), p. 176.

dans la seconde moitié du XX^e. Ceci s'explique non par un changement dans le caractère des objets étudiés, mais par le fait que de nouvelles méthodes spécifiques furent élaborées par la science pour utiliser une approche systémique dans l'étude de ces objets. Il est donc nécessaire de distinguer *l'étude d'un objet-système (complexe)* d'une *étude systémique* d'un tel objet. Dans les limites de différentes tâches et à différents niveaux d'analyse, un objet identique peut être étudié comme un système ou comme un objet a-systémique [...] C'est la raison pour laquelle on ne peut, sans égard pour les modalités de son étude, attribuer à aucun objet en tant que tel le caractère absolu de système ou d'objet a-systémique [...] *Le véritable problème consiste à présenter l'objet d'étude d'une nouvelle manière, à le présenter comme un objet-système*¹.

Des conceptions similaires furent développées en parallèle en France. Le groupe *Systema* y fut fondé en 1972, dans le sillage des travaux de Thom. Convaincus que les contributions de Bertalanffy constituaient « un pas très important » eu égard au développement de leur propre approche (notamment quant au concept de « système ouvert »), ses membres cherchèrent d'ailleurs la même année à entrer directement en contact avec Bertalanffy en lui écrivant – sans suite, puisque celui-ci mourut avant d'avoir pu y répondre². Jacques Eugene, l'un des membres éminents de *Systema*, a bien résumé l'une des idées fondamentales de ce groupe, qui montre bien comment il s'inscrivait, apparemment d'ailleurs sans en avoir conscience, dans la lignée du perspectivisme bertalanffien :

La structure spécifique de l'esprit conditionne toutes les tentatives de connaissance, et c'est la base de l'idée de système [...] Définissant leur approche, les auteurs la nomment *constructiviste*³.

Le Moigne est celui qui a développé cette approche avec le plus de radicalité, dans le sillage de structuralistes tels que Piager et Papert ainsi que d'Edgard Morin, dont il considérait l'affirmation suivante comme l'énoncé par excellence de la problématique systémique :

On a toujours traité les systèmes comme des objets ; il s'agit désormais de *concevoir les objets comme des systèmes*⁴.

La fameuse remarque de Claude Bernard serait « incontournable » :

Nul n'a jamais « vu » de système dans la nature⁵.

Et les systémiciens devraient s'inspirer de la formule « audacieuse » de Berthelot :

La systémique, comme la chimie, crée son objet !⁶

Ils devraient à cette fin pleinement assumer une rupture avec le cartésianisme :

[Le systémicien] ne peut plus proclamer comme Descartes : « ma pensée n'attribue aucune nécessité aux choses ». Percevoir un objet, c'est nécessairement lui attribuer quelques nécessités. Le nier est illusoire : chaque objet, chaque trait de chaque objet, pour nous, n'est pas évident, mais pertinent par rapport à l'intention que nous lui prêtons⁷.

Reprenant à son compte la conception de Simon – dont il fut un traducteur – de la systémique comme « science de l'artificiel »⁸, Le Moigne voyait le « système » comme une construction conceptuelle « artificielle et arbitraire » vouée à structurer l'élaboration, par isomorphisme avec cette construction, de modèles simplement « homomorphes » à des « objets perçus » dont le modélisateur ne sélectionne délibérément que quelques traits⁹. Qu'il ait repris de Bertalanffy, Rapoport et Boulding l'expression « système général » pour désigner cette construction, il en était conscient. Mais il n'était pas assez au fait de leurs écrits et ignora par contre le fait que tout en croyant faire preuve d'originalité, il ne faisait guère ainsi, j'y reviendrai dans mes troisième et quatrième parties, que systématiser leur conception

¹ Blauberger I.V., Sadovsky V.N. & Yudin E.G. (1973), p. 264. Voir aussi p. 253 et p. 260 ; ainsi que Blauberger I.V., Sadovsky V.N. & Yudin E.G. (1980), pp. 15-17, où les mêmes formulations sont reprises.

² Lettre du groupe *Systema* à Bertalanffy L. von du 23/06/1972, *Archives du B.C.S.S.S.*

³ Eugene J. (1981), p. 165. Le terme « auteurs » réfère ici aux membres du groupe *Systema*.

⁴ Morin E. (1977), in Le Moigne J.L. (1977), p. 5. Les italiques me sont propres.

⁵ Le Moigne J.L. (2002a), p. 84.

⁶ Le Moigne J.L. (1982), p. 218.

⁷ Le Moigne J.L. (1977), p. 55.

⁸ Simon H.A. (1969, 1974).

⁹ Le Moigne J.L. (1977), pp. 48-58.

commune du projet « systémologique » – à un radicalisme constructiviste près certes étranger aux fondateurs de ce projet, qui n'auraient pas souscrit, surtout Bertalanffy et Rapoport, à l'évacuation de toute notion d'objectivité que Le Moigne donna en fin de compte à voir.

Au moins en partie pour des raisons linguistiques, les analyses épistémologiques du concept de système les mieux informées de la réalité des idées de Bertalanffy et de ses collègues se trouvent en Allemagne à la même époque que les premiers essais de Le Moigne : chez Lenk et Ropohl, en relation avec la théorie de la modélisation de Stachowiak. Tous deux ont explicitement insisté sur ce que Ropohl appelait « la perspective [*Perspektivität*] de toute description systémique », Lenk renvoyant en réponse à la critique déjà évoquée de Buck des arguments similaires à ceux de Bertalanffy :

Il est évident qu'on a affaire avec le concept de système à un concept *perspectiviste* [...] Presque tout objet peut être interprété en tant que système dans une approche déterminée. Ce qui implique qu'il y a d'autres perspectives qui ne permettent pas une telle analyse à l'aide du concept de système. Le caractère englobant de ce concept [au sens de Buck] n'existe donc pas lorsqu'on prend garde au perspectivisme. Ce dernier a des conséquences considérables pour le caractère de modèle de toute conception systémique¹.

Ropohl insista avec force sur la nécessité de comprendre le concept de système dans le cadre d'une « théorie criticiste de la connaissance » :

Par « système » nous entendons au sens métalinguistique un *modèle formel* à l'aide duquel sont décrits les objets de la connaissance. En conséquence, cela signifie du point de vue d'une théorie criticiste de la connaissance que les systèmes ne sont pas des objets du monde de l'expérience, mais des constructions [...] Les systèmes en tant que tels sont des *instruments cognitifs d'organisation*, non des essences ! Au sens strict, un système n'« est » selon cette conception ni plus ni moins qu'une représentation théorético-système d'un objet ; un système est un modèle que l'homme se fait de la réalité. Et du point de vue de la théorie de la connaissance, les systèmes se distinguent donc comme tous les modèles par trois caractéristiques (Stachowiak) : ils représentent (non au sens de la théorie de la connaissance-copie mais au sens de l'homomorphisme mathématique), réduisent (l'original à quelques attributs) et sont des outils pragmatiques.

Mais contrairement à un Le Moigne, il prit soin de souligner que « l'existence de corrélats réels à nos modèles systémiques n'en est en rien pour autant niée »². Pas plus qu'il ne s'agissait de l'affirmer d'ailleurs, à moins d'avoir une claire conscience de la nature d'une telle affirmation. Lorsque Lenk aborda ce point en critiquant la tendance au « réalisme ontologique » de certains systémiciens, ce fut justement pour subordonner cette existence au point de vue fictionaliste, c'est-à-dire pour la transformer en postulat régulateur conscient, exactement comme Bertalanffy le fit avec tous les jugements métaphysiques :

Le caractère de modèle des conceptions systémiques est clair pour la plupart des systémiciens. Mais il n'est pas toujours bien reconnu que les approches théorético-système ne traitent en définitive que de modèles et de relations entre modèles, que les systèmes ne se présentent pas en tant que tels dans la réalité [...] Il est certain que certaines constances et invariances doivent être présupposées afin que l'on puisse prétendre à une possibilité de reconnaissance – ou plus précisément une possibilité d'application réitérée des modèles systémiques dans des situations qui se correspondent. Mais l'existence de relations dans le monde extérieur qui seraient données de manière indépendante de l'activité de connaissance ne peut qu'être subordonnée au point de vue d'un Comme Si fictif. La philosophie du modèle systémique, comme toute théorie de la connaissance en général, peut au mieux prétendre se fonder par une assertion métaphysique sur le monde, selon laquelle ce dernier possède la propriété que les modèles systémiques, les généralisations scientifiques, les théories, etc. lui sont en pratique applicables avec succès. Ceci ne signifie pas strictement que le monde extérieur manifeste exactement les propriétés telles que les modèles les donnent à voir – nous ne pouvons rien dire à ce sujet, et le faire n'est de surcroît pas nécessaire afin de fonder une application féconde des théories et des modèles à l'explication et à la prévision : le postulat de la « propriété » beaucoup plus abstraite évoquée plus haut suffit à cet égard³.

¹ Lenk H. (1978), p. 241.

² Ropohl G. (1978), p. 32.

³ Lenk H. (1978), p. 259.

Il apparaît clairement ainsi qu'il s'agit d'un malentendu teinté d'ignorance lorsque Werner Ulrich et d'autres tels que Michael C. Jackson proclamèrent à partir du début des années 1980 l'avènement d'une « théorie critique des systèmes » prétendant opérer une rupture radicale avec les approches systémiques antérieures et, comme l'exprima Peter Checkland, « transférer la systémicité du monde vers le processus d'enquête dans le monde »¹. Ils ne firent guère, en effet, que prolonger et systématiser de la sorte l'introduction du criticisme prônée et appliquée à divers degrés par leurs prédécesseurs qui, de Bertalanffy à Lenk, ne firent pas mystère de leur attachement à ce que certains commentateurs récents ont appelé un « paradigme interprétatif reconnaissant qu'un 'système' n'est pas une chose concrète, pas une entité ayant une existence objective dans le monde, mais une construction mentale, un concept abstrait pouvant être actualisé de multiples manières »². Leurs travaux ne manquent d'ailleurs pour cette raison même pas d'intérêt, en particulier ceux d'Ulrich sur la question de la délimitation des frontières d'un « système », c'est-à-dire en définitive d'une situation problématique ; s'imposait pour lui l'introduction de « jugements de frontière » [*boundary judgement*], à comprendre comme des propositions empiriques *a priori* :

Chaque fois que nous appliquons le concept de système à une certaine portion du « monde réel », nous sommes contraints de faire de fortes hypothèses *a priori* sur ce qui doit appartenir au système en question et ce qui appartient à son environnement. Nous appelons de telles hypothèses des jugements de frontière [...] Le problème avec eux est qu'il n'existe rien de tel que des hypothèses de frontière « objectivement nécessaires » ou valides, et que toutes les études subséquentes du « problème » et les suggestions destinées à « progresser » dans sa résolution dépendent d'elles³.

Gerald R. Midgley a bien souligné le caractère central et prioritaire de ce problème de la définition des frontières dans l'inspiration de la « théorie critique » et les dangers épistémologiques encourus en l'absence d'optique criticiste, tout en négligeant allègrement les réflexions en ce sens qui l'avaient précédée dès les années 1950 :

Dans la recherche systémique critique, deux besoins sont soulignés en particulier : d'abord celui d'être critique sur la définition des frontières d'un système, et ensuite le besoin d'établir des frontières à l'intérieur desquelles une critique peut être menée.

La pensée systémique sans l'idée critique peut aboutir à un « durcissement des frontières » où des hypothèses destructrices restent non remises en question parce que les frontières du système sont considérées comme absolues⁴.

Aussi élaborée qu'ait pu être cette « théorie critique », et quels que soient ses mérites par ailleurs, rien ne justifie d'y voir une innovation majeure et encore moins de l'opposer aux conceptions des fondateurs du projet « systémologique ».

2-2-3-9 – L'émergence et la stratification du « réel » dans un cadre perspectiviste

Des considérations analogues à celles qui précèdent concernant le concept de « système » en tant que tel peuvent être effectuées à propos de ceux d'« émergence », de « niveaux d'organisation » et de « stratification » ou de « hiérarchisation » du « réel ».

Dans une lettre datée de 1966, Bertalanffy écrit à son correspondant qu'il « admet[tait] le principe d'émergence s'il est identifié à l'apparition de nouvelles 'relations d'organisation' et s'il est libéré de toute implication métaphysique telle qu'on en trouve dans le holisme de Meyer-Abich »⁵. C'était en pleine cohérence avec sa conception en fait explicitement non-émergentiste du système déjà discutée, qui récusait toute identification de l'« être » de ce dernier à autre chose que la « somme » de ses « éléments » et de leurs « relations », et qui l'amena par extension à récuser aussi toute conception du « niveau » d'organisation comme une réalité émergente à proprement parler, c'est-à-dire comme l'apparition de propriétés à jamais inexplicables au moyen de celles des « niveaux inférieurs » et devant donc, comme Lloyd Morgan l'avait affirmé, être admise par un pur acte de foi :

¹ Checkland P. (1983), in Jackson M.C. (1989), p. 75.

² Flood R.L. & Robinson S.A. (1989), p. 65 et Jackson M.C. (1989), p. 75. Voir aussi Lenk H. (1995), pp. 57-59.

³ Ulrich W. (1983), in Georgiou I. (2000), p. 392.

⁴ Midgley G.R., respectivement (1992) et (1995), in Georgiou I. (2000), pp. 392-393.

⁵ Lettre de Bertalanffy L. von à Bendmann A. du 31/03/1966.

Les propriétés et modes d'action des niveaux supérieurs ne sont pas explicables à partir de la sommation des propriétés et modes d'action *de leurs seuls composants étudiés et connus à l'état isolé*. Mais si l'on connaît *l'ensemble* des composants réunis et de *leurs relations mutuelles*, alors les niveaux supérieurs sont déductibles de leurs composants¹.

Il put certes affirmer qu'« il ne fait aucun doute que la notion d'émergence est essentiellement correcte », dans le contexte d'une discussion de la pertinence de la partition du « réel » en divers « niveaux » d'organisation et de complexité². Mais l'adverbe « essentiellement » est ici à la fois trompeur et révélateur : il s'agissait non pas de poser une stratification du « réel » en niveaux ontologiques autonomes, radicalement distincts et « irréductibles » aux « niveaux inférieurs » au sens réaliste d'un N. Hartmann, mais, comme je l'ai déjà mis en évidence, d'affirmer qu'une telle stratification est un *principe* régulateur nécessaire, une « maxime indispensable de la recherche »³ qui se justifie à la fois pragmatiquement et, j'y reviendrai au 3-1-4-5, éthiquement (eu égard à l'autonomie de la « strate » humaine par rapport à ses déterminants physiques et biologiques). Le trait néo-criticiste de l'approche bertalanffyenne de cette question se manifeste très bien si l'on considère l'ensemble des réflexions qu'il y a consacré, de sa thèse doctorale jusqu'à la fin des années 1960.

Un motif perspectiviste se manifesta d'emblée et de deux manières dans sa réflexion initiale sur les « niveaux supérieurs d'intégration ». En premier lieu lorsqu'il expliqua que la connexion ou la séparation spatiales, parce que liées à « notre perspective trop humaine », c'est-à-dire aux modalités spécifiques de notre perception, ne peuvent en aucun cas être tenues pour des critères nécessaires afin de pouvoir ou non conférer à une entité donnée un caractère d'« individualité », c'est-à-dire de la considérer comme un système. N'importait pour lui que la possibilité de dégager certaines invariances dans la structure globale des relations entre ses « composants » – par exemple le maintien d'un « pseudo-équilibre dynamique », ou « équilibre de flux », entre les intrants et les extrants, et l'existence de rapports constants entre certains paramètres quantitatifs déterminant son occurrence. C'est en ce sens aussi qu'il put affirmer dès 1932 que « l'individualité n'est pas une description de choses concrètes, mais un concept »⁴. Il rejoignait d'ailleurs les vues de Spencer à ce sujet, qui avait cherché en ces termes à justifier son approche de la société en tant qu'entité « individuelle » :

C'est la permanence des relations entre parties composantes qui constitue l'individualité d'un tout en tant que distincte des individualités de ses parties⁵.

L'argument était destiné chez Bertalanffy à rendre pertinente la vision « régulatrice » d'un monde ordonné en strates de « formations systémiques ».

Le second moment perspectiviste de ses considérations à ce sujet a déjà été évoqué au 1-4-7-1 et joua un grand rôle dans la connexion précoce qui s'opéra chez Bertalanffy entre les concepts de système et de modèle. Il s'agit de l'influence de l'idée de Fechner selon laquelle « une connaissance vraiment exacte des intégrations supérieures est impossible ». C'était pour le Viennois l'expression d'une sorte de « loi de la perspective » : parce qu'elles l'englobent en tant que « composant », les « intégrations d'ordre supérieur » à l'homme sont d'un accès à une connaissance objective et « exacte » beaucoup plus difficile que celles « d'ordre inférieur »⁶. Difficile certes, mais pas impossible : toute l'œuvre de Bertalanffy fut justement vouée à le montrer. Mais il en retira au moins la conviction qu'une telle connaissance passe par des procédures épistémologiques spécifiques où le raisonnement analogique, pour autant qu'il s'appuie sur des correspondances structurales rigoureuses, joue un rôle majeur.

C'est surtout à partir de la question de la réductibilité des lois biologiques à celles de la physique et de la chimie que Bertalanffy développa très tôt une réflexion originale, qui constitue l'une des plus marquantes expressions de son perspectivisme. Dans la mesure où le biologiste se fixe comme objectif la connaissance de l'*ordre* des processus organiques, de ce qui caractérise l'organisme vivant par rapport à l'organisme mort, tandis que l'analyse physico-chimique du vivant fait d'emblée

¹ Bertalanffy L. von (1949e), p. 140.

² Bertalanffy L. von (1956a), p. 33.

³ Bertalanffy L. von (1951b), p. 343.

⁴ Bertalanffy L. von (1926a), pp. 51-59; (1932b), pp. 270-282; (1937b), pp. 57-58; (1940a), p. 11 et p. 72.

⁵ Spencer H. (1897), in Buckley W. (1967), p. 43.

⁶ Bertalanffy L. von (1926a), pp. 27-28 et p. 87.

abstraction de cet ordre, c'est-à-dire de l'existence éventuelle de relations « constitutives » entre les composants ou processus organiques qu'elle prend pour objet, toute controverse était selon lui vaine quant à la question de savoir si les connaissances que ce biologiste tirera de ses recherches, peuvent être « réduite » à celles de la physique et de la chimie : les deux types de connaissance seraient d'ordres différents, elles seraient l'expression de perspectives complémentaires. Bertalanffy, qui exposa ces vues dès la fin des années 1920 et surtout en 1932, a dès cette époque et toujours par la suite affirmé qu'on ne peut pas nier *a priori* la possibilité que tous les phénomènes biologiques soient « en dernière analyse » déductibles de principes et de lois physico-chimiques. Mais, et là est l'argument central que je réexaminerai aux 2-3 et 2-6, une telle possibilité, pour que la complexité de l'objet biologique ne la repousse pas dans un futur « inscrutable », n'était pour Bertalanffy envisageable que par un « élargissement » catégorial, conceptuel et théorique des sciences physico-chimiques, puisque leurs cadres existants n'ont pas été développés en relation avec les problèmes spécifiques de la biologie. Et tant qu'un tel « élargissement » n'avait pas été réalisé, une autonomie conceptuelle, logique et méthodologique de la biologie demeurerait pour lui justifiée, d'autant plus qu'il voyait ses fruits susceptibles de contribuer à l'« élargissement » en question¹. Bertalanffy systématisa sa position à ce sujet en 1949, ne laissant planer aucun doute sur ses positions :

Bien plus que sur un mode réductionniste, l'intégration de nouveaux phénomènes, en particulier ceux concernant l'organisation, s'accomplit sous la forme d'une synthèse dans laquelle des domaines à l'origine séparés fusionnent en un domaine unifié ; et ceci ne découle pas d'une simple application de principes donnés une fois pour toutes et d'une simple dérivation des domaines supérieurs à partir des domaines inférieurs : ces derniers revêtent eux-mêmes dans ce processus de nouveaux aspects. Ceci peut être interprété en un sens réaliste et en un sens épistémologique [...] Mais l'interprétation réaliste ou métaphysique méconnaît le sens de la science de la nature².

Comme l'exprima bien son collègue Ungerer, la différence avec le holisme et l'émergentisme tenait ici au fait d'éviter de faire reposer la science sur une interprétation métaphysique particulière et définitive de la réalité, et d'opérer plutôt une délimitation ontologique des différentes « strates » de l'être purement provisoire en maintenant ouvert le problème de l'explication pour chacune d'entre elles³. L'influence du positivisme (ou de l'empirisme) logique est ici indéniable. Ne serait-ce que parce que (j'y reviendrai au 2-3) celle de Reichenbach fut reconnue par Bertalanffy en 1932. Même si elles sont plus tardives, on peut aussi s'en convaincre en évoquant certaines réflexions de Nagel tout-à-fait conformes à l'esprit de celles du Viennois. Tandis que d'autres, dans le contexte des controverses en sciences sociales autour de la justification de l'« individualisme méthodologique », persistaient dans des oppositions en fin de compte dogmatiques⁴, Nagel fit en effet de l'émergence un problème de cadre théorique de référence logiquement incomplet. Il remarqua que « la distinction entre les tous qui sont la somme de leurs parties et ceux qui ne le sont pas est *relative à une certaine théorie postulée* en termes de laquelle l'analyse du système est entreprise »⁵. Et que le « point logique essentiel » de la doctrine de l'émergence est en fin de compte l'idée que la conclusion d'une déduction valide ne peut contenir une expression n'apparaissant pas dans les prémisses, de sorte que l'existence d'une propriété dite « émergente » ne peut être dérivée de prémisses ne contenant aucune référence à cette propriété ; un point logique qui vaut toutefois pour tous les domaines scientifiques, dont la physique, et qui indique non pas l'existence de propriétés devant être acceptées par un « acte de foi », mais tout simplement la nécessité d'acquiescer par la recherche les informations suffisantes afin d'être en mesure de réaliser une telle dérivation⁶.

C'est en 1966, dans une réponse acérée à des critiques réductionnistes il est vrai bien mal informées de son approche systémique des sciences humaines par le philosophe américain John Lachs,

¹ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 99-100 et pp. 112-115.

² Bertalanffy L. von (1949e), p. 141. Voir aussi p. 145, p. 151 et p. 162.

³ Ungerer E. (1942), pp. 83-84.

⁴ Voir par exemple Brodbeck M. (1958), pp. 19-20. L'auteur distinguait « émergence descriptive » (occurrence d'une propriété de groupe non définissable en termes d'individus) et « émergence explicative » (loi de comportement de groupe dont les termes sont définis individuellement mais qui restent non dérivables des lois régissant les comportements individuels). La thèse était le rejet du premier type d'émergence n'impliquant pas celui du second type, qui reste une question de fait : l'individualisme méthodologique devrait se limiter au rejet de l'« émergence descriptive ». Pourquoi ce rejet s'impose-t-il dans une optique purement méthodologique, l'auteur ne l'a pas expliqué.

⁵ Nagel E. (1955, 1965), p. 235 et (1961), p. 390.

⁶ Nagel E., in Phillips D.C. (1976), pp. 14-15.

que Bertalanffy a exprimé avec toute la clarté requise sa compréhension essentiellement perspectiviste des concepts d'émergence et de stratification ; en la connectant au rôle des théories et des modèles, il a de surcroît fourni à cette occasion un éclairage essentiel sur le caractère profondément critique de ses concepts d'isomorphisme et de « système général », ainsi que de la vocation unificatrice qu'il leur assignait. De sorte que sa réponse à Lachs fut probablement aussi la meilleure qu'il donna à tous ceux qui furent tentés de voir dans son projet d'« unité formelle de la science » une métaphysique déguisée, alors que la thèse proprement cosmologique sur l'ordre hiérarchique et systémique du monde n'y fut jamais pour lui qu'un idéal régulateur non dérivable d'énoncés « positifs »¹ :

Que des « événements » soient ou non « irréductibles » ne dépend pas d'un quelconque caractère intrinsèque de ces événements (que nous ignorons), mais des catégories que nous appliquons. Aussi, il peut bien y avoir des événements qui sont irréductibles dans un cadre catégoriel et qui permettent néanmoins une « hypothèse moniste » dans un autre [...] En adoptant le « postulat du réductionnisme », mon critique manque tout simplement le rôle des modèles en science, qui est précisément de présenter des « constructions généralisées » unifiant des concepts qui demeurent sinon « irréductiblement différents » [...] La « découverte » en science signifie essentiellement celle de nouvelles catégories, d'un nouveau « code » applicable à des univers de discours auparavant « irréductibles »².

Ces réflexions, selon moi parmi les plus importantes que Bertalanffy ait écrites, sont une pierre de plus dans le jardin des prétendus instigateurs de la « théorie critique des systèmes ». D'autant plus qu'il apparaît d'une part comme l'un des tout premiers à avoir formulé cette conception de la problématique émergentisme-réductionnisme. Et d'autre part que même ceux qui, parmi ses contemporains et successeurs, ont à ce sujet exprimé des vues similaires (souvent indirectement, à propos de la notion de « complexité »), n'ont dans le meilleur des cas rien dit de plus – ni même, contrairement au cas du concept de « système », de mieux – tout en ayant une fâcheuse tendance à s'abstenir de se référer les uns aux autres.

Boulding apparaît comme le premier chronologiquement. Dans un article publié en 1956 qui fit par la suite référence dans la littérature systémique, l'économiste exposa un « arrangement des systèmes et constructions théoriques dans une hiérarchie de complexité correspondant à la complexité des 'individus' traités dans les différentes disciplines empiriques », ce qu'il appela aussi un « système de systèmes ». De cette hiérarchie que je discuterai plus en détail au 4-1-2-4, il faut retenir ici qu'il ne s'agissait aucunement d'une esquisse métaphysique telle que l'ordre hiérarchique de la monadologie leibnizienne, mais de ce que Boulding appela aussi un « arrangement de 'niveaux' de discours théoriques », destiné à « développer un niveau d'abstraction approprié à chaque discipline »³. Un arrangement essentiellement perspectiviste, donc, Bertalanffy ayant d'ailleurs toujours souligné qu'on ne peut véritablement établir de solution de continuité entre les « niveaux » ainsi distingués dans « l'ordre hiérarchique du monde »⁴. Remarquons qu'Eugene P. Odum, très influencé par Bertalanffy, souligna vingt ans plus tard dans le même esprit que « la hiérarchie des niveaux d'organisation est continue » et que « les divisions qui y sont faites sont arbitraires, établies pour des fins de commodité et pour faciliter la communication »⁵. Boulding reconnut par la suite que son article devait beaucoup à Bertalanffy à la suite de longues discussions qu'il avait eues avec lui en 1955-1956, au point que les idées qu'il y avait exprimées étaient autant celles de ce dernier que les siennes⁶.

Ashby semble quant à lui avoir précédé (de quatre ans) Bertalanffy dans l'explicitation d'une compréhension perspectiviste de l'émergence, plus précisément (mais le résultat est le même compte tenu de la manière dont il comprenait ce concept) en discutant ce qu'il appelait « la relativité de l'organisation ». Qu'il l'ait fait dans un colloque auquel assistait Bertalanffy n'implique pas que ce dernier s'en soit inspiré – compte tenu de ses vues largement antérieures à ce sujet – mais on peut penser qu'il fut en retour incité à préciser ses propres vues. On remarquera au passage qu'Ashby

¹ Comme exemples d'interprétation erronée : Müller K. (1996), p. 241 ; Phillips D.C. (1976) ; Lilienfeld R. (1976) ; Dubrovsky V. (2004).

² Bertalanffy L. von (1966b), pp. 133-135. Les italiques me sont propres. Les guillemets réfèrent à des expressions utilisées par Lachs.

³ Boulding K.E. (1956b), pp. 13-14 en particulier.

⁴ Bertalanffy L. von (1937b), pp. 19-60 et (1940a), pp. 11-21.

⁵ Odum E.P. (1976), p. 2.

⁶ Boulding K.E. (1977), p. 6.

n'était pas plus que Bertalanffy exempt d'ambiguïté concernant la « réalité » des systèmes, lui que nous avons vu ailleurs affirmer n'utiliser le terme « système » qu'en référant à une abstraction :

L'« organisation » est en partie dans l'œil de l'observateur [...] Qu'un système réel soit ou non organisé ou réductible dépend en partie du point de vue adopté par l'observateur¹.

Quelques années plus tôt, il avait déjà discuté directement le concept d'émergence en tant que tel, considérant comme l'expliqua Nagel après lui que qualifier d'« émergente » une propriété d'un système ne réfère qu'à l'absence des connaissances nécessaires afin de la dériver de celles de ses parties (et, ce qui reste ici implicite, de leurs relations) :

La prédiction du comportement du tout peut être fondée sur une connaissance complète ou incomplète de ses parties [...] Lorsqu'elle est complète, la prédiction peut aussi l'être, et aucune propriété supplémentaire ne peut émerger. Néanmoins, la connaissance n'est souvent pas complète, pour une raison ou pour une autre. La prédiction doit alors être entreprise sur une base de connaissance incomplète. Parfois, tout ce qui est connu des parties est que chacune a certaines caractéristiques. Il peut ne pas y avoir de meilleure manière de prédire que d'utiliser une simple extrapolation – prédire que le tout s'y conformera. Parfois ceci se révèle justifié [...] Mais souvent la méthode échoue, et une nouvelle propriété peut, si cela nous plaît, être qualifiée d'« émergente »².

La même année qu'Ashby eut formulé cette relativisation de la notion d'émergence, Simon exprima une relativisation analogue à propos de celle, connexe, de « complexité », en la liant au cadre théorique utilisé pour la description d'une structure ; l'expression « système complexe » se trouvait donc chez lui relative à un mode de représentation spécifique. Ici encore, on relèvera toutefois l'ambiguïté ontologique des expressions :

Il dépend essentiellement de la façon dont nous la décrivons qu'une structure soit simple ou complexe. La plupart des structures complexes existant dans le monde sont extrêmement redondantes et nous pouvons utiliser cette redondance pour simplifier leur description. Mais pour l'utiliser et donc pour réussir la simplification, nous devons découvrir la bonne représentation³.

Lars Löfgren n'affirma pas autre chose des années plus tard :

La complexité d'un système est une propriété qui dépend de la manière dont il est décrit⁴.

Rosen rejoignit parfaitement et consciemment Bertalanffy lorsqu'il reprit cette idée en la reformulant dans une optique impeccablement perspectiviste, tout en la complétant :

La complexité est en général vue comme une propriété intrinsèque de certains types de systèmes ou, au moins, comme une propriété d'une description spécifique de tels systèmes. La vision de la complexité que je développe ici est différente ; à savoir que la complexité reflète la nécessité de multiples modes de description d'un système. Et que ceci dépend à son tour du nombre de manières dont nous pouvons effectivement interagir avec un système, et ultimement du nombre de sous-systèmes distincts que les techniques d'observation disponibles nous rendent accessibles⁵.

L'émergence serait quant à elle précisément une conséquence du caractère simplement surjectif de l'application de tout « prototype » vers l'un de ses modèles :

Je vois l'émergence comme le corollaire inévitable de la plus grande richesse de capacités d'interaction dans un système réel qu'il n'y en a dans toute abstraction de ce système. Les déviations successives entre le comportement d'un modèle *M* et un prototype *S* fournissent le fondement de la compréhension de l'émergence. L'émergence a toujours été une énigme parce qu'il apparaît que de nouvelles propriétés systémiques surgissent essentiellement de nulle part. Néanmoins, ces nouvelles propriétés tiennent toujours précisément leur fondement des degrés de liberté nécessairement présents dans une réalisation *S* mais absents dans le modèle *M* que *S* réalise.

¹ Ashby W.R. (1962), pp. 258-259.

² Ashby W.R. (1956), pp. 110-111.

³ Simon H.A. (1962, 1969, 1974), p. 139.

⁴ Löfgren L. (1978), p. 88.

⁵ Rosen R. (1977a), p. 227

On devrait reconnaître que les propriétés émergentes sont constituées par la perte des propriétés qui nous ont initialement permis de considérer *S* comme une réalisation de *M*¹.

Beaucoup plus récemment, deux systémiciens peuvent enfin être remarqués comme ayant de nouveau exprimé une conception perspectiviste analogue de l'émergence et de la complexité. Il s'agit d'abord de Gerald M. Weinberg, en 2001 :

Des systémiciens parlent de propriétés « émergentes » d'un système, de propriétés qui n'existaient pas dans les parties mais se trouvent dans le tout. D'autres attaquent cette idée en disant que ces propriétés ne sont qu'un autre nom pour une essence vitale [...] Les deux arguments sont justes, mais problématiques car ils parlent en termes absolus comme si l'« émergence » était une substance dans le système plutôt que des relations entre un système et un observateur. Des propriétés émergent pour un observateur particulier lorsqu'il n'a pas pu prédire leur apparition. Nous pouvons trouver des cas où une propriété est émergente pour un observateur et prédictible pour un autre. En reconnaissant l'émergence comme une relation entre l'observateur et ce qu'il observe, nous comprenons que des propriétés émergeront lorsque nous associons des systèmes complexes².

Quant à Le Moigne, par un mouvement remarquable et, semble-t-il, inconscient qui tient toutefois en partie à l'influence explicite de Simon (ainsi que de Heinz von Foerster), il est l'année suivante parvenu dans l'exposé systématique de son constructivisme à des conclusions que l'on serait bien en peine, y compris au niveau du vocabulaire utilisé, de distinguer de celles de Bertalanffy ; elles montrent *a contrario* l'originalité de ce dernier :

Bien des phénomènes initialement perçus complexes (quasi inintelligibles ou non correctement représentables) semblent devenir soudainement compréhensibles dès lors que les modélisateurs « changent de codes » pour les décrire, ou pour décrypter le code par lequel ils les lisent [...] Il nous faut admettre que *la complexité d'un système n'est pas nécessairement une propriété de ce système, mais une propriété de la représentation actuellement disponible de ce système*, lui-même décrit dans un ou plusieurs codes (ou langages), notre représentation de la complexité se transforme, et avec elle les modes d'appréhension que nous pouvons en donner [...] *La complexité est entendue dans le code, et non « dans la nature des choses » [...] Elle réside dans le modèle que l'observateur se construit du phénomène qu'il tient pour complexe*. Et puisque c'est l'observateur qui choisit le code (les schèmes d'encodage) par lequel il modélise ce phénomène, la complexité devient une propriété du système – lui-même complexe – constitué par l'observateur modélisant le (et conjoint au) modèle qu'il construit (qu'il « encode »). *La complexité n'est dès lors plus une propriété du système observé, mais du système observant*³.

2-2-3-10 – Vers une herméutique « systémologique »

L'aboutissement du perspectivisme de Bertalanffy, dont tout ce chapitre n'a fait qu'exprimer les conséquences logiques, fut une extraction du holisme du domaine de la métaphysique marquée par la promotion inédite de la notion de « système » en catégorie générale d'intelligibilité du réel. Ce qui signifie aussi que, plus profondément encore que comme une science « exacte » des systèmes, sa « systémologie générale » doit se comprendre comme un *projet herméutique*.

Cette caractérisation, que je me propose ici de justifier, renvoie naturellement à l'opposition problématique effectuée par Dilthey entre « expliquer » et « comprendre », et ce en deux sens. Le premier a déjà été brièvement discuté au 1-4-7-6. Il tient au lien profond entre « compréhension » et logique holistique, qui explique certainement au moins en partie l'importance de Dilthey dans la réaffirmation des droits de cette dernière dans le monde germanophone au cours du premier tiers du XX^e siècle (et, en particulier, les références qu'y fit Bertalanffy). Rickert a bien remarqué que le concept de compréhension est indissociable de la problématique du sens⁴ ; qu'il désigne toujours la saisie d'un sens, d'une signification – et, dans les « sciences de l'esprit » telles que conçues par Dilthey, la reconstruction de ce dernier à partir de ses objectivations. L'essentiel ici étant, comme le souligna Dilthey lui-même, que cette saisie peut être interprétée comme un processus de type holistique, mais aussi que réciproquement, toute forme holistique de pensée peut être vue comme une

¹ Rosen R., respectivement (1977a), p. 231 et (1977b), p. 509.

² Weinberg G.W (2001), in Larses O. & El-Khoury J. (2005), p. 34.

³ Le Moigne J.L. (2002a), pp. 196-198. Voir aussi p. 183 et p. 211. Les italiques me sont propres.

⁴ Voir par exemple Rickert H. (1915, 1997), p. 228. Voir aussi Gens J.C. (2002), p. 43, pour le point qui suit aussi d'ailleurs.

quête de sens. La réflexion d'Anderle, soulignée par Bertalanffy au cours de ses lectures, selon laquelle « avoir du sens, c'est s'intégrer à un contexte relationnel plus large, englobant », c'est-à-dire aussi « être intégré à une structure », est ici décisive¹. « Comprendre » un phénomène consiste dans cette optique à saisir comment il émerge d'autres phénomènes sous-jacents et s'intègre à son tour dans une totalité de phénomènes avec lesquels il peut être mis en relation, qui lui confère une *signification* ; c'est-à-dire encore, à pouvoir l'insérer dans une hiérarchie du « réel », à le situer dans un cosmos constitué d'un « emboîtement » de niveaux d'organisation :

De purs « éléments », des faits singuliers et particuliers, n'ont aucun « sens » en tant que tels, même s'ils sont compliqués [...] En réponse à la question du sens, on se voit chaque fois renvoyé à une telle structure de type statique ou dynamique sur-ordonnée, au fait que cette réponse *présuppose* l'appréhension d'un tel complexe, qu'elle en est nécessairement dérivée [...] On ne peut parler de sens que lorsque et dans la mesure où un domaine d'objets est soumis à des structures *holistiques*².

Apostel formula la même idée lorsqu'il affirma en 1970 que l'époque appelait une « théorie générale des systèmes » qui permettrait de « faire se rejoindre le désir d'expliquer et de comprendre, l'analyse et l'herméneutique » en tant qu'« opération qui découvre des sens » :

La découverte du sens est toujours l'insertion dans un ensemble plus vaste, dans une totalité ordonnée³.

Des expressions de ce lien se trouvent dès les années 1930 chez des représentants majeurs d'une biologie holistique qui ont de surcroît en commun de s'être tous référés à Bertalanffy et de l'avoir influencé en retour. Non pas dans la perspective d'un vitalisme refusant à la biologie le caractère de pure « science de la nature » et prônant, au motif de la nécessité d'y introduire des catégories historiques et d'une apparente téléologie de ses objets, un rapprochement logique et méthodologique entre biologie et « sciences de l'esprit » qui permettrait d'« interpréter les manifestations de la vie comme des documents »⁴. Mais au contraire en connexion avec la réflexion sur la possibilité de faire de la « totalité » une catégorie formelle sans pour autant introduire une téléologie de type vitaliste, à laquelle Bertalanffy, en réduisant la téléologie d'un événement partiel à l'expression de sa contribution à l'accomplissement d'une « loi intégrale » de conservation du « tout », apporta (à la suite d'Ungerer) une contribution très importante :

La partie n'a de « valeur » ou de « signification » qu'à l'intérieur du tout. Mais ce sont là des concepts libres de toute téléologie ; ce ne sont que des abstractions synthétiques⁵.

Par « signification », je comprends l'influence qu'une partie a sur la performance d'un « tout » [...] L'opposition entre causes efficientes et causes finales n'a pour moi aucun sens. La causalité et la théorie de la signification (autrefois appelée téléologie) ne s'excluent pas mutuellement⁶.

On ne peut connaître la signification d'une partie que lorsqu'on a déjà appréhendé les traits principaux du tout⁷.

Dans un organisme, un événement partiel donné est *significatif* de quelque chose d'autre que lui-même. La caractérisation d'une partie donnée dépend de celle d'autres parties, et d'autres parties dépendent de même de cette partie. Tout ceci est embrassé par le concept d'organisation⁸.

Le même lien fut établi en 1941 dans la « logique des systèmes » d'Angyal, lorsque celui-ci opposa psychologies « explicative » et « compréhensive ». Il distingua en effet en ces termes la « pensée relationnelle », comprise en tant que simple recherche d'une connexion directe entre deux objets, et la « pensée systémique » :

¹ Anderle O.F. (1960), p. 144. Le passage complet a déjà été cité dans ma première partie, au 1-4-7-6.

² *op. cit.*, p. 145 et p. 147. Ces passages furent eux aussi soulignés par Bertalanffy.

³ Apostel L. (1970), p. 170.

⁴ Voir Radl E. (1927), pp. 135-145.

⁵ Jordan H.J. (1932), p. 487.

⁶ Jordan H.J. (1935), p. 106.

⁷ Alverdes F. (1937), p. 168.

⁸ Woodger J.H. (1929), p. 437 (et p. 245).

La différence entre explication et compréhension est probablement que la première réfère à la pensée relationnelle tandis que la compréhension réfère à la pensée systémique [...] Dans la pensée systémique, la tâche n'est pas de trouver des relations directes entre membres, mais de trouver le système sur-ordonné dans lequel ils sont connectés ou de définir la valeur positionnelle de ces membres relativement au système sur-ordonné¹.

Le second sens rapprochant le projet « systémologique » de la problématique de l'opposition entre « expliquer » et « comprendre » tient aux arguments utilisés par Dilthey afin de justifier la spécificité de la méthode herméneutique des « sciences de l'esprit ». À savoir d'une part que dans ces dernières, le chercheur est acteur de l'univers humain qu'il cherche à appréhender, qu'il vit en quelque sorte « dans son objet » ; et d'autre part qu'il s'agit pour lui de reconstruire une « intériorité » de ces objets « à partir de signes donnés de l'extérieur par les sens » (ce qu'il appelait « compréhension » à proprement parler)². Or, ces deux aspects de la réflexion de Dilthey se retrouvent, certes transposés, chez Bertalanffy. Le premier en ce que son perspectivisme, récusant déjà de ce point de vue la dichotomie diltheyenne, généralisait y compris aux « sciences de la nature » l'idée que l'observateur et ce qu'il observe forment un système, le chercheur vivant donc *toujours* dans son objet³. Et le second en ce que le principe de la « systémologie générale » était de prendre pour objet non les « choses » elles-mêmes mais *l'étude* systémique de ces « choses », de sorte que sa vocation était de fournir les moyens conceptuels d'une construction de leur « systémicité » « à partir de signes donnés de l'extérieur par les sens », le systémicien trouvant dans son propre fond les moyens de constituer en un ordre significatif des faits en soi dépourvus de signification – en particulier de rendre accessibles à la science, par-delà l'intuition vague, ces « intégrations d'ordre supérieur » à l'ordre humain que Fechner avait décrétées inconnaissables. Ces traits herméneutiques furent bien suggérés par Boulding :

Lorsque nous nous tournons vers le niveau humain et sociétal, une chose curieuse se produit : le fait que nous avons une voie intérieure et que nous-mêmes sommes des systèmes étudiants, nous permet d'utiliser des systèmes que nous ne comprenons pas réellement⁴.

Lenk et Le Moigne ont plus récemment redécouvert cet aspect essentiel. Le premier a vu dans l'interprétation « l'activité épistémologique fondamentale » : la pensée scientifique en général, au premier chef la pensée systémique, devrait être comprise comme une « projection constructive » faisant usage de « schémas » qui ne sont autres que des « procédures interprétatives »⁵. Le Moigne s'est quant à lui approprié en des termes voisins la dichotomie diltheyenne en opposant une « modélisation analytique » exprimant une « voie explicative », qui serait privilégiée par les positivismes ; et une « modélisation systémique » exprimant une « voie herméneutique de la production de connaissance ». Son « précepte téléologique », l'un des quatre par lesquels il a caractérisé son « nouveau discours de la méthode », était pour lui un aspect crucial de la transition de l'« axiome d'objectivité » à celui de « projectivité » :

C'est le projet du modélisateur qui, cherchant à interpréter les perceptions qu'il se construit (ou qu'il modélise) du phénomène, va lui « donner sens », le rendre intelligible, le « comprendre projectivement » : ce projet du modélisateur devient la « cause finale » par rapport à laquelle la représentation sera significative⁶.

Il est toutefois essentiel de voir qu'il s'agissait pour Bertalanffy et ses collègues, totalement à l'encontre des vues de Dilthey, de rompre fermement avec la dichotomie entre les « méthodes herméneutiques » et « hypothético-déductives ». Si Bertalanffy et Boulding ne cachèrent pas, bien au contraire, leurs profondes affinités avec la « tradition herméneutique » incarnée par Dilthey, Weber et Simmel en Allemagne, et par James et Dewey en Amérique⁷, ce qui fut peut-être leur plus grande originalité consista en effet à chercher à dépasser l'opposition en question par une synthèse dont la

¹ Angyal A. (1941, 1969), p. 24.

² Dilthey W. (1900, 1995), p. 292.

³ Ce point fut aussi souligné par McClelland C.A. (1961), p. 14.

⁴ Boulding K.E. (1956b), p. 17.

⁵ Lenk H. (1995), pp. 57-59.

⁶ Le Moigne J.L. (2002a), p. 147. Voir aussi (1977), p. 23.

⁷ Les multiples références de Bertalanffy à Simmel, Dilthey, James et Dewey ont déjà été mentionnées. En ce qui concerne Boulding, il reconnut explicitement Weber comme l'une de ses influences majeures : voir à ce sujet Hammond D. (2003), pp. 90-91.

transposition du « type » au « système général », de la « typologie » à la « systémologie », fut une expression. Tout en les ayant largement précédées, les vues des fondateurs du projet « systémologique » convergeaient avec des analyses de Frey publiées en 1970, dans un article qui ne figurait certainement pas par hasard dans la bibliothèque de Bertalanffy¹. Frey s'efforça d'y démontrer que si l'on peut bien voir les « méthodes hypothético-déductive » et « herméneutique » comme respectivement paradigmatiques des « sciences de la nature » et des « sciences de l'esprit », aucune coupure radicale n'est possible entre les deux schèmes méthodologiques, ni donc entre les deux types de sciences, parce que ces schèmes sont toujours liés en pratique dans toute activité scientifique et qu'ils ne sont au fond eux-mêmes que des types idéaux, des « pôles opposés de la méthode scientifique en général ». Frey expliqua en effet d'abord que ces deux méthodes sont empiriques et présupposent des expériences qui, y compris dans les « sciences de la nature », se laissent toujours interpréter de multiples manières. Et qu'elles sont toutes deux hypothétiques, créant des modèles concurrents qui constituent autant d'interprétations concurrentes d'un même ensemble d'observables. La différence ne tiendrait au fond qu'à la testabilité des modèles, au fait que les « sciences de la nature » peuvent en général contraindre à départager ces interprétations concurrentes dans la mesure où elles peuvent multiplier les expériences le permettant, tandis que le matériel empirique des « sciences de l'esprit » ne peut être multiplié à dessein et qu'un départage analogue entre modèles y reste souvent impossible.

L'ambition décisive des fondateurs du projet « systémologique » consistait justement à ne pas cantonner la « compréhension » de type systémique au domaine de l'intuition, mais bien au contraire à la conformer à une méthodologie rigoureuse où les mathématiques seraient appelées à jouer un rôle déterminant : il s'agissait donc avec ce projet de *fusionner les méthodes herméneutique et hypothético-déductive*. Rapoport a partiellement exprimé cette conception dans un commentaire remarquable illustrant l'ensemble des considérations précédentes qui, s'il concernait les sciences de l'homme, avait manifestement, pour lui comme pour ses collègues, une portée s'étendant à l'ensemble des sciences – pour autant qu'elles soient appréhendées dans une perspective systémique :

L'approche systémique de l'homme peut être appréciée comme un effort pour restaurer la signification (en termes de compréhension intuitive des tous) tout en adhérant aux principes des généralisations disciplinées et de la déduction rigoureuse. C'est en bref une tentative pour rendre l'étude de l'homme à la fois scientifique et significative².

Ce qui signifiait aussi qu'à l'encontre de l'interprétation quasi exclusive de la mathématisation jusqu'à la fin du XIX^e siècle, il ne s'agissait plus de la voir, dans le cadre cartésien d'une partition radicale entre l'esprit humain et la nature, comme une simple expression formelle d'observations, mais comme ce que le philosophe français Jacques Maritain en a dit dans *Le rêve de Descartes* : « une certaine interprétation des phénomènes »³. Löfgren eut d'ailleurs en 1978 un jugement intéressant à cet égard sur le projet « systémologique » lorsqu'il le caractérisa comme une « tentative d'utilisation complémentaire des processus duaux de description et d'interprétation », tout en pointant le fait qu'à son époque, une telle « utilisation intégrée » restait « difficile à exprimer à cause de la voie empruntée par le développement des mathématiques » ; une voie qui serait en effet telle qu'« elles tendent par nature à ne pas traiter d'interprétations »⁴, de sorte que le systémicien se retrouve souvent confronté à des mathématiques qui n'ont pas été développées en adéquation avec sa perspective.

Il apparaît en définitive que la « systémologie générale », telle que l'entendirent Bertalanffy et ses successeurs les plus avisés, doit se comprendre comme la *matrice conceptuelle et méthodologique d'une interprétation systémique disciplinée du « réel »*. C'est en ce sens qu'il est légitime de la qualifier de *projet herméneutique*. Bertalanffy s'est lui-même approché significativement d'une telle définition lorsqu'il déclara :

La systémologie générale [*general system theory*] est un essai d'interprétation scientifique là où il n'y en avait jamais eu auparavant⁵.

¹ Frey G. (1970), en particulier p. 24 et pp. 35-40.

² Rapoport A. (1968), p. xxii. Les italiques me sont propres.

³ Maritain J. (1946), in Cavallo R.E. (1979), p. 23.

⁴ Löfgren L. (1978), in Cavallo R.E. (1979), p. 21 et p. 23.

⁵ Bertalanffy L. von (1968a), p. 14. Les italiques me sont propres.

Son trait interprétatif pouvait être assigné au perspectivisme qui la fondait en théorie de la connaissance, à la promotion épistémologique du concept de « modèle » qui en dérivait et au statut de celui de « système » qu'il impliquait : elle avait pour vocation ultime d'être l'instrument théorique permettant de modeler une compréhension des événements, qu'ils soient naturels ou spécifiquement humains, conformément à une cosmologie centrée sur le concept de « système » qu'elle incarnait, actualisait et légitimait tout-à-la-fois. Le reste de cette seconde partie va être voué à considérer comment le projet d'un tel « essai d'interprétation scientifique » prit effectivement forme et consistance dans l'esprit de Bertalanffy avant son premier essai de publication en 1945.

2-3 – La perspective « organismique » de Bertalanffy : du programme biothéorique à la « systémologie biologique »

J'ai montré à l'issue de ma première partie pourquoi et comment Bertalanffy, témoin et acteur de son temps, fut « naturellement » amené à prôner le développement d'une biologie théorique sur la base de concepts systémiques, vouée en définitive à servir de « laboratoire » au développement d'une « vision générale du monde » fondée sur la conjonction de la logique holistique et d'une pensée nomothétique « exacte ». D'une part, la biologie, en tant que « science de la totalité et de l'organique par excellence », lui apparaissait alors comme un véritable « carrefour » d'une culture marquée par le rôle central des concepts de « vie » et de « totalité ». Mais d'autre part, elle ne pouvait assumer pleinement ce qu'il voyait comme sa vocation éminente et « libératrice » : être l'organe d'une « philosophie de la vie » adéquate permettant une rupture cohérente et constructive avec une civilisation technicienne fondée sur des paradigmes « mécanicistes » qui s'était révélée aboutir au mépris et à la destruction de la « vie » et non à « sa conservation, son élévation et son accomplissement ». Ce qui l'en empêchait était selon Bertalanffy son profond état de « crise », source de confusion non seulement en biologie proprement dite, mais plus gravement encore dans tous les autres domaines intellectuels où l'on prétendait en tirer des leçons. Il y avait ainsi chez lui, comme chez Woodger¹, une conscience aiguë tout à la fois d'une mission salvatrice assignée à la biologie et de son incapacité contemporaine à l'assumer.

Il va s'agir ici d'examiner les contributions effectives de Bertalanffy à l'élaboration d'une telle biologie théorique. Dans ce chapitre sera considérée la compréhension qu'il avait de son rôle en biologie, puis les grands « principes » sur lesquels il chercha à la fonder. Il apparaîtra qu'elle s'intégrait à une construction plus large que je nomme une « systémologie biologique », qui constituait en partie une philosophie de la nature biologique. Les chapitres suivants seront destinés à montrer comment, informé par les premiers développements d'une biologie mathématique où des modes holistiques de pensée jouèrent souvent un rôle déterminant, il mit lui-même en œuvre le programme qu'il avait élaboré.

2-3-1 – *Légitimité, exigence, nature et vocations d'une biologie théorique*

2-3-1-1 – *De la légitimité d'une biologie théorique*

Le constat de « crise » de la biologie, effectué de manière récurrente par Bertalanffy en introduction à bon nombre de ses publications entre 1927 et 1932, était particulièrement sévère². Mais nous avons vu au 1-1-1-1 qu'il était loin de lui être propre : il ne faisait ainsi que reprendre à son compte des analyses de Schaxel et de Woodger, parmi d'autres. L'un des problèmes majeurs était pour lui la spécialisation croissante des travaux effectués, ce que Woodger appela un « processus de fragmentation continue »³ : Bertalanffy voyait les multiples domaines biologiques se juxtaposer sans entretenir de rapport intime, développant des concepts « mutuellement contingents ». Ce que les uns tenaient pour assuré dans leur domaine était manifestement en contradiction directe avec ce que soutenaient leurs collègues travaillant dans d'autres domaines. Suscitant maintes controverses, ces contradictions émergeaient de la tentation de conférer une valeur générale à des points de vue et à des méthodes qui n'étaient guère féconds que dans un domaine particulier :

Ce qui pour un objet, un dispositif expérimental, un point de vue [*Betrachtungsweise*], put bien être adéquat, fut souvent conçu comme général et exclusif d'autres résultats. Et lorsque l'on en vint ensuite par d'autres objets, méthodes et points de vue à d'autres résultats, surgirent des conceptions

¹ Woodger J.H. (1929), p. 42 : « Nous entrons de nos jours dans une nouvelle Renaissance qui pourrait bien être aussi révolutionnaire et aux conséquences aussi profondes que la première, car elle implique elle aussi une manière totalement différente de considérer la nature par rapport à celle qui advint à l'issue de la Renaissance à l'époque de Galilée. De plus, tous les signes indiquent que la biologie jouera un rôle plus important dans la pensée future qu'elle ne l'a fait dans le passé. Mais elle ne sera pas en situation de le faire si elle n'est pas préparée à entreprendre un remaniement de ses principes fondamentaux, dans une mesure qui n'a guère été considérée jusqu'à présent ».

² Voir surtout Bertalanffy L. von (1928a), pp. 3-4, 51, 55-56 et 90 ; (1930a), p. 9 et pp. 27-28 ; (1932b), pp. III-V, pp. 1-2, 26, 31 et 34.

³ Woodger J.H. (1929), p. 11.

et théories troublantes et contradictoires, qui furent considérées comme des opposés absolus alors qu'elles ne représentent en réalité que des vérités partielles¹.

Meyer-Abich fit d'ailleurs dès 1926 ce constat caractéristique, repris par Bertalanffy :

Si l'on compare les représentations générales connues de problèmes biologiques, on pourrait être tenté d'y voir des représentations issues de sciences différentes qui, dans une certaine mesure, ne font qu'utiliser la même terminologie².

Se faisaient bien souvent valoir comme connaissance empirique de simples hypothèses, tandis que la recherche empirique restait elle-même biaisée par des préjugés. Bertalanffy remarquait aussi que le « manque de clarté » des termes et des concepts utilisés, ainsi que les contradictions logiques, abondaient même au sein des « théories » en cours, y compris et surtout dans celles, telle la théorie (néo)-darwinienne de l'évolution, qui prétendaient à l'orthodoxie. Ces problèmes étaient liés à de profondes divergences concernant les questions fondamentales de la biologie, à commencer par celui du statut ontologique du vivant ; des divergences qui les renforçaient à leur tour et ne menaient guère qu'à des « discussions sans fin », où chacun était convaincu de son bon droit scientifique et dénonçait chez l'autre – non sans raison, et tel était le problème – des facteurs subjectifs, les préjugés, le dogmatisme, ou encore la mauvaise philosophie. Le résultat, aux yeux de Bertalanffy, était que la biologie apparaissait comme une collection d'« idiosyncrasies » où des considérations extrascientifiques multiples se mêlaient aux considérations empiriques.

Ce qu'il appelait, autant en référence à la révolution kantienne qu'à la multiplication des épicycles ptoléméens³, l'« état précopernicien » de la biologie, se caractérisait à ses yeux par un « chaos des faits et des opinions » ; à savoir la conjonction d'une profusion de matériel empirique et d'une incapacité à l'ordonner et à l'intégrer, à lui fournir une intelligibilité, une cohérence et une unité : celle que Woodger avait appelé la « science des antithèses »⁴ demeurait privée d'« idées directrices » et de « principes assurés », incapable donc de « réaliser des synthèses », d'établir des relations entre les phénomènes étudiés, et se perdant en un « foisonnement de théories hétérogènes et dépourvues de liens ». La conséquence, qui exprimait une différence majeure avec la physique, en était un « manque de continuité historique » qui se traduisait en particulier par la survivance de conceptions manifestement erronées (il songeait surtout ici au darwinisme), tandis que d'autres (comme des vitalismes ou la morphologie idéaliste) se marquaient par des résurgences périodiques :

Il suffit d'évoquer des dilemmes célèbres tels que mécanisme et vitalisme, darwinisme et lamarckisme, [...], causalité et téléologie, point de vue morphologique ou physiologique, pour reconnaître qu'en biologie, cette « science des antithèses », des conceptions partiales et imparfaites ne furent pas en général synthétisées et améliorées, mais qu'à la place d'une théorie imparfaite fut substituée le plus souvent une théorie non moins imparfaite. C'est pourquoi des théories anciennes ressurgirent périodiquement comme d'étranges revenants lorsque les insuffisances des conceptions opposées se manifestèrent⁵.

La première cause discernée par Bertalanffy en était la prédominance quasi-exclusive d'un point de vue empiriste. Une prédominance qui amenait la grande majorité des biologistes à considérer toute pensée théorique en biologie soit tout simplement comme superflue, soit comme prématurée parce qu'imposant au préalable une acquisition suffisante de données empiriques à l'issue de laquelle

¹ Bertalanffy L. von (1932b), p. III.

² Meyer-Abich A. (1926), in Bertalanffy L. von (1929d), p. 376.

³ Les épicycles étaient des artifices de calculs astronomiques représentant le mouvement d'un astre comme l'effet composé de sa rotation autour d'un point et de la rotation de ce même point autour d'un autre. Leur multiplication permettait à l'astronomie ptoléméenne, et ce jusqu'à Galilée, de rendre compte des observations d'une manière jugée satisfaisante ; mais au prix d'une complication énorme. L'héliocentrisme de Copernic introduisit un point de vue radicalement nouveau, qui simplifiait la description de ces mouvements tout en leur apportant une intelligibilité que l'ancienne astronomie rendait inconcevable. Kant, dans la préface de la 2^e édition de la *Critique de la raison pure*, compara son criticisme à la révolution copernicienne (1787, 1980), pp. 739-740) : « Que l'on essaie donc une fois de voir si nous ne serions pas plus heureux dans les tâches de la métaphysique, en admettant que les objets doivent se régler sur notre connaissance, ce qui s'accorde déjà mieux avec la possibilité d'une connaissance *a priori* de ces objets, qui doit établir quelque chose à leur égard avant qu'ils nous soient donnés. Il en est ici comme de l'idée première de Copernic : voyant qu'il ne pouvait venir à bout de l'explication des mouvements du ciel en admettant que toute l'armée des astres tournait autour du spectateur, il essaya de voir s'il ne réussirait pas mieux en faisant tourner le spectateur, et en laissant en revanche les astres en repos ». Voir aussi plus loin, en note (p. 743).

⁴ Woodger J.H. (1929), p. 11. En référence à la prégnance de controverses parfois multiséculaires ne débouchant sur aucune synthèse, dont certaines sont évoquées dans la citation qui suit de Bertalanffy.

⁵ Bertalanffy L. von (1932b), p. 2.

seule elle pourrait surgir. Une aberration pour Bertalanffy, liée à une incompréhension de la nature de la pensée théorique, en particulier de sa vocation nomothétique et du rôle crucial d'hypothèses et de principes dignes de ce nom :

Seule la théorie rend possible la construction de lois, jamais l'empirie. L'évaluation erronée de la recherche expérimentale selon laquelle elle permettrait seule de découvrir des lois de la nature est largement répandue chez la plupart des biologistes ; alors qu'un simple examen enseigne exactement le contraire : en dépit d'un matériel expérimental impressionnant, on ne connaît aucune loi biologique, cependant que l'astronomie, sans la moindre possibilité d'expérimenter, possède une connaissance des plus grandioses des lois auxquels sont soumis ses objets¹.

La biologie est plus que mûre [pour la théorisation...] Lorsqu'ils fondèrent la physique théorique, Kepler et Newton disposaient d'une connaissance expérimentale infiniment moindre que celle de la biologie contemporaine. Ce ne sont pas les faits qui nous manquent, mais le geste copernicien !²

Aux antipodes de l'opinion dominante, la théorisation biologique, conçue non pas comme exclusive de l'expérimentation mais comme son « complément nécessaire », se justifiait pour Bertalanffy précisément parce que la biologie, comparée à la physique, était encore « dans ses souliers d'enfant »³ ; d'autant plus que certaines questions biologiques centrales (en particulier en théorie de l'évolution), sources de controverses indéfinies, n'étaient en fait pas décidables sur le plan empirique mais seulement sur un plan logique⁴. Plutôt que d'accumuler le matériel expérimental, il s'agissait donc de le « valoriser par la théorisation ». Reinke avait déjà remarqué en 1901 :

Je suis convaincu que l'on devra pendant encore longtemps travailler en biologie surtout de manière empirique, mais cela n'exclut pas que des synthèses du matériel empirique déjà acquis puissent dès à présent être tentées [...] On peut en biologie repousser comme impossibles les synthèses tant que toutes les analyses ne sont pas terminées : mais aucune n'advient alors [...] Sans synthèses, les « faits et petits faits » fournis par l'analyse formeraient un désert dans lequel nul en définitive ne saurait s'orienter⁵.

Et c'est un fait que des voix s'élevèrent après lui pour dénoncer une multiplication stérile de données empiriques qui, bien souvent, « n'apportait rien de nouveau » sinon du « superflu » et constituait au contraire, par son effet aveuglant, un « obstacle » à la théorisation – conformément à une fameuse remarque de Poincaré déjà citée⁶ au 2-2-1-1. Rignano, auquel Bertalanffy se référa justement maintes fois, écrivit ainsi en 1912 :

Chacun doit réaliser combien l'élaboration théorique, réalisée au moyen d'analyses et de comparaisons, de généralisations et d'hypothèses contrôlées et vérifiées par la correspondance avec les faits des résultats du raisonnement, est utile et nécessaire si l'on veut atteindre une systématisation progressive et une vision toujours plus synthétique de la masse confuse de faits que les expérimentalistes versent quotidiennement dans le flot continu du marché scientifique⁷.

Schaxel, insistant sur le fait qu'« une collection de données ne constitue pas une science » et que c'est la théorie seule qui « constitue les faits en connaissances », reprit cette idée quelques années plus tard en remarquant que la biologie contemporaine ressemblait à une « collection de théories désordonnées et inégales ne méritant pas même ce nom » :

La biologie contemporaine n'est pas en mesure d'ordonner les résultats d'une recherche planifiée dans une structure conceptuelle et de représenter le comportement nomothétique commun à ses objets dans une théorie générale. Une multiplicité hétérogène de domaines factuels, de problématiques, d'interprétations et de jugements prend au contraire la place de la science théorique [...] Cet état ne peut pas être amélioré en empilant de nouveaux faits ou observations sur ceux déjà disponibles, mais seulement par un examen fondamental de ces derniers visant à l'ordonner⁸.

¹ Bertalanffy L. von (1928a), p. 95.

² Bertalanffy L. von (1929d), p. 376.

³ Bertalanffy L. von (1928a), p. 56 et (1930a), p. 11 et p. 28.

⁴ Bertalanffy L. von (1928a), pp. 96-99.

⁵ Reinke J. (1901), p. 29.

⁶ Voir Bertalanffy L. von (1930a), p. 28, ainsi que (1932b), pp. 32-33 pour des citations en ce sens et la référence correspondante à Poincaré.

⁷ Rignano E. (1912), in Needham J. (1932), p. 85.

⁸ Schaxel J. (1919), pp. 1, 3, 56 et 164. Cité par Bertalanffy L. von (1928a), p. 3 et p. 55.

Dans la même perspective, Woodger remarqua que la science n'est pas qu'un processus d'« addition de connaissances », mais aussi une organisation perpétuellement renouvelée, et que la biologie, précisément, souffrait d'une écrasante majorité de « spécialistes additionneurs », qui « en savent de plus en plus sur de moins en moins », et d'un manque d'« organisateurs » accomplissant le nécessaire « travail de systématisation » ; de sorte qu'au lieu d'évoluer comme la physique vers un état unifié, elle était menacée de « dégénérer en un mélange d'hypothèses *ad hoc* » (une expression de Whitehead reprise par Needham) qui ne faisaient guère que « répondre à des besoins psychologiques »¹ et, comme l'écrivit Schaxel, devenaient « sauvages »² (c'est-à-dire comme travaillant pour leur propre compte, sans souci d'intégration à un effort commun de compréhension et de construction systématique).

La seconde cause majeure de l'« état critique » de la biologie discernée par Bertalanffy était le manque de reconnaissance de la légitimité et de la nécessité d'une autonomie logique (i.e. catégoriale et conceptuelle) et méthodologique de la biologie, hors des sentiers d'un mécanisme physicaliste cherchant à s'imposer comme seule perspective scientifique légitime. Schaxel avait déjà dénoncé le fait qu'en cherchant à devenir une « physico-chimie du vivant », la biologie « perd simultanément sa propre pensée », et que se reposer sur des théories physico-chimiques bien établies conduisait les biologistes concernés (tels Loeb) à ne pas s'interroger sur la clarification des présupposés, des moyens et des buts de leurs travaux biologiques, contribuant significativement ainsi à la confusion³. Pour Bertalanffy à sa suite, considérer que la biologie ne devient scientifique que dans l'exacte mesure où elle se laisse absorber par les sciences physiques conduisait à la condamner à stagner dans un perpétuel « stade préscientifique provisoire », l'empêchant de se développer comme il convient et ne lui laissant que la possibilité d'« errer entre physico-chimie et métaphysique » :

Il nous semble que [son retard et ses difficultés] sont déterminés par le fait que l'on n'a pas voulu laisser la biologie se développer comme science indépendante. Si elle s'était épanouie libre et non influencée par les théorèmes d'une science voisine, ainsi que le fut la physique, nous n'en serions pas là aujourd'hui. En croissant à l'ombre de la physique, elle devait inévitablement végéter, telle une plante à laquelle manque la lumière⁴.

Dans le même esprit, H. Jordan reprocha en 1932 à la biologie sa tendance à « se laisser guider par la physique » et à « reprendre sans la critique nécessaire ses formes conceptuelles au lieu d'étudier théoriquement les principes de son propre domaine autonome »⁵. Le Viennois tira principalement sa justification de ses lectures de Schaxel et d'Ungerer, dont j'ai dit les positions au 1-4-5-11. Son argument reposait sur le constat que même les travaux biologiques d'inspiration la plus physicaliste mettaient en œuvre, toujours implicitement et souvent inconsciemment, des catégories échappant dans une large mesure au domaine de la physique contemporaine : des catégories « historiques » et « téléologiques » – par quoi Bertalanffy entendait, dans une lignée déjà largement évoquée qui prenait sa source dans le « téléomécanisme » d'origine kantienne, des catégories « holistiques » [*ganzheitlich*]. Trois « points de vue » ou « perspectives » [*Betrachtungsweisen*] se révélaient donc selon lui au moins provisoirement nécessaires et complémentaires en biologie : certes celle, « causale », de l'analyse physico-chimique, mais aussi les « perspectives historiques et holistiques »⁶. Cette tripartition fonda son « système de la biologie », exposé plus loin.

Bertalanffy, reprenant des critiques de Schaxel⁷, mit en particulier en évidence à quoi aboutissait la tendance à négliger la dernière « perspective », bien illustrée par le jeune Needham en 1928 peu avant qu'il ne révise radicalement ses positions⁸ : si le point de vue « a-téléologique » était le

¹ Woodger J.H. (1929), pp. 12, 21-22 et 26 ; et (1931), p. 441. Needham J. (1932), p. 84.

² Schaxel J. (1919), p. 1.

³ *op. cit.*

⁴ Bertalanffy L. von (1928a), p. 4-5 et p. 229. Cette réflexion est à mettre en rapport avec celle bien ultérieure de François Meyer, qui résume bien sa perspective (sans s'y référer) : « Il apparaît qu'il n'y aura de biologie adulte que dans la mesure où elle consentira (pour une part sans doute et sans abandonner ses voies actuelles) à partir du vivant lui-même, à élaborer phénoménologiquement mais aussi théoriquement son propre statut et à faire émerger de l'ensemble des faits une conceptualisation compréhensive » : in Meyer F. (1967), p. 820.

⁵ Jordan H. (1932), p. 482.

⁶ Bertalanffy L. von (1928a), pp. 223-224 et (1932b), pp. 10-21.

⁷ Schaxel J. (1919), p. 76 : « Si l'on admet qu'une physiologie mécaniciste au sens de J. Loeb était réellement entreprise, en quoi consisterait sa signification biothéorique ? La conséquence simple en serait que toute biothéorie serait superflue. Il n'y aurait plus que de la physique et de la chimie, et d'une manière générale plus de science biologique ».

⁸ Il écrivit en 1927 (selon Bertalanffy (1929b), p. 391 et (1932b), p. 21) que seule la biophysique mérite le nom de science. Cette conception se dégage assez clairement aussi de Needham J. (1928a).

seul légitime, il faudrait considérer comme non-scientifiques et appartenant à la simple « histoire naturelle » presque tous les domaines de la biologie, hormis la biochimie et la biophysique. Mais le biologiste, s'interdisant de comprendre la particularité de ses objets, ressemblerait alors à « un physicien qui, pour élaborer une théorie de la lumière, commencerait par expliquer qu'il n'existe pas de lumière »¹. Car analyser les processus vitaux, en particulier les résoudre en processus physico-chimiques, ne signifierait pas les caractériser comme tels, une telle analyse ignorant délibérément qu'ils ne sont vitaux qu'en tant qu'« ordonnés en direction de la conservation » et de la régénération de la « totalité organique » : la « téléologie » serait en ce sens aussi « incontournable » en biologie que la causalité efficiente en physique. Bertalanffy n'ignorait sûrement pas ce mot de von Brücke :

La téléologie est une femme sans laquelle aucun biologiste ne peut vivre ; il a pourtant honte de se montrer en public avec elle².

Mais son originalité, qui consistait à s'aligner sur les positions d'Ungerer en les développant et surtout, comme nous le verrons aux 2-5 et 2-6, en les rendant opérationnelles, tenait au fait d'affirmer qu'il n'y a justement aucune honte à avoir, dès lors que la téléologie est transformée en catégorie « positive » en tant que catégorie systémique exprimant la « loi de conservation de la *Gestalt* organique », i.e. la dépendance des parties et des processus organiques à un ordre global dont des déterminations nomothétiques restaient à construire. Ainsi privée de toute trace d'intentionnalité, « dé-anthropomorphisée », elle deviendrait « justifiée du point de vue épistémologique » :

Il résulte de ce concept purifié de téléologie un « finalisme méthodologique » qui se démarque nettement, d'une manière positiviste, de l'usage darwinien et vitaliste qui en est fait³.

Plus généralement, fort de ses analyses (que j'exposerai au 2-3-2) vouées à montrer que toutes les controverses entre « mécanicistes » et « vitalistes » sont « empiriquement indécidables » car imprégnées de jugements métaphysiques, Bertalanffy se fit comme son collègue le vigoureux avocat de ce qu'il appela entre 1926 et 1928, avant de le requalifier en « biologie organismique », un « vitalisme logique et méthodologique » ; c'est-à-dire un « vitalisme » qui reconnaissait au moins provisoirement la « légalité spécifique » du vivant et la nécessité de catégories propres à la biologie, tout en se refusant à introduire des facteurs explicatifs qui ne satisfont pas aux critères qu'il attribuait aux constructions théoriques. Il ne s'agissait pas, avec un tel « vitalisme », de se prononcer sur la question ontologique de savoir s'il existe un « fossé infranchissable » entre le vivant et le « non-vivant », le soin étant laissé à la recherche de la trancher éventuellement dans le futur :

L'opposition des catégories biologiques et physiques n'implique pas encore celle de leurs objets. C'est pour des motifs méthodologiques que nous sommes contraints d'embrasser un vitalisme⁴.

Il s'agissait par contre de traiter de manière « positive » les phénomènes biologiques que les mécanicismes restaient rétifs ou impuissants à prendre en considération sans contradictions :

Pour décrire ce qui est spécifiquement organique, les caractéristiques propres aux phénomènes de la vie, des concepts spécifiquement biologiques et non seulement physico-chimiques, sont nécessaires. Qu'on appelle ou non une telle conception un vitalisme est une question de goût [... Mais dans l'affirmative,] nous nous plaçons sur le terrain d'un vitalisme méthodologique, soutenu épistémologiquement [*erkenntnistheoretisch*]⁵.

¹ Bertalanffy L. von (1928a), pp. 52-53. Voir aussi Schaxel J. (1919), p. 76 : « De la physiologie mécaniciste excessive, on peut dire avec raison qu'elle ne voit pas l'arbre devant la forêt ».

² Brücke E.W. von, in Davidson M. (1983), pp. 78-79. Voir aussi Jacob F. (1970), p. 17 : « Longtemps le biologiste s'est trouvé devant la téléologie comme auprès d'une femme dont il ne peut se passer, mais en compagnie de qui il ne veut pas être vu en public ». Il est très probable que Jacob se soit inspiré de von Brücke. Il est possible aussi que tous deux aient adapté à la téléologie ce que Kant avait écrit en 1786 de la métaphysique en conclusion de sa préface à ses *Premiers principes métaphysiques des sciences de la nature* (1786, 1985, p. 377) : « Newton a dit dans la Préface de ses *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* [...] : "La géométrie est fière de pouvoir produire autant avec si peu de principes empruntés du dehors". De la métaphysique, on pourrait dire au contraire : "Elle est tout étonnée qu'avec tant d'éléments offerts par les mathématiques pures, elle puisse accomplir si peu". Néanmoins, de ce peu, les mathématiques elles-mêmes ont absolument besoin dans leur application à la science de la nature ; puisqu'il leur faut nécessairement faire des emprunts à la métaphysique, elles ne doivent pas rougir de paraître en sa compagnie ».

³ Bertalanffy L. von (1928a), p. 81. Voir aussi Bertalanffy L. von, (1929b), pp. 385-390; (1930/1931), pp. 388-389; (1932b), pp. 14-18.

⁴ Bertalanffy L. von (1927c), p. 260. Voir aussi (1928a), p. 226.

⁵ Bertalanffy L. von (1927e), pp. 406-407.

Nous cherchons à trouver une voie médiane entre un mécanisme auto-contradictoire et un vitalisme scientifiquement stérile, au sens où nous voulons assurer l'autonomie méthodologique de la biologie par rapport à la physico-chimie tout en rejetant d'un autre côté les constructions métaphysiques du vitalisme, qui n'ont rien à faire dans une science de la nature¹.

Bertalanffy aurait aussi bien pu, comme son collègue M. Hartmann, se référer à Cohen ; le néo-kantien avait en effet bien souligné en 1902 que « de nouveaux problèmes amèneront toujours de nouvelles catégories, exigeront de nouveaux postulats », et que c'est la condition du progrès scientifique en général². Kroner, un disciple de Cohen, orienta spécifiquement en 1913 ce jugement vers la biologie en remarquant qu'« elle doit certes d'un côté trouver un appui dans d'autres disciplines lorsqu'elle veut expliquer, mais qu'elle doit d'un autre côté décrire et classer son matériel dans des formes de pensée propre »³. Mais la différence significative entre ce point de vue et celui de Bertalanffy (ou, pour prendre un autre exemple d'ancien élève de Cohen, celui de N. Hartmann⁴) tient à ce qu'il s'agissait pour ce dernier d'étendre ce jugement jusqu'aux formes d'explication.

2-3-1-2 – L'exigence d'une biologie théorique

Le triple constat de la « crise » de la biologie, des insuffisances de l'empirisme et de la nécessité de son autonomie amena Bertalanffy à poser dès 1927 comme une exigence le développement d'une biologie théorique digne de ce nom, seule à même de résoudre les problèmes de la biologie. C'était pour lui en ce sens que la physique devait « servir de modèle à la biologie », et non au sens d'un réductionnisme physicaliste :

On ressent de plus en plus le besoin d'ordonner et d'intégrer par une biologie théorique la profusion insondable des faits biologiques individuels – exactement de la même manière que la physique théorique forme le complément nécessaire de la physique expérimentale. Mais une telle biologie théorique ne sera possible ni sur le terrain du mécanisme, ni sur celui du vitalisme⁵.

La négligence des fondements généraux et la confusion quant aux concepts fondamentaux a amené la crise contemporaine de la biologie. La compréhension méthodologique et théorique est le seul moyen de permettre d'en sortir⁶.

La construction d'une biologie théorique assurée est nécessaire pour que la biologie sorte d'une part de la crise de ses fondements, et d'autre part d'une accumulation de matériel factuel dépourvu de relations [...] Le postulat est erroné selon lequel la simple connaissance de la physico-chimie des substances et processus organiques serait un domaine particulier des sciences physico-chimiques, une théorie de la vie spécifique étant en conséquence superflue⁷.

Le Viennois prit ainsi d'emblée part au mouvement intellectuel, perceptible en Allemagne et en Autriche depuis le début du siècle avec Reinke et Uexküll, mais plus particulièrement depuis le début des années 1920 avec notamment Schaxel, Ungerer et Weiss ; un mouvement qui, comprenant son exigence et son urgence, prônait le développement d'une biologie théorique et se vouait à réfléchir aux perspectives et aux moyens nécessaires pour y parvenir. Il fut, comme je l'ai brièvement évoqué dans ma première partie, organisé par Schaxel. Son essai publié en 1919, *Traits fondamentaux de la théorisation en biologie*, fut un succès d'édition remarquable pour l'époque⁸ : il était déjà épuisé à la fin de la même année, une seconde édition en étant faite en 1922. Schaxel y mettait en évidence l'hétérogénéité de la pensée biologique, pointait ses incohérences et le besoin d'une analyse critique de ses concepts, ainsi que la nécessité de comprendre que la rigueur de la pensée est essentielle pour que la biologie sorte de cette confusion. Dans la série de monographies qu'il fit éditer à partir de 1919 et tout au long des années 1920, les *Schaxels Abhandlungen zur theoretischen Biologie*, la préoccupation commune fut donc tout naturellement la clarification critique des concepts, des méthodes et des

¹ Bertalanffy L. von (1929d), p. 375. Voir aussi (1926a), p. 98; (1927c), pp. 253-256 et (1928a), p. 90.

² Cohen H. (1902), in Hartmann M. (1937), p. 9.

³ Kroner R. (1913), p. 162.

⁴ Hartmann N. (1912).

⁵ Bertalanffy L. von (1927a), p. 274.

⁶ Bertalanffy L. von (1928a), p. 57.

⁷ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 3, 5 et 53. Voir aussi (1930a), pp. 27-29.

⁸ Woodger J.H. (1930), p. 5.

objectifs de la biologie, avec comme fil directeur la question centrale de savoir si l'on peut ou non considérer les organismes vivants en tant que tels, donc au moyen de catégories et de concepts spécifiques, et la question subséquente de savoir comment y parvenir sans s'égarer dans des spéculations métaphysiques. Schaxel inaugura ainsi en ces termes programmatiques la vocation de cette série de monographies :

Il s'agit de travailler la structure conceptuelle de la science de la vie, dans laquelle les résultats d'une recherche planifiée puissent s'insérer pleinement et de manière ordonnée¹.

La seule spécificité de Bertalanffy par rapport à tous les contributeurs au projet de Schaxel (dont il fut en 1928) est qu'il fut en définitive, comme je vais le montrer dans le reste de cette partie, le seul parmi eux à ne pas se limiter à une réflexion critique sur les fondements de la biologie et à s'efforcer de la concrétiser en donnant *effectivement* forme à une biologie théorique *opérationnelle* « à l'image de la physique théorique »², capable de guider et d'organiser de manière féconde la recherche expérimentale – ce qui impliquait, je vais y revenir, de ne pas limiter le sens de la biologie théorique à une critique épistémologique, et de lui donner le second sens d'un corpus de lois. Notons toutefois d'emblée les difficultés considérables auxquelles un tel projet se heurtait... et se heurte encore. Un signe manifeste en est que quarante ans après la publication de la *Biologie théorique* de Bertalanffy, Waddington put encore exprimer, dans sa préface à *Stabilité structurelle et morphogenèse* de Thom, son espoir que cet ouvrage trace la voie d'une biologie théorique apte à rendre compte de la complexité du vivant³... Beaucoup plus récemment et de manière encore plus caractéristique, Gilbert Chauvet, cherchant à justifier le développement de ce qu'il appelait une « biologie théorique intégrative » sur la base du concept d'« interaction fonctionnelle », ne fit guère que reformuler ce qui va apparaître comme un bon résumé du projet biothéorique de Bertalanffy :

L'un des grands défis de la biologie reste l'intégration des multiples faits d'observation [... La permettrait] une biologie théorique qui serait à la biologie ce qu'est la physique théorique à la physique : une approche théorique qui, en intégrant les modèles particuliers à différents niveaux d'organisation du vivant, permettrait d'envisager l'organisme dans sa globalité⁴.

Avant d'examiner précisément la conception bertalanffienne de la biologie théorique, il convient enfin d'avoir constamment à l'esprit le fait que s'exerçait vigoureusement dans sa promotion l'influence du contexte d'« idéologisation » des holismes examinés au 1-5 en relation avec l'avènement du national-socialisme. Cela vaut particulièrement du point de vue de sa conception de l'enseignement ; dans ce contexte, une telle biologie théorique constituait en effet pour lui un « excellent moyen d'édification intellectuelle » :

Si la biologie théorique représente un fondement indispensable d'une vision du monde assurée, cela implique qu'elle est d'une importance pédagogique éminente [...] L'intérêt pour les questions biothéoriques et leur compréhension doivent être éveillés, puisque leur signification idéologique [*weltanschaulich*] opère en dernière analyse dans toute la vie intellectuelle et pratique⁵.

Bertalanffy fut pour cette raison conduit à réclamer dès 1930 la création d'« instituts de biologie théorique » destinés tant à la recherche qu'à la formation des étudiants en biologie et en médecine, auxquels il s'agissait de fournir une connaissance des problèmes biothéoriques fondamentaux ainsi qu'une formation logique, épistémologique et méthodologique⁶. Il y avait là en partie un intérêt personnel : Bertalanffy n'avait à cette époque aucune fonction universitaire et il lui fallut s'imposer afin de parvenir, en 1933, à être le premier à Vienne à être habilité en « biologie théorique », puis à obtenir l'année suivante une place de chargé de cours (*Privatdozent*) dans cette discipline. Il ne fit d'ailleurs guère d'efforts pour cacher cet aspect. Ainsi acheva-t-il un article publié en 1934, où il exposait ces mêmes considérations, en invoquant tant l'existence d'un poste de « maître de conférence » en biologie théorique à Bâle qu'une revue très favorable de sa propre *Biologie théorique*

¹ Schaxel J. (1919), in Przibram H. (1923), p. 1.

² Bertalanffy L. von (1927a), p. 274.

³ Waddington C.H., in Thom R. (1972).

⁴ Chauvet G. (1995), p. 15.

⁵ Bertalanffy L. von (1930a), p. 51 et p. 71.

⁶ *op. cit.*, pp. 74-78.

rédigée par Bavink où celui-ci, qui défendait depuis au moins 1925 les mêmes idées, s'était prononcé vigoureusement en faveur de la création de chaires de biologie théorique, laissant naturellement entendre que le Viennois était le mieux placé afin d'être investi d'une telle charge¹...

2-3-1-3 – Les « deux sens » de la biologie théorique selon Bertalanffy

Signes d'un mouvement significatif et symptômes d'un besoin effectif, trois traités intitulés au moyen de l'expression « biologie théorique » furent publiés en Allemagne avant celui de Bertalanffy : par Reinke (1901), Uexküll (1920) et Rudolf Ehrenberg (1923). Mais Bertalanffy résuma bien leur réception en affirmant avec raison en 1928 que ces traités étaient essentiellement philosophiques, voire métaphysiques. De sorte que les critiques, surtout ceux qui défendaient un empirisme inflexible, avaient beau jeu de dénoncer dans toute prétention théorique en biologie une entreprise « seulement philosophique », un dévoiement des missions de la science expérimentale et une transgression de ses frontières. Le Viennois considérait leur « aversion » comme « aisément compréhensible » :

Il serait tout-à-fait erroné de ne pas reconnaître que les biologistes ont en tout état de cause eu jusqu'à présent de multiples et bons motifs pour leur rejet des « théoriciens ». Il va de soi qu'une exigence élémentaire est que la théorisation n'est permise que sur le fondement d'une connaissance factuelle solide [...] On ne voit que trop souvent le théoricien s'éloigner du sol sain de l'expérience et de l'expérimentation pour disparaître bientôt dans les nuages bleus de la métaphysique².

Meyer-Abich put ainsi légitimement ironiser :

Même deux « biologies théoriques » écrites par deux physiologistes différents – je pense à celles de Uexküll et Ehrenberg – se distinguent mutuellement comme le jour et la nuit³.

Les tentatives de « biologie théorique » en question, auxquelles on peut ajouter les « théories » déjà évoquées de Rignano sur l'« accumulation spécifique d'énergie nerveuse » et la « centroépigenèse », ne manquaient pas d'intérêt pour Bertalanffy. Toutes exposaient des aperçus qu'il jugeait « stimulants » et « méritoires » du point de vue de la philosophie de la nature, et comportaient certaines critiques épistémologiques pouvant effectivement être tenues comme des moments d'une pensée théorique. Il souligna tout particulièrement dans plusieurs de ses premières publications le mérite de Rignano, qui était à ses yeux de prendre sérieusement en compte dans une même construction les moments historique et « téléologique » du vivant en renonçant aux analogies psychologiques et en se rapprochant dans le principe de l'essence même de la théorisation, à savoir « réunir sous une formule commune un nombre aussi grand que possible de phénomènes en eux-mêmes inexplicables »⁴. Les problèmes étaient selon Bertalanffy que leurs esquisses de formulation de principes et de lois biologiques – en particulier la tentative d'Ehrenberg de « déduire » les phénomènes biologique du « principe » de la « nécessité de la mort » et de son caractère de « force motrice » de la vie⁵ – donnaient aisément prise à l'accusation de subjectivité ; et surtout qu'elles restaient incapable de démontrer leur fécondité. Elles cherchaient à fonder une biologie théorique « par en-haut », c'est-à-dire en subsumant sous un principe interprétatif unique un ensemble de phénomènes biologiques particuliers voire tous, sans être vraiment opérationnelles. Il considérait donc que ces tentatives spéculatives, ressortissant en fin de compte tout au plus de ce qu'il appelait une « métaphysique inductive », se soldaient par un échec eu égard à l'objectif d'une véritable théorisation scientifique :

Il faut reconnaître que ces tentatives demeurent insatisfaisantes ; que ce soit parce que notre science n'est pas assez mûre ou, ce qui est plus probable, parce que la pensée fondamentale d'envergure, l'aperçu génial, ne s'est pas encore présentée, analogue à celle de Newton en physique. Une biologie théorique « par en-haut » ne pourrait être fondée que par un geste copernicien, une pensée d'envergure qui ferait d'un seul coup apparaître sous un nouveau jour l'ensemble des faits biologiques et mettrait ainsi automatiquement fin à l'état précopernicien de la biologie. Mais cette pensée copernicienne ne se laisse pas commander¹.

¹ Bertalanffy L. von (1934b), p. 365. Sur les vues antérieures de Bavink à ce sujet, voir Bertalanffy L. von (1930a), p. 51.

² Bertalanffy L. von (1930a), p. 29 et (1932b), p. 3 et p. 34.

³ Meyer-Abich A. (1926), in Bertalanffy L. von (1930a), p. 8.

⁴ Bertalanffy L. von (1927e), pp. 407-410 et (1929d), pp. 387-390 en particulier.

⁵ Voir Bertalanffy L. von (1930a), p. 10 et Sapper K. (1926), pp. 346-351.

Bertalanffy s'appropriera néanmoins à partir de 1928, certes en l'élaborant plus que son auteur, une conception duale de la biologie théorique qu'Ehrenberg avait exposée et qui en distinguait « deux sens »². Cette dualité, que nous retrouverons pleinement dans son concept de « systémiologie générale », satisfaisait pleinement l'alliance entre science et philosophie constitutive de sa pensée. Son « premier sens » était celui d'« une théorie de la connaissance [*Erkenntnistheorie*] et [d']une méthodologie de la biologie ». Son « second sens », celui d'une « science de la nature », d'une « théorie du vivant » supposée être en mesure de jouer par rapport à la biologie descriptive et expérimentale un rôle analogue à celui de la physique théorique par rapport à la physique expérimentale³. Bertalanffy concevait ces deux sens comme étroitement liés ; il jugeait en effet qu'il est « dans l'essence de toute pensée théorique » de comporter les deux moments correspondants :

Les hypothèses les plus générales des sciences de la nature définissent un domaine dans lequel la recherche épistémologique [*erkenntnistheoretisch*] et l'étude propre aux sciences particulières se laissent difficilement séparer⁴.

La physique avait d'ailleurs assez montré selon lui que ce qui apparaît à une époque donnée de l'histoire comme un problème purement philosophique relevant de la théorie de la connaissance peut à une autre époque se présenter comme un problème scientifique accessible à l'expérience. Pour Bertalanffy, seule la combinaison de ces deux aspects de la biologie théorique était susceptible de permettre à la biologie de sortir de ses impasses :

Si nous voulons surmonter la crise des fondements de la biologie, nous avons besoin de la biologie théorique au « premier » sens tout autant qu'au « second » sens⁵.

La biologie théorique au « premier sens » devait être une « critique conceptuelle et méthodologique » visant à « assurer les fondements de la connaissance biologique » par une « clarification des problèmes épistémologiques » tels que celui des rapports entre expérience et théorie ou celui du statut des concepts de téléologie et d'organisme. Elle devait permettre d'indiquer au biologiste « comment représenter les faits d'une manière irréprochable du point de vue logique », mettre en évidence les contradictions et les insuffisances de la biologie contemporaine par un « examen critique des différentes théories » et fournir les moyens logiques d'en juger les productions⁶. Bertalanffy jugeait son rôle primordial pour fonder la biologie sur des bases saines, éliminer les « faux-problèmes » et mettre fin aux controverses stériles. On reconnaît sans peine ici l'influence conjuguée du Cercle de Vienne et des néo-kantismes – Reininger ayant par exemple identifié la philosophie de la nature à une « science des principes de l'étude de la nature » vouée à « classer et évaluer ses résultats et ses constructions du point de vue de la théorie de la connaissance » et à constituer ainsi une « connaissance critique et réflexive de l'étude de la nature »⁷ :

Le mélange de conceptions et de théories contradictoires, le manque de système théorique général faisant consensus, la survie de théories depuis longtemps dépassées, les obscurités et auto-contradictions dans la formation des concepts, peuvent seulement être éliminés par l'intermédiaire d'une biologie théorique critique. La négligence des fondements généraux et la confusion dans les concepts fondamentaux sont à l'origine de la crise actuelle de la biologie. Un examen méthodologique et théorique est le seul moyen de nous en sortir. Il est à peine exagéré de dire que peut-être 90% des controverses théoriques en biologie tiennent à la clarté insuffisante de la pensée biologique, au caractère nébuleux des concepts et à un usage laxiste des mots [...] La seule issue est la clarification des concepts, que seule peut permettre la biologie théorique « au premier sens »⁸.

Pour Bertalanffy, la biologie théorique au « second sens » ne pouvait advenir qu'une fois que ce travail critique avait fait son œuvre. Sa vocation serait d'établir les grands principes et les lois

¹ Bertalanffy L. von (1928a), p. 100. Voir aussi (1930a), pp. 9-10.

² Il laissa lui-même entendre qu'il avait repris cette distinction d'Ehrenberg : Bertalanffy L. von (1929d), p. 374 et (1930a), p. 9.

³ Bertalanffy L. von (1928a), pp. 51-52 et Bertalanffy L. von (1932b), p. 6.

⁴ Bertalanffy L. von (1932b), p. 7. Voir aussi (1930a), p. 11.

⁵ *op. cit.*, p. 8.

⁶ Bertalanffy L. von (1928a), p. 51 et (1932b), p. 6 et p. 26.

⁷ Reininger R. (1978), pp. 229-233. Ces phrases sont issues de cours de Reininger donnés à l'Université de Vienne au cours des années 1920, auxquels Bertalanffy est susceptible d'avoir assisté.

⁸ Bertalanffy L. von (1932b), p. 31.

générales du vivant permettant d'en déduire les lois particulières. Des *lois* et non plus seulement des « règles empiriques », auxquelles la biologie s'était en fait limitée :

Les soi-disant lois biologiques doivent en fait seulement être caractérisées comme des règles : ce sont des généralisations tirées de l'empirie, qui ne sont ni déductibles de principes supérieurs, ni le fondement de la dérivation de lois subordonnées ; elles sont contingentes au sens du philosophe¹.

Une biologie théorique en ce sens ne serait donc plus une « théorie de la connaissance biologique », mais une « théorie des processus biologiques eux-mêmes » visant à les « expliquer » (au sens nomologico-déductif du terme)². Bertalanffy ne niait aucunement de la sorte la nécessité d'une pensée inductive, et encore moins la valeur du travail expérimental :

Il s'agit uniquement d'insister sur le fait que ce dont souffre la biologie, ce n'est pas d'une activité expérimentale manquant d'intensité, mais du manque fréquent d'idées théoriques directrices³.

La biothéorie en question devait permettre de « rationaliser » et de « planifier » l'expérience, et accomplir ce qui constituait pour lui la véritable vocation de toute activité scientifique : la « domination conceptuelle des phénomènes ». Elle devait de la sorte être un remède à l'accumulation désordonnée de données expérimentales et à une « spécialisation trop poussée qui fait perdre de vue les relations entre les problèmes ». Il s'agissait en définitive avec elle de synthétiser les domaines de la biologie, de les unifier en un « système cohérent » – conformément à cette idée très kantienne que Woodger s'était aussi appropriée en écrivant que « l'essence de l'explication scientifique est la *systématisation* de la connaissance »⁴.

Au moins formellement, la biologie théorique « au second sens » était ainsi supposée émerger de la biologie théorique « au premier sens », donc de la théorie de la connaissance biologique. Car la critique des concepts et des théories existants visait certes dans un premier temps à « expliciter avec acuité la crise de la biologie » et, simultanément, à « préparer la preuve de la nécessité de la pensée théorique en biologie »⁵. Mais elle était aussi destinée dans un second temps à permettre de dégager les principes généraux de cette biologie théorique « au second sens ». Pour Bertalanffy, ces principes ne sauraient en effet être totalement *a priori* : tout en n'étant pas au sens strict induits de l'expérience, ils n'en seraient pas pour autant indépendants. Il ne s'agissait pas, comme l'était justement reproché aux « mécanicistes » et aux « vitalistes », et même aux premiers « théoriciens » autoproclamés de la biologie, de les poser d'emblée ; car cela conduirait inévitablement à énoncer des pseudo-principes qui ne sont autres, en fait, que de « simples préjugés ». C'est avec une inspiration toute gœthéenne et une référence aux théoriciens de la physique qu'il écrivit ainsi :

Les phénomènes doivent d'abord être étudiés dans leur particularité et c'est seulement ensuite que l'on peut réussir à les classer comme cas particuliers dans des relations toujours plus générales⁶.

Le meilleur moyen d'élaborer de manière légitime et féconde les principes d'une biologie théorique au « second sens » était en conséquence selon Bertalanffy l'examen critique des « théories » particulières disponibles. Cet examen métathéorique – qui se révélera aussi constitutif du projet « systémologique » – serait en effet susceptible de montrer non seulement les insuffisances des « théories » en question, mais aussi ce qui est digne de confiance dans la connaissance acquise des phénomènes biologiques : il aurait donc l'avantage de rester en « contact étroit avec les faits »⁷. C'est ce que Bertalanffy appelait élaborer la biologie théorique « par en bas », démarche inverse de celles tentées avant lui :

Au lieu de vouloir, par une tentative prématurée, forcer l'explication de tous les phénomènes de la vie par un unique principe, il est plutôt indiqué d'examiner précisément les théories et les faits déjà disponibles, de mettre en évidence ce qui est précieux en eux tout en écartant ce qui est inutilisable. Nous avons une telle somme d'hypothèses et de théories déjà existantes qui épuisent souvent toutes les possibilités logiques, qu'il apparaît d'abord plus profitable de les passer en revue de manière

¹ Bertalanffy L. von (1928a), p. 92.

² Bertalanffy L. von (1928a), p. 52 et p. 58 & (1932b), pp. III-IV, p. 6 et p. 27.

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 32.

⁴ Woodger J.H. (1929), p. 455.

⁵ Bertalanffy L. von (1928a), p. 4.

⁶ *op.cit.*, p. 52.

⁷ Bertalanffy L. von (1930/1931), p. 362.

critique que de leur en ajouter de nouvelles. Déterminer ce dont nous disposons de réellement assuré comme connaissances sur le vivant est la tâche principale de la biologie théorique, que nous pouvons décrire comme une biologie théorique « par en bas »¹.

C'est le « second sens » de la biologie théorique qui permettait à Bertalanffy de se dissocier des tentatives de « biologie théorique » qui avaient précédé la sienne. Par ce sens, elle ne pourrait en effet pas être accusée d'être « seulement philosophique » (accusation à laquelle elle pouvait se prêter en son « premier sens »), et encore moins d'être une métaphysique déguisée ; elle constituerait une « branche légitime des sciences de la nature » :

La biologie théorique (au « second sens ») est exactement une science de la nature au même titre que la physique théorique ; c'est-à-dire qu'elle se préoccupe exclusivement du traitement exact des faits et ne laisse aucune place à des spéculations à leur sujet.

Ce qui, pour le Viennois, n'enlevait rien à la valeur historique des « biologies théoriques » antérieures : leur caractère philosophique aurait représenté un « stade nécessaire » à l'avènement d'une véritable biologie théorique scientifique².

2-3-1-4 – *La biologie théorique comme vecteur de l'accession de la biologie au rang de « science nomothétique exacte »*

Le terme « exact » employé dans la citation précédente est décisif, car il révèle la vocation profonde assignée par Bertalanffy à la biologie théorique : faire accéder la *biologie* au rang de *science nomothétique exacte*. Cet objectif était dès 1932 tout-à-fait explicite :

Pour que la biologie sorte d'une part de la crise de ses fondements et d'autre part de l'accumulation incohérente de matériel empirique comme une science exacte purifiée par la critique [*kritisch gereinigte, exakte Wissenschaft*], la construction d'une biologie théorique assurée est nécessaire³.

Il jugeait que c'est « seulement en devenant théorique » qu'une science en général, et la biologie en particulier, peut « se métamorphoser en une *science nomothétique exacte* [*exakte Gesetzeswissenschaft*] »⁴. Une telle conception manifeste l'impact, sur lequel je reviendrai au 2-4-2-2, de sa fréquentation précoce (dès 1924) du *Vivarium* de Vienne dirigé par Prziham, où le projet, particulièrement original à l'époque, de transformer la biologie en science exacte, était pris très au sérieux et son actualisation ébauchée⁵.

S'insinuaient-il chez Bertalanffy, avec un tel projet, une contradiction avec sa volonté d'établir l'autonomie de la biologie et de ses catégories ? Devait-elle donc être purement « causale » au sens où pouvait sembler l'être la seule science « exacte » établie (la physique) et ne devait-elle pas dès lors être « exacte » que pour autant qu'on la réduise à la physiologie, et en définitive à l'analyse physico-chimique du vivant ? Les réponses de Bertalanffy à ces questions étaient bien sûr négatives. La légalité qu'une biologie « exacte » avait pour vocation de déterminer était pour lui, je vais y revenir tout au long de ce chapitre, celle de l'*ordre* organique ; c'est-à-dire une légalité de « totalité », « holistique », dont la connaissance ne saurait se réduire à celle à laquelle sont soumis les processus organiques partiels sur lesquels se fonde cet ordre. Le Viennois puisait ici encore dans l'évolution de la physique ses arguments, s'inspirant semble-t-il d'idées initialement formulées par Planck. On peut discerner dans son point de vue une interprétation de la tradition positiviste initiée par Mach, dans laquelle la causalité n'était jamais comprise que comme *une* expression de la légalité :

La science « nomothétique » ne consiste pas, comme d'aucuns l'ont souvent affirmé (Du Bois-Reymond, Sigwart, Roux, etc.), dans la compréhension de la « nécessité causale » de l'événement ; la réfutation probante de cette définition est fournie par la physique moderne [...] Une « loi » peut aussi bien être « statistique » que « dynamique »⁶ ; les lois statistiques de la mécanique quantique ne sont pas moins des « lois » que celles, dynamiques, de la mécanique classique [...] Ce n'est pas à la

¹ Bertalanffy L. von, respectivement (1928a), p. 58 et p. 100, et (1932b), p. 26. Voir aussi (1930a), p. 12.

² *op. cit.*, pp. 6, 32 et 33-34.

³ *op. cit.*, p. 6.

⁴ Bertalanffy L. von (1928a), p. 55 et Bertalanffy L. von (1932b), p. 6 et pp. 90-91.

⁵ Voir notamment Coen D.B. (2006), p. 495 en particulier.

⁶ Cette dualité fut discutée par Planck à Berlin en 1914, dans sa conférence inaugurale en tant que recteur (d'après Köhler W. (1927), p. 318)

compréhension de la nécessité causale des processus que la légalité physique doit son caractère contraignant, mais plutôt à celle de la nécessité logique de ces lois¹.

C'est avec la même inspiration qu'il écrivit en 1930, se justifiant ainsi de sa volonté déjà évoquée d'établir des lois systématiques exactes ne fournissant que « la direction générale des phénomènes » organiques, que le caractère essentiel et suffisant d'une loi est de « lier de manière univoque un état initial déterminé à un état final déterminé » et qu'« il n'est pas indispensable à cette fin de connaître tous les processus intermédiaires »².

Le problème du sens que Bertalanffy conférait au terme « exact », et celui associé de savoir dans quelle mesure l'élaboration d'une biologie théorique « au second sens » s'identifiait à celle d'une biologie mathématique, est ici central. Dans ses premières publications ne s'exprimait à vrai dire chez lui, et il ne s'en cachait aucunement, qu'une aversion pour la mathématisation du vivant, semblable à la manière avec laquelle Goethe et Bergson, si influents dans la formation de ses conceptions, avaient « évité et fui » le nombre « comme quelque chose d'amorphe et de désolé »³. Ainsi en 1927 :

L'opposition la plus profonde entre la physique et la biologie tient à leur relation à la mathématique. La science physique dans son ensemble est essentiellement mathématique ; en biologie au contraire, la mathématique ne peut être appliquée, hormis dans quelques domaines tels que la chimie organique, la biotechnique, etc., qui toutefois font abstraction du phénomène de la vie. Ce n'est pas une opposition entre les niveaux de développement de ces sciences, mais entre leurs essences⁴.

Ce qui signifiait au fond, pour reprendre l'expression de Jean-Marc Lévy-Leblond⁵, que les mathématiques ne sauraient jouer en biologie le rôle « constituant » qu'elles jouent en physique dans la formation de leurs concepts ; qu'elles ne peuvent y avoir qu'un rapport d'« application » de surcroît limité au domaine très restreint d'un traitement du vivant en tant que « non-vivant », qui le « dépouille de ses caractères propres »⁶. Si, tout en formulant l'idée que la biologie peut et doit devenir une « science nomothétique exacte », Bertalanffy récusait encore en 1928 en parallèle la maxime kantienne identifiant scientificité et mathématisation, c'est qu'il persistait, comme l'écrasante majorité de ses collègues d'ailleurs, à subordonner étroitement celle-ci à l'analyse physico-chimique du vivant, et donc à la tenir systématiquement pour un produit d'une approche physicaliste du vivant :

La proposition fondamentale de Kant [...] doit être considérée comme réfutée. Car la biologie n'est justement possible que comme une science qui travaille avec d'autres moyens de connaissance que ceux de la physico-chimie et il n'est ni possible, ni nécessaire, de réduire ces concepts biologiques fondamentaux non mathématiques à ceux de la physique et de la chimie. Les phénomènes de la vie montrent qu'il y a des domaines qui ne peuvent par principe pas être ouverts à l'analyse mathématique, qui exigent plutôt d'autres perspectives et requièrent néanmoins une science⁷.

Sa conception restait la même en 1929, sa critique se révélant alors porter au fond sur ce qu'il estimait être le fait que la mathématisation concerne toujours des propriétés quantitatives :

Les principales tentatives jusqu'à présent d'établir des lois biologiques se sont efforcées de les atteindre dans une version quantitative-mathématique [...] ⁸. Mais aucune loi de ce type n'appréhende de quelque façon le problème spécifiquement biologique [...] Les lois caractérisant la quantité de matériel vivant ne disent rien de la forme d'ordre [*Ordnungsform*] spécifique du vivant⁹.

Son rejet tenait donc à l'inadéquation des mathématiques dont il avait alors connaissance pour résoudre le problème selon lui proprement biologique de l'organisation : c'est à cet égard une « mathématique de l'ordre » qui s'imposait, non une mathématique « quantitative ».

¹ Bertalanffy L. von (1932b), p. 23.

² Bertalanffy L. von (1930/1931), p. 400.

³ Goethe J.W. (1814), in Cassirer E. (1940, 1950, 1995), p. 188.

⁴ Bertalanffy L. von (1927c), p. 253.

⁵ Lévy-Leblond J.M. (1982), en particulier pp. 197-199.

⁶ Bertalanffy L. von (1927c), p. 257 et p. 260.

⁷ Bertalanffy L. von (1928a), p. 90.

⁸ Bertalanffy faisait allusion ici à des travaux de biochimistes et il s'agissait dans chaque cas de lois physiologiques, mathématiques pour autant que le permette la chimie contemporaine.

⁹ Bertalanffy L. von (1929a), pp. 86-87.

J'ai déjà exposé au 2-2-1-5 comment sa découverte en 1930-1931, *via* notamment les travaux de Woodger, des développements de la logique mathématique et des potentialités d'une mathématique « qualitative », l'amena à réviser radicalement ses positions au point d'aboutir à une compréhension du terme « mathématique » en un « sens large » l'identifiant à « système hypothético-déductif ». Bertalanffy fut en particulier influencé par cette remarque du biologiste, dans un article publié en 1930 auquel il se référa maintes fois par ailleurs :

La physique théorique est parfois appelée physique *mathématique* et il semble que cela ait amené certains biologistes à supposer que tout ce que nous avons à faire est d'« appliquer » la mathématique aux données biologiques, de sorte que la biologie théorique émergera automatiquement. Je crois que c'est une profonde erreur, qui se fonde sur une vue trop simple et trop superficielle de la situation. Ce n'est pas tant des lois mathématiques de la physique en tant que telles dont nous avons besoin que de la *méthode* mathématique au sens le plus large [...] C'est une grande erreur que de supposer que la mathématique telle qu'on la conçoit ordinairement épuise le royaume logique. Il est maintenant reconnu qu'elle n'en représente que certains aspects et ce fait a été mis en lumière dans les années relativement récentes comme résultat de recherches dans la nature de la mathématique pure elle-même¹.

Très allusif ici, Woodger ne pensait peut-être pas seulement aux travaux concernant la théorie des ensembles et la logique mathématique (en particulier à ceux de Russell et Whitehead). Il est possible qu'il ait aussi songé aux recherches systématiques sur l'axiomatisation des mathématiques et le développement de « mathématiques structurales » (telles que la théorisation des groupes, des anneaux et des corps) à l'œuvre depuis la fin du XIX^e siècle en Allemagne sous l'impulsion de Klein et de Hilbert. Toujours est-il qu'il s'inspirait lui-même explicitement du philosophe américain Josiah Royce ; cet émule de Kant et de Hegel avait prophétisé dès 1913, peut-être en référence implicite au rôle éminent joué par le concept de groupe dans la construction de la théorie de la relativité restreinte :

La position éminente de concepts quantitatifs dans nos théories physiques contemporaines ne peut en rien être tenue pour absolument nécessaire. Il se peut qu'il y ait dans le futur des sciences physiques qui seront hautement théoriques et qui n'utiliseront pas principalement des concepts quantitatifs. Il est toutefois certain qu'elles utiliseront un système d'ordre conceptuel exact².

Il est certain qu'en filigrane des réflexions de Woodger se trouvaient aussi celles du *Theoretical Biology Club*, dont il était l'un des membres les plus actifs, sur la pertinence pour la biologie de cette mathématique qualitative par excellence qu'est en général la topologie³ – ces réflexions seront considérées au 2-4-6. Néanmoins, rien n'avait été publié à ce sujet à l'époque (sauf à prendre en compte les travaux de D'Arcy Thompson) et il est très possible que Bertalanffy l'ait ignoré au moins jusqu'en 1932 : sa correspondance du début des années 1930 avec Woodger n'évoque en tous cas jamais la topologie⁴. Cela n'empêcha pas le Viennois de commencer à envisager la possibilité d'une biologie théorique à caractères tout-à-la-fois mathématique, non-réductionniste et holistique, sous réserve que soient élaborées des mathématiques « non-conventionnelles » effectivement conformes aux besoins des sciences de la vie. Plus généralement d'ailleurs, il évoquait déjà la possibilité d'élaborer dans « d'autres sciences » – le seul exemple fourni étant toutefois celui de l'économie – des « systèmes hypothético-déductifs » ne reposant pas sur une mathématique « quantitative ». Conscient des obstacles se dressant devant un tel projet, si effectifs qu'un biologiste structuraliste comme François Meyer put trente-cinq ans plus tard tenir le même discours en des termes quasiment identiques⁵, il remarqua toutefois quant à la biologie – en prenant l'exemple de l'édification de la mécanique quantique :

¹ Woodger J.H. (1930), p. 4.

² Royce J. (1913), in Woodger J.H. (1930), p. 453.

³ En général, car certaines de ses expressions telles que la topologie algébrique peuvent aussi être considérées comme quantitatives.

⁴ Je rappelle ici que la correspondance entre les deux biologistes au début des années 1930 vient d'être mise au jour (début 2011), qu'elle va faire l'objet de plusieurs études et que je dispose de copies. Jamais la topologie n'y est évoquée.

⁵ Ce qu'écrivit Meyer en 1967 alimentait déjà les recherches de Woodger ou de Rashevsky et des ses élèves dès les années 1930, avec la bénédiction de Bertalanffy : « C'est méconnaître les ressources de la mathématique moderne que de les limiter à la logique quantitative familière aux sciences physiques. L'axiomatisation et la formalisation de la logique mathématique contemporaine ouvrent des perspectives infiniment plus vastes : ensembles, relations d'ordre, graphes, espaces de configuration, schémas probabilistes et stochastiques, semblent offrir des ressources inédites pour la description abstraite opératoire des faits d'organisation, aussi bien structuraux que dynamiques [...] La biologie, dont l'objet se présente d'emblée comme infiniment plus complexe, plus subtil, disons même plus ambigu [que celui des sciences

De quelle sorte doit être la « mathématique » à appliquer, cela ne peut en aucune façon être décidé *a priori*, mais seulement établi par la recherche [...] Nous voyons en tous cas en physique que de nouveaux domaines doivent souvent en premier lieu se créer leurs nouvelles mathématiques [...] Lorsqu'on pense ainsi que déjà pour appréhender les totalités les plus élémentaires de la physique des « mathématiques » entièrement nouvelles furent nécessaires, il semble fortement improbable que pour appréhender les totalités les plus compliquées de la nature – les organismes – le simple emploi des modes de pensée plus élémentaires de la physique et de la chimie physique puisse suffire [...] Seule la coopération intime des biologistes, des théoriciens de la physique, des mathématiciens et des logiciens pourra résoudre le problème de la « mathématisation » de la biologie¹.

Les chapitres 4 et 5 de cette partie montreront que sa découverte et son étude des premiers travaux biomathématiques dignes de ce nom, ainsi que sa propre étude en parallèle du problème de la croissance organique, l'amènèrent entre 1933 et 1937 à éliminer les restes de scepticisme qui demeuraient dans cet essai, au point d'écrire que « la forme mathématique sera[it] l'idéal vers lequel devrait tendre la biologie en tant que science nomothétique »², le terme « mathématique » n'étant alors plus seulement entendu « au sens large », mais en référence à ces constructions mathématiques plus ou moins nouvelles et développées qu'étaient la théorie des systèmes dynamiques, l'analyse intégral-différentielle et la topologie. En 1932, manifestement encore trop ignorant de l'existence de telles mathématiques, de leurs développements et de leurs potentialités pour son projet, Bertalanffy ne concevait encore toutefois l'« exactitude » d'une biologie théorique qu'au « sens large » qu'il assignait au terme « mathématique », seul l'intérêt *a priori* considérable de la logique mathématique à cet égard étant pris en compte... Au point que ses modèles ne restaient autres que les systèmes philosophiques de Leibniz et surtout de Spinoza :

Il n'est peut-être pas inintéressant de remarquer que l'idée considérée ici d'un « système hypothético-déductif non mathématique » n'est à vrai dire rien d'autre que la « démonstration *more geometrico* » des anciens rationalistes tels Spinoza et Leibniz. Spinoza n'était pas insensé au point de vouloir déduire les vérités philosophiques fondamentales « mathématiquement » (au sens étroit) ; mais « *more geometrico* », i.e. à la manière de la géométrie, sous la forme générale de la déduction logique à partir de principes très généraux tels qu'on les trouve en géométrie sous une forme particulièrement claire. Pour parler en termes modernes, l'éthique de Spinoza est la tentative d'un système hypothético-déductif non (quantitativement) mathématique de la philosophie ! Même si ces systèmes historiques ne nous satisfont plus aujourd'hui, c'est une question à examiner de savoir si leur principe fondamental était aussi absurde qu'on est en général enclin à l'admettre³.

2-3-1-5 – *Le « système de la biologie » selon Bertalanffy*

Comment Bertalanffy se représentait-il la biologie dès lors qu'elle serait mise sur la voie de la science « exacte » par une biologie théorique ? En premier lieu, quelle définition lui donner ? Celle de la « science des organismes animés en tant qu'objets du monde extérieur dans l'espace » : Bertalanffy instaurait ainsi consciemment une frontière entre biologie et psychologie, rejetant « le mélange des deux points de vue » en précisant qu'il ne s'agissait pas là d'une décision dogmatique, mais purement méthodologique. Comme chez Meyer-Abich entre autres⁴, le terme de « vie » prenait pour lui trois sens distincts : la vie « organique », la vie « psychique » et la vie « spirituelle ». D'où une conception large des sciences de la vie qui faisait bien sûr clairement écho au contexte de vogue des « philosophies de la vie », mais qui, précisément par les distinctions ainsi opérées, évitait une confusion des genres sans cesse menacée à ses yeux de confiner au mysticisme. Chacun de ces sens du concept de vie était en effet pour Bertalanffy constitutif d'une science, respectivement la biologie, la psychologie et les sciences de la culture. Et il s'agissait pour lui de ne pas confondre *a priori* ces différents sens (comme le faisaient justement les « philosophes de la vie » et en particulier les vitalistes), afin de développer au moins provisoirement de manière autonome chacune des sciences

humaines et la physique] est la seule science à ne pas faire l'effort autonome de conceptualisation et d'axiomatisation nécessaire » (in Meyer F. (1967), p. 793). L'intervalle de temps montre la difficulté considérable avec laquelle ces idées ont progressé chez les biologistes et donc, puisque certains systémiciens s'en firent les plus ardents promoteurs, l'isolement durable de ces derniers dans le monde de la biologie.

¹ Bertalanffy L. von (1932b), p. 29.

² Bertalanffy L. von (1937b), p. 16.

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 29.

⁴ Meyer-Abich A. (1926), p. 215.

correspondantes sur des bases saines, leurs connexions éventuelles ne pouvant advenir que dans la mesure où leurs progrès futurs le leur permettraient¹ – il s’agissait là clairement d’un motif anticipant celui du projet « systémologique ». Il est intéressant au passage de constater qu’en 1932, Bertalanffy prônait explicitement une méthodologie behavioriste en biologie tout en rejetant déjà le behaviorisme en psychologie, qualifié de « dogmatique » dans ce domaine² – un rejet qui fut par la suite solidaire de son anthropologie philosophique et que nous verrons central dans son approche systémique de la psychiatrie et de la psychologie.

La biologie étant comprise sur ces bases, elle devait à ses yeux devenir elle-même dans son ensemble un « système organisé ». Bertalanffy se représentait comme une hiérarchie à trois niveaux un tel « système de la biologie »³. J’ai schématisé ce système sur la page qui suit. Le troisième niveau, celui de la théorie, y était voué à coordonner l’ensemble en instaurant une nécessité logique que les deux autres, en tant que niveaux d’une représentation « contingente » des phénomènes de la vie, resteraient incapables d’établir par eux-mêmes. Le mouvement ascendant de la « biologie systématique » vers la « biologie théorique » y traduisait le caractère partiellement inductif de la biologie, que Bertalanffy ne déniait aucunement. Le mouvement descendant traduisait par contre son caractère déductif, celui que le Viennois aspirait à lui donner. La hiérarchie était de surcroît dynamique, au sens où les interactions entre les trois niveaux y étaient vues comme permanentes et nécessaires : telle était pour lui la nature d’une science hypothético-déductive. Enfin, les interactions étaient aussi vues horizontalement, c’est-à-dire existant à chaque niveau donné⁴. Bertalanffy précisa d’ailleurs que chaque travail biologique, quel que soit son domaine, est inextricablement lié aux domaines du même niveau ainsi qu’à ceux des autres niveaux : ici aussi valait la maxime selon laquelle le tout se reflète dans la partie...

¹ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 8-9.

² *op. cit.*, pp. 73-74.

³ *op. cit.*, pp. 9-26. L’expression et une première version de ce « système » étaient déjà présentes dans (1928a), pp. 58-62.

⁴ Elles n’ont pas été schématisées pour des raisons de clarté.

Biologie théorique	
Détermination des principes et des lois générales du vivant (Explication des régularités empiriques, des relations physico-chimiques, de l'ordre holistique et de l'historicité à partir de conditions générales)	Théorie de la connaissance biologique (Critique des concepts, des méthodes et des hypothèses biologiques)

Niveau 3

Biologie générale		
Recherche et description des relations entre phénomènes biologiques Collection des règles générales se dégageant de ces relations		
Perspective causale	Perspective intégrative	Perspective historique
<i>Physiologie analytique</i> (analyse physico-chimique du vivant)	<i>Anatomie physiologique</i> (étude des organes en relation avec leur fonction de contribution à la conservation de la totalité organique) <i>Écologie</i> (étude des formes organiques et de leur fonction en tant qu'« adaptation » à l'environnement) <i>Physiologie synthétique</i> (étude de l'ordre des processus conditionnant l'entretien de l'organisme) <i>Pathologie</i> <i>Bio-sociologie</i>	<i>Phylogénie</i> (description des formes et processus organiques en tant que produit d'une évolution)

Niveau 2

Niveaux descriptifs des relations et des « règles » empiriques

Biologie systématique				
Description et classification des objets biologiques				
<i>Anatomie</i> (description des formes vivantes)	<i>Morphologie</i> (comparaison des similitudes formelles entre organismes)	<i>Histoire descriptive et comparative de l'évolution</i>	<i>Bio-géographie</i> (distribution des formes vivantes dans l'espace)	<i>Paléontologie</i> (distribution des formes vivantes dans le temps)

Niveau 1

2-3-2 – « Par-delà le mécanicisme et le vitalisme » : la perspective et le programme « organismiques » de Bertalanffy

La méthodologie prônée par Bertalanffy pour la construction d'une biologie théorique « par en bas » structura les articles et essais de philosophie biologique qu'il publia entre 1926 et 1932. Leur visée fut toujours la même : démontrer par la critique épistémologique la nécessité et la légitimité d'une perspective holistique [*ganzheitlich*] d'un type inédit en biologie, alternative aux mécanicismes et aux vitalismes du passé et contemporains ; et élaborer sur sa base un programme de recherche, en montrant sa cohérence et en suggérant sa fécondité potentielle : la biologie « organismique » [*organismische Biologie*], en tant que « théorie des systèmes biologiques » – ou plutôt, en tant que moment théorique d'une « systémologie » biologique.

2-3-2-1 – La « théorie critique de la morphogenèse », acte de naissance de la biologie « organismique » de Bertalanffy

Bertalanffy privilégia l'étude de la morphogenèse [*Formbildung*] afin d'élaborer sa « biologie théorique par en bas ». Cette étude constituait ce qu'il appela lui-même son « paradigme » ; il était persuadé qu'elle révélait des problèmes se posant à tous les domaines biologiques :

Si nous devons nous prononcer en faveur d'un phénomène biologique valant comme paradigme de l'énigme du vivant en général, alors s'impose à nous celui de la morphogenèse organique¹.

Son traitement de ce problème en 1928, dans sa « théorie critique de la morphogenèse » [*Kritische Theorie der Formbildung*], fut exemplaire de sa méthode et mérite d'être synthétisé ici². On peut remarquer que Woodger, qui fut le traducteur de cet essai en anglais, se l'appropriä en 1930 et 1931 lorsqu'il prit l'embryologie et la génétique pour paradigmes et élaborä une axiomatisation de l'ordre hiérarchique (qui sera considérée au 2-4-5-2) ; l'Anglais expliqua en ces termes peut-être mieux encore sa logique que ne le fit Bertalanffy :

L'objet de cet article est d'explorer les travaux fondamentaux d'embryologie et de génétique afin de déterminer ce qui est commun à toutes les théories rivales et avec l'ambition de découvrir non ce que nous pouvons croire de manière plausible, mais ce que nous sommes contraints d'inférer. À cette fin, il nous faut révéler : (1) les généralisations empiriques bien établies qui sont communément adoptées ; (2) les postulats *a priori* communément adoptés ; et (3) le système d'ordre à l'intérieur duquel des déductions concernant ces questions sont possibles³.

Pour sa part, Bertalanffy examina d'abord minutieusement toutes les approches disponibles de la question en les classant par « disjonctions logiques »⁴ :

¹ Bertalanffy L. von (1930/1931), p. 362 et p. 401. Voir aussi (1928a), p. 226. Le terme utilisé par Bertalanffy était *Paradigma*.

² Bertalanffy L. von (1928a), pp. 102-224 et Bertalanffy L. von (1930/1931) principalement.

³ Woodger J.H. (1930), p. 442.

⁴ Bertalanffy L. von (1928a), pp. 109-207 et pp. 215-218.

I -La morphogenèse est un développement de parties individuelles mutuellement indépendantes (théories « machinalistes ») : préformation (« transformation d'une multiplicité invisible en multiplicité visible »)		II – Un facteur holistique [<i>ganzheitlich</i>] dominant le développement des parties est donné dans la morphogenèse (théories « holistiques ») : épigénèse (« création nouvelle de multiplicité »)					
I-1 (théorie machinaliste forte)	I-2 (théorie pseudo-machinaliste)	II-1 Le facteur holistique est réductible à des principes physico-chimiques s'appliquant dans le monde non-vivant			II-2 Le facteur holistique est « spécifiquement organique »		
La division de l'œuf en parties est celle du « plasma germinatif » : théorie de la division par inégalité héréditaire (Weismann, « 1 ^e » Roux)	La division de l'œuf en parties est celle du plasma : théorie des substances formatrices d'organes (His, Sachs, Fischel, Rabl)	II-1-a	II-1-b	II-1-c	II-2-a	II-2-b	
		Ce facteur correspond à une <i>tendance vers un équilibre chimique</i> des parties isolées de l'organisme en développement (Goldschmidt)	Ce facteur correspond à un <i>principe de cristallisation</i> (Przibram)	Ce facteur correspond à un « <i>principe de Gestalt</i> » identique à celui qui s'applique aux <i>Gestalten</i> physiques (Köhler)	Ce facteur est immanent à la constellation particulière de la matière organisée (Heidenhain, Gurwitsch, Weiss, Schaxel, « 2 ^e » Roux)	Ce facteur transcende la matière et dirige son organisation	II-2-b-β
						Ce facteur téléologique est une âme : Psycho-vitalisme (Becher, Bleuler)	Ce facteur téléologique est inconcevable: (entéléchie de Driesch)

Il s'autorisa ensuite de cet examen pour énoncer dix « lois de la morphogenèse » se dégageant de l'ensemble des travaux expérimentaux dérivés de ces approches, dont les résultats étaient reconnus comme assurés en dépit de la diversité de leurs interprétations¹ :

1 ^e loi	« Le développement de l'embryon jusqu'à l'organisme achevé est en substance déterminé par des causes internes à l'embryon lui-même »
2 ^e loi	« Le développement représente une division de 'dispositions' [<i>Anlagen</i>] accumulées au cours de la phylogenèse »
3 ^e loi	« Le développement constitue un accroissement de multiplicité visible »
4 ^e loi	« La détermination des parties embryonnaires pour la production d'une partie déterminée de l'organisme s'accomplit progressivement »
5 ^e loi	« La détermination des parties embryonnaires se produit en fonction du tout ; ce que deviennent les parties encore indéterminées est une fonction de leur position dans le tout »
6 ^e loi	« Une fois déterminé, le développement s'engage dans une voie définitive ; il est indifférent que le résultat permette ou non la conservation de la vie. Une régulation ayant lieu après détermination est impossible »
7 ^e loi	« L'organogenèse constitue une création d'une forme hautement différenciée à partir d'un matériel chimique non différencié »
8 ^e loi	« Malgré la différenciation, de nombreux groupes cellulaires conservent une multiplicité de potentialités souvent étonnante »
9 ^e loi	« L'organisme a tendance à conserver sa forme propre par transformation des relations dans le monde extérieur »
10 ^e loi (a) et (b)	« La forme organique se régule (10a) et se régénère (10b) dans les limites imposées par la détermination (4, 6, 8) »

Ces « lois » constituaient très largement, je le montrerai au 2-3-3, une préfiguration de ses « principes organismiques » d'« activité primaire », de « hiérarchisation progressive » et de « système ouvert en équilibre de flux », formulés quelques années plus tard. Bertalanffy était en tout état de cause conscient, ce qui est la moindre des choses compte tenu de sa conception de la théorisation, qu'il

¹ *op.cit.*, pp. 208-214.

n'avait pas de la sorte véritablement théorisé les phénomènes morphogénétiques. Il qualifia d'ailleurs en 1930 ses dix « lois de la morphogenèse » de simples « lois 'empiriques' »¹. Et écrivit dès 1928 que ses analyses n'aboutissaient pas en fait à la résolution d'un problème, mais à une manière claire et saine de le poser et à la détermination des directions dans lesquelles la recherche devait s'engager afin de le résoudre, ainsi que des impasses et des « fausses solutions » qu'il s'agissait d'éviter².

L'aboutissement de sa critique fut la réfutation point par point, au moyen de leur confrontation aux « lois » ainsi formulées, de chacune des « théories » en cours... à l'exception d'un groupe particulier de « théories » dites « holistiques »³ :

I - Théories « machinalistes »	II – Théories « holistiques »				
	II-1			II-2	
Réfutées par (4), (5), (8) et (10a) et ne fournissent aucune explication de (2)	II-1-a	II-1-b	II-1-c	II-2-a	II-2-b
	Réfutée par (7), (8), (10b) et ne fournit aucune explication de (2)	Réfutée par (1), (3), (4), (6) et (9) et ne fournit aucune explication de (2)	Réfutée par (1), (3), (9) et ne fournit aucune explication de (2), (4), (6) et (10b)	Seule perspective adéquate	Réfutées par (6) et ne fournissent aucune explication de (2)

D'après ses analyses, seules résistaient à l'examen celles de biologistes comme Schaxel, Heidenhain, Gurwitsch ou Weiss – Bertalanffy y adjoignant les travaux de Spemann dans d'autres publications. Le Viennois ne prétendait pas qu'elles soient correctes (seule la recherche ultérieure pouvant en décider), mais qu'elles adoptaient la seule perspective adéquate compte tenu des connaissances empiriques acquises. Une perspective qu'il fit sienne, où se lisent aussi bien l'influence du *Vivarium* de Vienne – en particulier de la *Morphodynamique* de Weiss (1925) – et de la « théorie de la *Gestalt* » que, plus en amont, l'héritage de la tradition « téléomécaniciste » (traduit par ses références à von Baer et Müller). On peut y reconnaître la problématique qui fut plus tard associée au concept d'« auto-organisation » :

Il ne demeure donc qu'une seule possibilité : un principe de totalité [*Gestaltprinzip*] spécifiquement organique immanent à l'organisation de la matière, au système formé, est donné dans la morphogenèse. Un principe de totalité immanent – non une âme ou une entéléchie, qui dominerait et contrôlerait de manière téléologique le système matériel et dont ce dernier constituerait un simple « moyen », mais un principe inhérent à la matière organisée, dont la perturbation constitue aussi une perturbation de la « totalité » [*Gestalt*], immanent de la même manière que la forme d'un cristal lui est immanente ; d'un autre côté, il s'agit d'un principe de totalité spécifiquement organique, non réductible à l'une quelconque des « totalités » physico-chimiques connues, qu'il s'agisse d'un équilibre chimique, d'un facteur de cristallisation ou d'une *Gestalt* physico-chimique [...] La morphogenèse doit donc être « dynamiquement préformée » – c'est-à-dire qu'elle est déterminée par un caractère de totalité [*Gestaltcharakter*] propre à l'embryon, qui constitue par rapport à ses parties physico-chimiques quelque chose de nouveau.

Déterminer les lois de cette « totalité » qui, « par essence », seraient « irréductibles aux lois physico-chimiques gouvernant le comportement de ses parties », était alors la tâche que Bertalanffy assignait à la recherche future. À défaut de mobiliser la plupart de ses collègues, c'est celle qui guida ses propres travaux. Et il ne modérait pas ses ambitions :

¹ Bertalanffy L. von (1930/1931), p. 393. Par quoi l'on voit au passage une fois encore que Bertalanffy n'avait pas un souci éperdu de la rigueur sémantique puisque nous l'avons vu distinguer nettement, tant en 1928 qu'en 1932, une loi d'une « règle empirique », les textes correspondants faisant en définitive apparaître l'expression « loi empirique » comme un oxymoron.

² Bertalanffy L. von (1928a), pp. 221-222.

³ *op.cit.*, pp. 218-221.

Par une telle analyse des processus de la morphogenèse, le « Newton du brin d'herbe » kantien devrait être possible – bien sûr pas en tant qu'il réduit la morphogenèse aux lois régissant l'inorganique, mais au contraire en tant qu'il reconnaît sa spécificité¹.

2-3-2-2 – L'expression « biologie organismique » : origines et premières significations chez Bertalanffy

L'expression « biologie organismique » [*organismische Biologie*] apparut pour la première fois en 1928, en conclusion des réflexions critiques qui viennent d'être examinées et dans le prolongement de ce qu'il avait appelé en 1927 son « vitalisme méthodologique ». Bertalanffy entendait conférer au terme *organismisch* une signification différente de celle qu'il avait conservée depuis 1906, date à laquelle l'entomologiste Ludwig Rhumbler l'avait forgé pour spécifier le terme « organique » lorsqu'il s'applique à la vie organique, donc afin de spécifier le vivant par rapport au « non-vivant »². Schaxel avait popularisé ce terme en 1919 avec sa classification des « conceptions fondamentales » dans la biologie contemporaine, qu'il avait respectivement qualifiées d'« énergétiste », d'« historique » et d'« organismique » ; mais ce fut explicitement en tant que synonyme de « vitaliste » qu'il le comprenait, incluant d'ailleurs dans cette catégorie des néo-vitalismes tels que ceux de Driesch, Reinke et Bleuler³. Si Bertalanffy reprit de Schaxel le terme *organismisch*, il insista sur le fait qu'il le réinterprétait radicalement :

Par opposition à la conception qu'en a eue Schaxel, nous construisons une biologie « organismique » qui *rend pleinement justice à la totalité* et à l'adaptation organiques, mais *sans tomber dans le vitalisme*⁴.

Telle qu'il la présenta assez succinctement la première fois⁵, l'expression « biologie organismique » désignait essentiellement pour Bertalanffy une perspective consistant à tenir la « totalité » (*Gestalt*) pour « la caractéristique première du vivant », et un programme de recherche visant à en déterminer les lois. Il s'agissait avec elle de « compléter » par un « point de vue synthétique » celui, quasi-exclusivement « analytique », de la biologie contemporaine, à l'encontre duquel s'élevaient de plus en plus de voix. Bertalanffy invoquait alors systématiquement l'émergence de pensées « intégratives », en biologie comme ailleurs, afin de légitimer son discours. En 1932, c'est ainsi la « progression des conceptions 'organismiques' » qu'il invoqua afin de justifier que son point de vue n'était pas une « simple idiosyncrasie »⁶. Schaxel, Ungerer, Rignano, Heidenhain, Gurwitsch, Weiss, Prziham, Goldschmidt et Köhler étaient mentionnés dans presque tous ses premiers textes ; Lloyd Morgan, Haldane et Whitehead les rejoignirent en 1929, Woodger et N. Hartmann apparaissant quant à eux en 1932. Telle qu'il la décrit en 1928, cette biologie « organismique » affirmait la spécificité des catégories et des lois biologiques en rejetant en particulier les arguments tirés de la théorie des *Gestalten* physiques qui assimilaient le vivant à des « totalités inorganiques », mais en rejetant avec tout autant de vigueur les arguments vitalistes qui s'appuyaient sur les phénomènes de régulation (arguments qu'il partageait pourtant encore en 1926, avant que l'article de Köhler publié en 1927 sur l'autorégulation des *Gestalten* physiques ne l'incite à modifier sa position⁷) :

Les faits de la régulation que le vitalisme a présentés comme preuve de l'autonomie du vivant n'en sont pas ; car ils ne sont absolument pas inaccessibles à une explication ou au moins à une analogie physico-chimique [...] Le point décisif n'est pas qu'il y ait dans l'organique une « totalité », car certains systèmes physico-chimiques en manifestent aussi une – mais c'est le *type de totalité*, une totalité *qui se développe par elle-même* [...] Ce ne sont pas les phénomènes de régulation qui constituent une preuve de la légalité spécifique du vivant [...] mais le « problème de l'embryon »

¹ Bertalanffy L. von (1928a), pp. 221-222.

² Schaxel J. (1919), p. 203.

³ *op.cit.*, pp. 138-144.

⁴ Bertalanffy L. von (1930a), p. 24. Les italiques me sont propres.

⁵ Bertalanffy L. von (1928a), pp. 223-228.

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), p. VIII.

⁷ Dans Bertalanffy L. von (1926b), pp. 414-415, il écrit déjà qu'il ne partageait pas l'espoir de conceptualiser l'organisme par des analogies avec les *Gestalten* physiques de Köhler. Mais l'argument était alors celui de l'autorégulation, tenue comme chez Driesch pour une caractéristique de l'organique. Or, l'article de Köhler de 1927 s'efforçait justement de montrer la pertinence de son concept de *Gestalt* pour ce problème. Bertalanffy resta certes opposé à l'assimilation ainsi entreprise, mais on le voit modifier son argumentation ici, en 1928.

dans ses différentes significations, en tant que génération autonome d'une forme de l'intérieur, en tant qu'accumulation et évolution de dispositions [*Anlagen*]¹.

Bertalanffy prônait une biologie « organismique » au sens où elle instaurait le concept d'organisme dans une « position centrale semblable à celui du concept d'énergie en physique ». Ce concept ne devait avec elle plus rien avoir de vitaliste au sens classique du terme, mais devenir au contraire authentiquement scientifique. Et il serait le seul à pouvoir permettre une description adéquate des phénomènes biologiques. Bertalanffy le caractérisa en 1928 par une formulation holistique très proche de celles des théoriciens de la *Gestalt* :

Le concept d'organisme n'a rien de vitaliste ni de métaphysique, pas plus que le concept d'énergie n'est métaphysique pour le physicien moderne. Il *permet la description des phénomènes* dans le domaine de la nature animée [...] De la même manière que le concept d'énergie est la forme d'expression de la loi causale régissant le monde de l'inorganique, celui d'organisme est la *forme d'expression de la perspective finaliste* que nous devons adopter vis-à-vis des organismes à côté de la perspective causale. La caractéristique de l'organisme est premièrement qu'il est *plus que la somme de ses parties* et deuxièmement que les processus particuliers y sont *ordonnés en direction de la conservation de la totalité*².

La totalité, érigée en catégorie formelle fondamentale de la biologie, devait selon lui permettre, conformément aux analyses d'Ungerer, de « purifier la biologie du concept anthropomorphe de finalité en tant qu'« intention » ou *causa finalis* » au sens aristotélien, et de lui « substituer » celui, « positiviste », de « dépendance nomothétique » d'un événement présent à un événement futur – les analyses de von Hartmann et l'usage purement formel de la téléologie en physique d'Euler et Lagrange à Sommerfeld étant ici convoqués³. En ce sens, le terme « organismique » pouvait lui-même être interprété par Bertalanffy comme la version « positiviste » du terme « téléologique ». Sa perspective « organismique » s'opposait à tous les types de mécanicisme tels que je les ai définis, i.e. à toutes les approches méristiques, ainsi qu'à tous les types de physicalisme, même d'inspiration holistique (tels celui de Köhler). Mais elle n'était pas non plus vitaliste au sens métaphysique du terme, s'attachant fermement à un naturalisme ne reconnaissant aucun facteur transcendant la matière qui dirigerait l'organisation vivante : elle tenait selon lui une « position médiane entre mécanicisme et vitalisme » qu'il avait dès 1926 appelée de ses vœux en la qualifiant de « positiviste » (il parla en 1928 aussi de son « esprit positif ») – cet adjectif, qui constituait manifestement pour l'essentiel un effet d'annonce lié à sa proximité avec le Cercle de Vienne et au fait qu'il soutenait sa thèse la même année sous la direction de Schlick, signifiant non qu'il faudrait se limiter aux « faits », mais que les biologistes ne devraient pas confondre des principes théoriques et des postulats métaphysiques⁴. Face aux apories des mécanicismes et des vitalismes métaphysiques, sa biologie « organismique » incarnerait « l'avenir de la biologie » : elle seule était selon lui susceptible de « libérer la voie pour une pensée copernicienne »⁵, c'est-à-dire pour une biologie théorique digne de ce nom.

Entre 1929 et 1932, les écrits de philosophie biologique de Bertalanffy consistèrent à élaborer de manière plus consistante cette « troisième voie » dont il n'avait en 1928 qu'esquissé les grandes lignes, de surcroît en rapport avec le seul problème spécifique de la morphogenèse. Cet effort trouva son aboutissement dans le premier volume de sa « biologie théorique » (*Theoretische Biologie*), qui examinait l'ensemble des problèmes et des théories biologiques contemporains, fournissait une critique systématique des « mécanicismes » et des « vitalismes », précisait la signification et les vocations de sa biologie « organismique », et énonçait enfin quelques « principes » généraux supposés constituer un socle sur lequel l'édification d'une « théorie des systèmes biologiques » serait possible. Ces derniers « principes » seront examinés au 2-3-3. Je n'entrerai pas ici dans le détail des problèmes et des théories critiqués par Bertalanffy, la plupart ayant été largement évoqués dans ma première partie. Il s'agira d'examiner l'essentiel de sa critique des « mécanicismes » et des « vitalismes », puis de mettre en évidence en quoi s'en distinguait effectivement sa biologie « organismique ».

¹ Bertalanffy L. von (1928a), p. 224. Les italiques me sont propres.

² *op.cit.*, p. 74. Les italiques me sont propres.

³ *op.cit.*, p. 81.

⁴ Bertalanffy L. von (1926b), p. 416 ; (1928a), p. 227 et (1928b), p. 157.

⁵ Bertalanffy L. von (1928a), p. 228.

2-3-2-3 – La critique générale des mécanismes biologiques

La critique des mécanismes biologiques mise en œuvre par Bertalanffy commençait par une « clarification » du terme *Mechanismus* qui rejoignait consciemment celle opérée en 1929 par Woodger, le Viennois affirmant néanmoins qu’il ne connaissait pas encore les travaux de l’Anglais lorsqu’il la rédigea – ce qui peut paraître plausible eu égard au fait qu’elle s’inscrivait effectivement dans la continuité de ses travaux critiques commencés en 1926, mais devient plus contestable au vu de sa correspondance avec l’Anglais en 1930-1931, qui était largement centrée sur ces questions biophilosophiques¹. Woodger avait repéré quatre sens dans l’usage de l’expression *mechanical explanation* : une interprétation dans les termes de la mécanique classique, une explication n’utilisant que des concepts physiques et/ou chimiques, une explication reposant sur l’analogie avec la machine ou encore le postulat méthodologique affirmant que le comportement de l’objet d’étude est d’une manière ou d’une autre sujet à une détermination causale². Bertalanffy distingua quant à lui cinq sens³, dont les quatre premiers correspondaient aux analyses de Woodger :

Sens 1	Explication à partir des principes de la mécanique au sens propre
Sens 2	Explication strictement physico-chimique des phénomènes biologiques
Sens 3	Conception (analytico-)« sommative » de l’organisme : (3a) Explication par sommation de processus physico-chimiques individuels (3b) Explication par sommation de processus physico-chimiques individuels résultant des activités agrégées de petites structures physico-chimiques et de leur arrangement (théorie « machinaliste » du vivant)
Sens 4	Explication causale par excellence des phénomènes biologiques (« déterminisme »)
Sens 5	Explication des phénomènes biologiques seulement à partir de causes spatio-temporelles, de « principes immanents à la nature objective »

Bertalanffy écarta d’emblée le premier sens : il n’était pas pertinent pour la biologie et n’était d’ailleurs plus compris ainsi par les biologistes, ni même en général – la physique ayant elle-même dû depuis longtemps renoncer à l’universalité des explications « mécaniques ». Le Viennois écarta tout aussi rapidement le dernier sens, qu’il jugeait avec raison vider le terme « mécanisme » de son intérêt. Le mécanisme ainsi compris correspondait à ce que j’ai appelé « naturalisme » au 1-2-1. Et pour Bertalanffy, « toute science doit procéder de manière ‘mécaniciste’ en ce sens ». Il le considérait par contre comme le « véritable opposé du vitalisme » (métaphysique), dans la mesure où ce dernier introduit des facteurs transcendants et non spatiaux dans l’interprétation des phénomènes. Il jugeait tout aussi inadéquat le quatrième sens du terme, souvent implicite dans la littérature biologique : tous les vitalismes visent une explication causale des phénomènes biologiques (tel est le sens de l’introduction de l’entéléchie par Driesch) et seraient donc « mécanicistes » de ce strict point de vue.

Bertalanffy souligna que la confusion terminologique commence déjà ici, car les « facteurs » vitalistes sont non-mécanicistes au sens 2 et mécanicistes au sens 4. L’opposé logique du sens 4 est en fait non le vitalisme, mais l’indéterminisme. Il considérait que l’erreur sous-jacente et souvent commise consiste à identifier toute explication causale à une explication physico-chimique. Une erreur qu’il voyait en impliquer une seconde chez les auteurs concernés, à savoir que toute science devant fournir des explications causales, il n’y aurait d’explication scientifique que pour autant qu’elle soit physico-chimique. En réalité, cette identification qui jouait un rôle important dans la justification du mécanisme était abusive et injustifiée pour Bertalanffy, aux motifs que rien n’impose logiquement à la causalité d’être exclusivement d’ordre physico-chimique ; et que la physique quantique ayant elle-même remis en cause la nécessité du postulat de causalité, elle devrait être qualifiée de vitaliste si la

¹ Correspondance entre Bertalanffy L. von et Woodger J.H., *Archives du B.C.S.S.S.*

² Woodger J.H. (1929), pp. 259-260 en particulier.

³ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 38-40.

confusion en question était admise¹. Bertalanffy nota de surcroît qu'il ne suffit même pas de dire que l'on exclut toute téléologie pour exclure le vitalisme du sens 4, car la téléologie – en particulier toute intentionnalité – présuppose la validité du principe de causalité. Selon lui, ce que cachait le sens 4 tel qu'opposé en général au vitalisme n'était autre en fait que son amalgame implicite avec le sens 5, seul véritable opposé du vitalisme : dans ce cas se retrouvait en effet exclue la possibilité de facteurs causaux transcendants².

Quant aux sens 2 et 3, les seuls en lesquels Bertalanffy jugeait en définitive pertinent d'utiliser le terme « mécanicisme », ils correspondaient bien sûr que ce que j'ai appelé au 1-2 respectivement le physicalisme et sa spécification méristique – la distinction entre 3a et 3b consistant seulement en un souci plus marqué dans la seconde de prendre en compte, *via* la métaphore de la « machine », le caractère de « totalité » de l'être biologique, la coordination des parties et des processus qui le constituent. Remarquons que le sens 2 était en lui-même ambigu : s'agissait-il de signifier que les lois auxquelles est soumis le monde vivant sont les mêmes que celles qui régissent le monde non-vivant (et donc qu'elles ne présentent aucune nouveauté réelle) ? Ou d'affirmer que les premières ont bien une spécificité, mais qu'elles sont en dernière analyse dérivables de principes et de lois physiques connus ou restant à établir, de sorte que la biologie est assimilable à un domaine des sciences physiques au même titre que la chimie ? Nous verrons plus loin Bertalanffy distinguer clairement les deux options, sources d'un clivage non pas cette fois entre « mécanicistes » et « vitalistes », mais parmi les avocats d'un holisme biologique farouchement anti-vitaliste. Il est intéressant de remarquer que le Viennois confondait lui-même le plus souvent les sens 2 et 3 avant 1932. Ce sont les débats autour de la pertinence de la *Gestalttheorie* pour la biologie qui l'amènèrent à prendre conscience du fait qu'une explication mécaniciste au sens 2 était *a priori* envisageable sans pour autant être mécaniciste au sens 3. Et c'était justement selon lui parce que Driesch avait ignoré cette distinction nécessaire qu'il fut amené à croire qu'il réfutait tout « mécanicisme » en démontrant le caractère intenable des points de vue méristiques : il n'avait pas vu qu'en s'attaquant au seul mécanisme entendu au sens 3, il ne réfutait en rien le mécanicisme au sens 2 et que son introduction de facteurs transcendants non physico-chimiques n'était pas logiquement nécessaire afin d'atteindre le but qu'il s'assignait³. De manière analogue, Woodger reprocha à Haldane de faire de « physique » un synonyme de « mécanique » et de croire qu'abandonner la « théorie de la machine » revenait nécessairement à renoncer au mécanicisme « dans toutes ses significations », ce qui était selon lui profondément erroné⁴.

De mon point de vue, et conformément aux considérations du 1-2-3, ces réflexions préliminaires de Bertalanffy restaient trop imprécises du fait de leur manque de disjonction claire entre traits méristiques et physicalistes : sa subordination du mécanicisme au physicalisme était trop restrictive, l'amenant lui-même à des inconsistances telles que son attaque réitérée du « mécanicisme » d'une théorie darwinienne de l'évolution dont le pseudo-physicalisme pouvait tout au mieux être tenu comme un inscrutable horizon de principe... Bertalanffy en tira quoiqu'il en soit trois conclusions fondamentales. La première était que « mécanicisme » et « vitalisme » ne constituent pas une vraie disjonction logique, raison pour laquelle leur opposition ne peut que susciter des controverses indéfinies. La seconde était qu'une explication non mécaniciste au sens 2, donc spécifiquement biologique, n'a logiquement aucune raison d'être nécessairement vitaliste (métaphysique), puisque seul le naturalisme est *a priori* contredit par le vitalisme (métaphysique) :

Une explication objective mais utilisant d'autres concepts que physico-chimiques est tout à fait concevable et sa possibilité n'est aucunement réfutée par le caractère non-scientifique du vitalisme⁵.

La dernière était que les insuffisances du mécanicisme au sens 3, soulignées comme nous l'avons vu par de nombreux biologistes (dont Driesch), n'imposaient aucunement d'adopter l'option vitaliste métaphysique, celle-ci n'étant pas son contraire logique :

L'opposé de la « théorie machinaliste », i.e. de la conception sommative des processus de la vie, est la « théorie systémique » (*Systemtheorie*), qui conceptualise l'organisme comme un système unifié¹.

¹ Voir déjà à ce sujet Bertalanffy L. von (1927d), p. 653.

² Bertalanffy L. von (1932b), pp. 39-40.

³ *op. cit.*, p. 38.

⁴ Woodger J.H. (1930), p. 7.

⁵ Bertalanffy L. von (1932b), p. 40.

L'expression *Systemtheorie* n'entraîne pas ici pour la première fois en scène : Bertalanffy l'avait utilisée dès 1930, écrivant alors justement que « la théorie systémique du vivant se substitue à la théorie machinaliste »² (le terme *System* étant quant à lui apparu dès 1926, dans son premier article biologique³). Le fait qui mérite d'être souligné ici, dont l'importance sera reconsidérée par la suite de cette section, est que la « théorie systémique » ne s'opposait logiquement pas, selon Bertalanffy lui-même, au mécanicisme entendu au second sens.

Le Viennois opérait une autre distinction déjà discutée dans ma première partie, identique à celle effectuée par Woodger en 1929 : celle entre mécanicismes « métaphysique » et « méthodologique »⁴, qui impliquait en principe deux classes d'interprétation des diverses variantes de mécanicisme précédemment discutées. Il put définir de manière là encore trop restrictive la première option comme celle d'un réalisme métaphysique tenant le « jeu aveugle des atomes » pour la réalité ultime à laquelle tout processus, qu'il soit organique ou non, peut et doit être réduit. Il rejoignait néanmoins plus généralement Woodger, qui avait souligné que le débat doit en fait, pour un mécanicisme méthodologique, ne porter que sur les explications fournies par le biologiste, et non sur la nature, l'« essence » de ses objets ; qu'il reste purement logique, consistant par exemple non à affirmer qu'un organisme *est* en un certain sens une « machine », mais qu'on ne peut en traiter scientifiquement qu'en faisant *comme s'il* en était une⁵. Et Bertalanffy considérait naturellement que seul un mécanicisme soutenu méthodologiquement est susceptible d'avoir une pertinence scientifique :

Pour le scientifique, il est évident que la seule question valable est de savoir quels principes d'explication sont nécessaires et suffisants pour l'événement organique ; i.e. si les hypothèses et lois physiques suffisent afin d'expliquer l'événement biologique⁶.

Soulignons aussi qu'il reconnut dès 1927, sans changer par la suite d'avis à ce sujet, qu'un tel mécanicisme fut dans l'histoire de la biologie une « hypothèse de travail très utile » ayant « engendré d'admirables résultats »⁷ – un fait indéniable, particulièrement en physiologie⁸.

Mais le problème était déjà à ses yeux que les deux interprétations en question du mécanicisme se superposaient le plus souvent dans le mécanicisme « au sens 2 ». Or, par le dualisme qu'ils instauraient entre les « molécules aveugles » et les « facteurs vitaux » finalistes, tous les vitalismes « classiques » se positionnaient en dernière analyse sur le terrain métaphysique, et non méthodologique. Il n'y avait donc pour Bertalanffy aucun lien logique nécessaire entre le rejet du mécanicisme méthodologique et l'adhésion à un vitalisme « classique », ce rejet impliquant seulement d'embrasser un « vitalisme méthodologique » que rien, sinon un mécanicisme métaphysique implicite, ne devrait disqualifier aux yeux des biologistes ; ce qui lui permit de préciser une idée que nous l'avons déjà vu avancer :

Une théorie « non-mécaniciste » [au sens méthodologique] qui ne soit toutefois en aucune manière « vitaliste » au sens usuel du mot, apparaît du point de vue logique parfaitement possible⁹.

Pour lui, une telle théorie était non seulement possible, mais au moins aussi légitime que toutes celles dérivant d'un mécanicisme méthodologique, dans la mesure où ce dernier introduit toujours un biais injustifié sur les plans strictement logique et scientifique :

L'exigence selon laquelle les explications biologiques ne « doivent être » et ne « peuvent être » que physico-chimiques est en tous cas en opposition avec les procédés effectifs de la biologie. En biologie sont en fait constamment appliquées des méthodes qui ne sont pas physico-chimiques ; des descriptions dont ne résultent pas des expressions physico-chimiques ; des théories qui, justement, sont « biologiques » et non physico-chimiques [...] Il est clair que nul ne peut contester les succès

¹ *op.cit.*, p. 38.

² Bertalanffy L. von (1930/1931), p. 391.

³ Bertalanffy L. von (1926b), p. 414.

⁴ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 40-45.

⁵ Woodger J.H. (1929), pp. 229-231.

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), p. 40.

⁷ Bertalanffy L. von (1927a), p. 265.

⁸ Ainsi l'invention de l'électrophysiologie par Du Bois Reymond : sa découverte de l'existence du potentiel d'action (qu'il nomme « variation négative ») et de sa propagation (courant d'action) permit d'expliquer les liens entre activité nerveuse et contraction musculaire.

⁹ Bertalanffy L. von (1932b), p. 41.

immenses du mécanicisme. Le postulat du mécanicisme méthodologique est toutefois à double tranchant. Lorsque nous appréhendons les phénomènes biologiques avec la volonté de n'y trouver qu'une légalité physique et chimique, cela nous mène facilement à ne pas voir tous les problèmes biologiques, à nier même ceux qui ne se laissent pas traiter par les méthodes conceptuelles et expérimentales de la physico-chimie [...] Indépendamment de savoir si « en dernière analyse » la réduction des phénomènes biologiques à la légalité physique est possible, nous ne devons pas commencer avec un postulat énonçant comment les objets biologiques « doivent être », mais seulement avec le souci honnête d'établir comment les objets sont réellement et d'en élaborer des théories et des explications adéquates¹.

Une formule de Kroner ne lui était probablement pas étrangère à cet égard, d'autant plus qu'elle concluait l'essai de 1913 qui lui servit par ailleurs plusieurs fois de référence :

Interroge l'organisme au moyen des méthodes physico-chimiques, et il ne te donnera jamais d'autre réponse que physico-chimique, donc jamais *en tant qu'organisme*².

Bertalanffy rejoignait en tous cas de la sorte une fois encore Woodger, qui avait avant lui relevé en des termes semblables cette difficulté manifeste de toute prétention à ériger un mécanicisme méthodologique en seul point de vue scientifiquement légitime. Pour les deux biologistes, un tel mécanicisme avait certes une valeur heuristique, mais demeurait profondément « insatisfaisant du point de vue de la biologie théorique » :

Si notre système de postulats est tel qu'il exclut toute notion non mécaniciste, nous ne pouvons attendre de notre pensée qu'un résultat mécaniciste. Donc si le mécanicisme méthodologique procède ainsi, on peut aussi dire qu'il a résolu le problème avant même toute recherche particulière, puisqu'il ferme la porte à d'autres possibilités. C'est du seul point de vue heuristique que l'on peut dire avec certitude que le mécanicisme nous a guidés dans la bonne direction. Mais c'est clairement inutile du point de vue théorique, car une collection de données ne constitue pas une science³.

Le « reproche fondamental » adressé par Bertalanffy à toutes les explications mécanicistes du vivant jusqu'à son époque était en fin de compte qu'aucune d'entre elles n'appréhendait les « problèmes de la vie à proprement parler », qu'elles n'enseignaient rien sur ce qui est spécifiquement organique, ne fournissant en définitive et pour cette raison même qu'une collection d'informations sans unité⁴. À la suite de Schaxel et d'Ungerer, dont il reprit systématiquement les analyses déjà considérées à ce sujet, il voyait tout mécanicisme condamné à une « auto-contradiction » perpétuelle. Outre le problème de l'historicité du vivant, de l'émergence de formes d'une complexité croissante au cours de l'évolution et du défi qu'elle semblait à l'époque pour beaucoup poser à la thermodynamique⁵, tout mécanicisme serait sans cesse contraint de recourir à des concepts tels que ceux d'organe, de régulation, de développement, d'adaptation et de sélection naturelle, qui ne sont pas physico-chimiques et sont même de part en part téléologiques. Alors qu'on prétendait avec lui l'abolir, il amènerait en fait inévitablement à postuler la téléologie du vivant, ou à la réintroduire aussitôt que l'on croit l'avoir supprimée par son entremise⁶. De sorte qu'il n'y aurait en définitive pas de meilleur argument pour les vitalistes que les écrits mécanicistes eux-mêmes :

C'est une réfutation décisive du mécanicisme que s'insinuent dans son propre système conceptuel des concepts qui concèdent au vivant une position particulière par rapport à l'inorganique, qu'il ne devrait pas avoir selon ses propres principes⁷.

Ce constant recours à des notions et concepts n'appartenant pas au domaine des sciences de la nature inanimée traduirait non comme on pouvait parfois le voir allégué un usage de « modes d'expression seulement provisoires », mais bien une nécessité intrinsèque exprimant l'inadéquation des cadres catégoriaux *contemporains* de ces sciences pour la biologie⁸.

¹ *op.cit.*, pp. 43-44.

² Kroner R. (1913), p. 165.

³ Woodger J.H. (1929), pp. 231-232.

⁴ Bertalanffy L. von (1932b), p. 120.

⁵ Bertalanffy L. von (1927d), p. 657 et (1932b), p. 64.

⁶ Sur cette critique, voir déjà Bertalanffy L. von (1927a), p. 268 ; (1927c), p. 256 ; (1927d), p. 659 et (1927e), p. 405.

⁷ Bertalanffy L. von (1930a), p. 16 et (1932b), p. 54.

⁸ Bertalanffy L. von (1929e), p. 406, (1927c), p. 260 et (1930a), p. 17.

Le terme « contemporain » est ici d'une grande importance. La critique bertalanffienne des mécanismes convergeait vers l'idée que même soutenus en apparence méthodologiquement, ils s'enracinaient tout autant que les vitalismes métaphysiques dans des présupposés extrascientifiques. Leur principal motif serait en fin de compte de s'employer à établir une prétendue « unité de la conception de la nature ». Mais Bertalanffy remarquait d'une part qu'au même titre que les vitalismes métaphysiques, tout mécanisme introduit un dualisme dans l'image scientifique du monde : tandis que les premiers instaurent une césure entre physique et biologie, les seconds en instaurent une entre biologie et psychologie¹. Et il soulignait d'autre part que cette hypothétique unité ne saurait de toute façon être érigée en preuve de leur pertinence : elle demeurerait seulement un postulat que seule la recherche future pourrait éventuellement justifier. Tout mécanisme serait en fait, au même titre que tout vitalisme postulant la spécificité ontologique du vivant, une « prophétie », l'« expression d'une attente sur le futur de la science ». C'est pourquoi, selon lui, la controverse opposant mécanistes et vitalistes (au sens classique du terme) ne pouvait être dissipée sur le seul terrain expérimental : aucune expérience ne pourrait trancher entre deux points de vue imprégnés d'*a priori* métaphysiques et toujours susceptibles de l'interpréter à leur manière². C'est aussi pourquoi Bertalanffy n'entra jamais dans le piège de polémiquer sur cette prophétie : il rejeta certes constamment du mécanisme « au sens 2 » l'idée selon laquelle le vivant est *a priori* réductible aux lois physico-chimiques *connues* et doit en conséquence être appréhendé avec les catégories et les méthodes établies des sciences physico-chimiques ; mais ce fut en n'écartant jamais (même s'il en suggéra l'éventualité en 1932) la possibilité que la recherche future puisse en vérifier la « prophétie » ; en ce sens, son opposition au mécanisme « au sens 2 », son affirmation de la spécificité des lois biologiques, resta toujours un postulat méthodologique et non ontologique. La critique bertalanffienne de la composante physicaliste des mécanismes fut de ce fait assez mesurée et, nous le verrons au 2-6, assez ouverte pour laisser envisager la possibilité d'une « physique élargie » permettant de mieux appréhender les problèmes de la vie. Celle que le Viennois élaborait eu égard aux mécanismes « aux sens 3 » c'est-à-dire plus spécifiquement à l'encontre des perspectives méristiques en biologie, fut par contre, comme on peut s'y attendre, nettement plus radicale. Aussi radicale que sa critique des vitalismes métaphysiques, précisément pour la raison originale qu'il les voyait comme objectivement indissociables.

2-3-2-4 – La critique spécifique des perspectives méristiques en biologie

En fait, le mécanisme « au sens 2 » n'était guère qu'une version récente née avec les spéculations autour de la *Gestalttheorie*, et c'est très légitimement que le Viennois regroupait aussi les mécanismes « aux sens 3 » sous l'appellation de « mécanisme classique » : si l'on s'en tient à sa classification, tout mécanisme antérieur aux années 1920 reposait sur ce qu'il appelait le « principe fondamental » du « point de vue sommatif » [*summative Betrachtungsweise*] – le terme « sommatif » étant tenu pour synonyme d'« analytique » ou d'« atomistique »³. Il en vint d'ailleurs (sans le dire...) à répudier au moins une fois après-guerre sa manière antérieure d'avoir trop étroitement lié mécanisme et physicalisme, explicitant par-là même ce qu'il visait vraiment lorsqu'il critiquait le premier :

Ce qui est mécaniste, ce n'est pas l'étude physico-chimique du vivant, mais seulement la considération unilatérale des processus isolés et la négligence de la spécificité organismique, à savoir l'ordre holistique qui s'exprime dans tous les phénomènes de la vie⁴.

Telle était précisément pour lui l'origine majeure de sa faiblesse :

L'erreur fondamentale du mécanisme classique fut le point de vue sommatif⁵.

Singeant les méthodes de la physique classique et de la chimie, cette forme de mécanisme pensant les problèmes de la vie sur ce qu'il appelait le « modèle de l'agrégat » avait selon lui outrageusement investi la biologie au dix-neuvième siècle, finissant par prétendre y imposer l'exclusivité de sa

¹ Bertalanffy L. von (1927a), p. 269 et (1932b), p. 45.

² Bertalanffy L. von (1932b), p. 41 et p. 45. Woodger, dont la perspective était identique à celle de Bertalanffy sur ce point encore, écrivit de même ((1930), p. 443) : « On jette une lumière sur beaucoup de controverses biologiques dès lors que le rôle qu'y joue l'*a priori* est clarifié, et l'on voit que souvent la querelle porte sur quelque chose qui ne peut être établi de manière décisive par un appel à l'expérience ».

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 47. Pour la synonymie en question, elle est explicite dans (1934b), p. 343 et p. 351.

⁴ Bertalanffy L. von (1946a), p. 10.

⁵ Bertalanffy L. von (1930/1931), p. 387.

légitimité ; les travaux particuliers de Max Verworn, Roux et Weismann, ainsi que la théorie darwinienne, étaient ici en ligne de mire :

Ainsi la physiologie considérait-elle l'organique [*das Organischen*] comme un agrégat de cellules et de processus, la mécanique du développement comme un agrégat de déterminants, la théorie de l'hérédité comme un agrégat de gènes, le darwinisme comme un agrégat d'attributs. En dernière analyse, le mécanicisme [en ce sens] vise à résoudre l'activité de l'organisme dans sa globalité en des processus physico-chimiques individuels. Et une vision largement répandue reste qu'avec une information complète quant aux substances aussi bien qu'aux processus organiques, le problème de la vie serait en principe résolu, et qu'une biothéorie spécifique serait donc superflue¹.

Qu'il ne s'agisse pas dans ces observations d'une lubie, de la création de toutes pièces d'un ennemi de chiffon permettant de mieux asseoir ses propres positions, mais bien d'une réalité encore prégnante à son époque, on peut s'en convaincre par exemple en remarquant que dans la lignée d'un Verworn, qui avait pu en son temps exiger « qu'on en finisse avec le dogme de l'organisation mystique »², le biologiste allemand Otto Kohler jugea bon en 1933 de rappeler à l'ordre ses collègues tentés par des formes holistiques de pensée :

On doit en rester une fois pour toutes à la méthode qui féconda les sciences de la nature : l'analyse causale *atomisante* [...] La négligence de l'analyse par rapport à la « vision » de la totalité interdit toute possibilité de prédiction et de domination de l'événement : elle rend la science impossible [...] Les sciences de la nature doivent en pratique tous leurs progrès à l'analyse³.

Le très influent M. Hartmann allait dans le même sens d'une réduction de la connaissance de la « totalité » organique au strict cadre de la très classique méthode analytico-synthétique :

La connaissance des relations constitutives des totalités et des lois générales qui sont à leur fondement ne peut être atteinte que dans le cadre d'une méthode inductive, consécutivement à leur démembrement et à la recombinaison synthétique de leurs membres qui s'ensuit⁴.

Bertalanffy admettait certes sans difficulté la nécessité et la fécondité du point de vue « sommatif » en biologie, reconnaissant par exemple ses réussites en physiologie et en génétique. Mais il récusait vigoureusement l'idée qu'il puisse suffire :

La question doit être posée de savoir si ce procédé « analytique » ou « sommatif » suffit *seul* à la résolution des problèmes biologiques⁵.

C'est ici d'abord chez Schaxel qu'il puisa l'un de ses arguments décisifs dans la promotion de sa propre perspective. Le biologiste de Jena avait déjà visé en 1919 ses biais méristiques lorsqu'il avait caractérisé l'aporie inhérente à ce qu'il appelait la conception « énergétiste » :

La limite la plus évidente de la conception énergétiste tient au constat que des substances et processus vitaux ne sont jamais donnés en tant que tels, mais adviennent seulement en relation avec un organisme individuel. Le physicien peut sans reste parler de chute libre et le chimiste d'acide sulfurique, tandis que le biologiste ne peut traiter qu'avec réserve d'excitation et de protoplasme⁶.

Bertalanffy reprit cette réflexion en soulignant qu'il y avait là une frontière *logique* qui délimitait *a contrario* la légitimité d'une perspective complémentaire érigeant l'*organisation* comme problème *théorique* fondamental de la biologie :

De même que le summation des propriétés des liens organiques ne conserve pas les attributs de la vie, l'analyse du vivant ne peut nous offrir une solution du problème de la vie, l'« organisation » [...] Il va de soi que l'on ne peut exclure l'hypothèse que celle-ci soit en définitive une combinaison provisoirement inanalysable de facteurs physiques et chimiques ; mais l'on peut prétendre avec assurance que même si nous connaissions complètement les substances particulières de l'organisme, ce problème de l'organisation, qui constitue précisément l'essentiel du vivant, ne serait toujours pas

¹ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 48-49.

² Verworn M., in Hertwig O. (1918), p. 23.

³ Kohler O. (1932/1933), pp. 345-347.

⁴ Hartmann M. (1937), pp. 38-39.

⁵ Bertalanffy L. von (1932b), p. 49.

⁶ Schaxel J. (1919), p. 127.

résolu – *justement parce que cette recherche en fait abstraction*. L'observation analogue peut aussi être faite pour les processus vitaux¹.

Outre celle de Schaxel se lit ici encore l'influence de Woodger, qui avait déjà pointé trois ans plus tôt en ces termes la même frontière logique :

Que signifie le fait qu'un organisme est vivant ? La biologie moderne n'a aucune réponse à cette question, car elle reste sous l'influence d'un mode d'abstraction qui fait et par nature doit faire abstraction du fait que l'organisme est vivant².

L'Anglais avait remarqué dans le même sens l'année suivante qu'« en appliquant la notion de 'matière' ou de 'substance chimique' [au vivant], nous faisons abstraction de son hétérogénéité et de son organisation » et que « cette procédure sera fallacieuse si l'on oublie sa nature abstractive » dans les cas où l'organisation doit être prise en compte³. L'impossibilité « de principe » d'une explication de la vie au moyen de la seule analyse physico-chimique – même exhaustive – se présentait en tous cas à Bertalanffy comme une évidence. Qu'elle ne puisse rien enseigner sur le vivant *en tant que tel* et que la notion de « substance vivante » soit dépourvue de signification, la preuve en était selon lui fournie par le fait qu'on peut tuer un organisme sans rien changer aux substances qui le constituent, par une simple perturbation de l'ordre auquel elles sont soumises. En définissant en 1929 la vie comme un « état systémique » et la mort comme sa destruction, Bertalanffy ressuscitait la caractérisation de la vie par l'organisation, si typique du début du dix-neuvième siècle et récurrente par la suite – dans le courant « téléomécaniciste » allemand comme en France, par exemple chez Comte, Béclard, Rostan, puis Bernard (dont la doctrine du « vitalisme physique » se fondait sur l'idée que si « l'élément ultime du phénomène biologique est physique, l'arrangement est vital »)⁴ :

L'explication physico-chimique des processus *individuels* est par principe incapable d'épuiser le phénomène de la vie, parce que la « vie » est essentiellement un état systémique⁵.

Les propriétés du vivant sont des propriétés systémiques qui naissent de l'organisation des substances et des processus et doivent pour cette raison disparaître avec sa destruction [...] La mort n'est pas une destruction des substances organiques, mais celle de leur organisation⁶.

Comme l'avait vu Ungerer, dont il reprenait ici les analyses⁷, c'était précisément selon Bertalanffy parce que les processus individuels dans l'organisme vivant ne manifestent *en tant que tels* aucune spécificité essentielle par rapport à ceux que l'on peut trouver dans un cadavre ou dans la nature inorganique, que l'opposition entre le vivant et le mort ne peut se comprendre que du point de vue de la totalité des processus organiques, ou au moins du point de vue de sous-systèmes relativement autonomes au sein de cette totalité :

La caractéristique fondamentale de la vie est que tous ces processus physico-chimiques ne s'enchevêtrent pas sans règle, mais sont ainsi ordonnés qu'ils garantissent la conservation de l'organisme⁸.

¹ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 50-51. Les italiques me sont propres.

² Woodger J.H. (1929), p. 319.

³ Woodger J.H. (1930), p. 446.

⁴ Reinke J. (1901), p. 57, pp. 625-633 et p. 657 ; voir aussi Hertwig O. (1918), pp. 43-45, qui cita Bernard : « Si les doctrines vitalistes ont méconnu la vraie nature des phénomènes vitaux, les doctrines matérialistes, d'un autre côté, ne sont pas moins dans l'erreur, quoique d'une manière opposée. En admettant que les phénomènes vitaux se rattachent à des manifestations physico-chimiques, ce qui est vrai, la question dans son essence n'est pas éclaircie pour autant ; car ce n'est pas une rencontre fortuite de phénomènes physico-chimiques qui construit chaque être sur un plan et suivant un dessin fixe et prévu d'avance, et suscite l'admirable et harmonieux concert des actes de la vie. Il y a dans le corps un arrangement, une sorte d'ordonnement que l'on ne saurait laisser dans l'ombre, parce qu'elle est véritablement le trait le plus saillant des êtres vivants ». Comte avait déjà écrit dans le même sens (*op. cit.*, p. 43) : « Il est certain qu'on observe dans les corps vivants tous les phénomènes, soit mécaniques, soit chimiques, qui ont lieu dans les corps bruts, plus un ordre tout spécial de phénomènes, les phénomènes vitaux proprement dits, qui tiennent à l'organisation ». Voir aussi Schiller J. (1978), p. 101 et p. 114 en particulier.

⁵ Bertalanffy L. von (1929b), p. 391.

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 81-82.

⁷ Ungerer E. (1922), p. 75 : « Les processus qui se déroulent dans le cadavre d'un chien ne sont pas seulement individuellement autres que ceux qui se déroulent dans le corps d'un chien vivant ; ils ne sont aussi ensemble rien d'autre qu'une certaine collection de processus à l'intérieur d'un corps, que nous n'appelons ainsi qu'en raison de sa délimitation par rapport au monde extérieur, et qui est tout-à-fait comparable de ce point de vue avec une pierre sur notre chemin [...] Tandis que] les processus dans le corps d'un chien vivant forment une totalité à laquelle chacun contribue d'une manière déterminée par cette raison même ». Aussi cité in Bertalanffy L. von (1930a), pp. 15-16.

⁸ Bertalanffy L. von (1929b), p. 384.

Cet ordre est le plus clair et même l'unique trait distinguant les processus vivant des processus physico-chimiques usuels¹.

Par nécessité logique, il n'est jamais appréhendable par une analyse, aussi précise soit-elle, des phénomènes individuels ; aussi peu qu'une symphonie de Beethoven ne peut être reconnue dans son essence propre avec les méthodes quantitatives du physicien, par la mesure des hauteurs de tons particuliers. Ce n'est que par la compréhension du « plan » selon lequel se déroulent tous les processus particuliers que l'on apprend quelque chose sur l'« essence » propre de la machine, de l'œuvre d'art – ou de l'organisme².

Une véritable compréhension du vivant devrait dans ces conditions passer par la considération de l'objet biologique comme un « système cohérent », c'est-à-dire une perspective holistique appréhendant toutes les parties et processus en lesquels il est analysable comme subordonnés à l'exigence de l'entretien de l'ordre global qui le constitue en tant qu'objet biologique. De l'inspiration « téléomécaniciste », Bertalanffy retrouvait ici jusqu'à la conception holistique de la fonction cellulaire qu'avaient notamment défendue Müller et von Baer :

Quand bien même nous pourrions établir la formule des processus synthétiques [biochimiques...], la somme de toutes ces formules ne nous donnerait encore aucune réponse au « problème proprement biologique », à savoir la question de l'harmonisation des processus. Et bien sûr, la connaissance des processus et des conditions systémiques dans la cellule individuelle serait elle aussi loin de suffire pour une connaissance complète ; car la cellule ne mène pas une existence propre, les processus étant au contraire en elle dépendant de l'état global du corps [...] Les processus particuliers sont dominés par la loi supérieure de la conservation de l'état systémique³.

Telle était en particulier la raison pour laquelle Bertalanffy considérait comme très limité l'intérêt des « analogies (physico-chimiques) du vivant ». Sa critique est d'ailleurs d'autant plus intéressante qu'elle montre qu'il n'y avait pas chez lui un engouement irraisonné pour les analogies, contrairement à ce qu'une vision superficielle de sa pensée pourrait laisser croire : encore fallait-il qu'elles soient « profondes », comme il aimait lui-même à le souligner⁴. Parmi les nombreux points qui le rapprochaient de Köhler (leurs divergences apparaissant minimales en comparaison), il y avait justement l'idée essentielle que le problème n'est pas de trouver des analogies physiques des phénomènes biologiques, ce qui ne saurait en soi avoir qu'une piètre valeur, mais des principes et des lois systémiques généraux permettant de rendre compte de ces analogies. Nul (hormis quelques vitalistes) ne contestait le fait que chaque processus organique particulier soit justiciable d'une explication physico-chimique. Il n'y avait à cet égard pour Bertalanffy rien de miraculeux à ce qu'« ils se laissent imiter par des modèles morts ». Mais il considérait que cela ne justifiait pas les ambitions de ceux qui, tels Prziham, Leduc ou même Rashevsky en dépit de ses mérites, aspiraient à fournir par leur intermédiaire la preuve qu'une explication intégralement physicaliste du vivant est possible. On pouvait déjà selon lui critiquer le fait que ces modèles mettaient en jeu des substances et des facteurs n'ayant rien de commun avec ceux présents dans l'organisme vivant. Il jugeait plus gênant encore que ces analogies aient été obtenues à partir de substances homogènes (cas de la cristallisation par exemple), alors que l'organisme se caractérise par l'hétérogénéité des substances qui le constituent. Mais le problème serait surtout qu'exhiber de telles analogies de phénomènes biologiques particuliers ne dit rien de l'ordre global dans lequel ils s'insèrent, passant donc comme tout mérisme biologique à côté de la question « essentielle » :

La caractéristique de la vie ne tient pas à une singularité quelconque de processus vitaux isolés, mais à l'ordre déterminé liant intimement tous ces processus⁵.

Pour Bertalanffy, l'insuffisance fondamentale de la biologie méristique n'était toutefois pas seulement logique : elle était aussi « objectivement intenable » [*sachlich unhaltbar*]⁶. Ce caractère s'exprimait d'abord pour lui dans le fait que le mécanicisme « au sens 3b », la « théorie

¹ Bertalanffy L. von (1932b), p. 83.

² Bertalanffy L. von (1930a), p. 16.

³ Bertalanffy L. von (1929a), pp. 96-97. Sur la conception de la cellule dans le « téléomécanicisme », voir Lenoir T. (1982), pp. 223-226.

⁴ Notamment avec sa distinction déjà évoquée entre « analogies superficielles » et « homologues profondes ».

⁵ Bertalanffy L. von (1930a), p. 16 et (1932b), p. 51.

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), p. 57.

machinaliste », demeurait invariablement confronté à un obstacle rédhibitoire en dépit de sa vocation à permettre d'appréhender le caractère organisé de l'objet biologique : l'existence des phénomènes de régulation, de la capacité de la totalité organique à se développer et à s'auto-entretenir en s'adaptant à la variabilité de son environnement. Bien qu'il soit indéniable qu'un organisme est le siège de bon nombre de processus stéréotypés et que son fonctionnement repose sur des bases structurales relativement fixes, tout indiquait selon lui l'impossibilité d'une réduction à de tels processus et structures. L'embryologie avait en effet montré depuis Driesch la « plasticité » des organismes, leurs formidables capacités d'autorégulation face à des types très divers de perturbation. Cette faculté dont aucune « machine » ne semblait pouvoir être pourvue¹ se manifestait aussi bien au niveau somatique que dans le comportement². Dès ses premiers essais biophilosophiques, Bertalanffy l'avait (entre autres dans la lignée de Goethe) décrite comme l'expression d'une « activité » propre aux organismes (i.e. indépendante des stimuli externes), la vie ayant d'une manière générale un caractère essentiellement « créateur »³. Mais c'est en 1932 que le schème conceptuel associant « activité primaire » et « mécanisation secondaire », que nous retrouverons au cœur de son concept de « système organisé », trouva dans ce contexte sa première formulation :

La « capacité [de régulation] du tout » [« *Fähigkeit zum Ganzen* »] apparaît partout comme première et la réification [*Erstarrung*] en « machine » comme secondaire [...] Bien sûr, les deux extrêmes sont reliés par tous les degrés intermédiaires ; sans aucune « liaison » structurelle, un système organique ne sera pas possible et réciproquement, les réflexes et instincts les plus rigides et « machinaux » seront encore dans une certaine mesure plastiques et capables de régulation.

Remarquons que le Viennois appliquait alors déjà ce schème à la psychologie humaine, anticipant ainsi sa « psychologie organismique » des années 1960 : il remarquait en effet que de la même manière, « la mécanisation de nos activités mentales est secondaire »⁴. Il y avait en tous cas pour lui dans la « théorie machinaliste » une inadéquation insurmontable :

Une machine ne peut qu'être préparée pour des situations déterminées et réagir à des actions déterminées ; elle ne peut réagir adéquatement à des exigences pour lesquelles elle n'est pas prévue⁵

A quoi il fallait ajouter, comme le fit Woodger⁶, que les organismes sont le fruit d'une évolution et entretiennent des relations génétiques.

Plutôt que de « théorie machinaliste », expression que Bertalanffy jugeait en fait trop valorisante et injustifiée, on pouvait d'ailleurs selon lui « tout au mieux » parler d'une « fiction de la machine » [*Machinenfiktion*], caractérisée avant tout par son caractère fallacieux : aucune autre dans l'histoire des sciences n'aurait probablement autant faussé l'approche des problèmes qu'elle était vouée à résoudre. C'est qu'elle serait en définitive fondée sur une analogie malencontreuse ayant certes eu une valeur heuristique, mais surtout, dans la mesure où elle masquait les « véritables problèmes de la nature organique », un effet « paralysant » et « dévastateur » sur la pensée théorique en biologie. L'argument de Bertalanffy était classique et a déjà été évoqué au 1-3-6 : par définition, l'« organisation » d'une machine (en tant qu'artéfact humain) ne répond pas à une finalité immanente telle que l'organisme vivant la donne à voir par ses capacités d'autorégulation ; cette machine est en effet construite pour une fin déterminée extérieure, et présuppose donc un ingénieur ayant fourni les principes de son organisation. Le Viennois reconnaissait à Descartes le mérite d'avoir été plus logique que ses épigones en faisant de Dieu cet ingénieur. Mais c'était afin de mieux insister sur le fait qu'en renonçant au dogme de la Création, la science moderne avait posé avec acuité les problèmes de l'édification et du fonctionnement harmonieux de la soi-disant « machine » organique ; et que la « fiction de la machine », incapable d'y répondre, était finalement réduite à postuler une sorte d'« harmonie préétablie » entre les processus organiques et condamnée, aux antipodes des ambitions

¹ Le terme « machine » doit bien sûr ici être compris dans son acception contemporaine. Même si l'argument fut par la suite affaibli par la création de machines cybernétiques, nous verrons dans la troisième partie qu'il conserva une certaine force.

² Bertalanffy ne citait pas Weiss ici, mais il s'agissait clairement là d'une allusion à ses travaux sur les papillons, qu'il connaissait très bien.

³ Bertalanffy L. von (1926b), p. 415 et (1927c), p. 261.

⁴ Bertalanffy L. von (1932b), p. 57.

⁵ *op. cit.*

⁶ Woodger J.H. (1929), p. 451.

de ses apôtres, à introduire une téléologie déguisée¹. Woodger avait déjà développé cette critique quelques années plus tôt :

Toute explication de la téléologie par analogie avec des machines cherche tout simplement à expliquer une téléologie interne au moyen d'une téléologie externe, restant donc elle-même téléologique [...] La théorie de la machine sans un mécanicien ne semble « matérialiste » que parce que l'origine psychologique de la machine est aisément oubliée et omise de l'analogie².

[Ceux] – et ils forment la majorité – qui n'utilisaient pas de principe transcendant et manquaient de la cohérence cartésienne ont trouvé le moyen de conserver une machine sans mécanicien, ce qui est absurde³.

Mais il faut voir que, loin d'être neuves, ces critiques ramenaient une fois encore à la tradition « téléomécaniciste ». En témoigne cette réflexion typique de Müller, en 1840 :

L'organisme est analogue à une œuvre mécanique dans la coordination systématique destinée à l'accomplissement d'une fin déterminée ; mais l'organisme fabrique lui-même dans l'embryon le mécanisme de l'organe, et le reproduit [...] Chaque partie de ce tout a son fondement non en lui-même, mais dans la cause du tout. Une œuvre mécanique advient conformément à une idée intentionnelle de l'artisan, à une fin de son action. Une idée se trouve aussi au fondement de chaque organisme et tous les organes sont organisés selon cette idée, mais tandis qu'elle est extérieure à la machine, elle se trouve ici dans l'organisme, où elle crée avec nécessité mais sans aucune intention⁴.

Canguilhem résuma bien le fond du problème en écrivant bien plus tard que « le mécani[ci]sme peut tout expliquer si l'on se donne des machines, mais ne peut pas rendre compte de la construction des machines »⁵. Pour que cette critique soit convaincante, encore fallait-il toutefois établir qu'aucune théorie « mécaniciste » (en un sens à préciser) n'était en mesure de secourir la « fiction machinaliste ». Pourtant, tel était précisément le pouvoir de séduction du concept darwinien de « sélection naturelle » qu'il donnait au moins l'apparence d'expliquer l'harmonie des processus organiques postulée par cette fiction, ainsi que l'origine des « machines organiques », sans recours à la métaphysique ou à la théologie ; et ce, surtout dès lors que la génétique se révélait pouvoir lui apporter son concours.

2-3-2-5 – *La critique stratégique du « péché » méristique des théories « sélectionnistes » et « mutationnistes » de l'évolution phylogénétique*

D'où l'importance stratégique de la critique des théories « sélectionnistes » et « mutationnistes » de l'évolution chez Bertalanffy ; des critiques légitimes, approuvées notamment sans réserve par un contemporain aussi peu suspect de dogmatisme métaphysique que Cassirer⁶, et qui ne furent pas apaisées, bien au contraire, par l'avènement de la théorie dite « synthétique » dans les années 1930. Le triomphe quasi-incontesté de celle-ci pendant trois décennies ne les ayant du reste pas empêché de perdurer chez certains de ses contemporains comme Koestler et Waddington, et de trouver un nouveau souffle depuis les années 1970 – en particulier sous l'impulsion de Stephen J. Gould, dont les premiers travaux attirèrent d'ailleurs l'attention de Bertalanffy⁷. Celui-ci voyait les théories en question comme des constructions conceptuelles branlantes destinées à former la clef de voûte de tout édifice mécaniciste en biologie, surtout des mécanicismes « aux sens 3 ». En les attaquant de ce point de vue, il s'agissait de montrer le caractère intenable du méristisme biologique, incapable sans contorsions et contradictions d'être concilié avec les faits. Schaxel lui avait indiqué la voie :

¹ Bertalanffy L. von (1932b), p. 57 : « que peut bien être la machine organique si l'on ne dispose d'aucun ingénieur l'ayant édifiée ? ».

² Woodger J.H. (1929), p. 441. Voir aussi Schaxel J. (1919), pp. 149-150 pour une critique du même type.

³ Woodger J. H. (1930), p. 6.

⁴ Müller J. (1840), in Reinke J. (1901), p. 636.

⁵ Canguilhem G. (1965, 1998), p. 115.

⁶ Cassirer E. (1940, 1950, 1995), pp. 207-222.

⁷ Koestler A. (1967, 1968) et (1978, 1979) ; Bertalanffy L. von et Waddington C.H., in Koestler A. & Smythies J. (1969), pp. 56-84 et pp. 357-395 respectivement. En ce qui concerne Gould, certains de ses premiers articles figurent dans les restes des archives de Bertalanffy.

Le darwinisme, par son point de vue atomistique, a défait l'organisme en unités individuelles et a de la sorte aplani le chemin de l'analyse mécaniciste¹.

La position du Viennois a été examinée au 1-4-5-2. Elle était typique d'un contexte que Tschulok put décrire comme celui d'un « réveil de l'hypnose méthodologique » sous laquelle le darwinisme et ses avatars auraient maintenu l'étude de l'évolution phylogénétique, instaurant un « état didactique malsain » où des scientifiques enseignaient des conceptions sans jamais examiner leurs fondements². Rappelons que les arguments de Bertalanffy reprenaient explicitement ceux formulés au premier chef par von Hartmann, von Nägeli, Hertwig, Tschulok, Plate et Dürken ; et qu'ils convergeaient, en se nourrissant de travaux de généticiens tels que Philipschenko, Vavilov et Jollos d'une part, et de morphologistes tels que Versluys, Novikov et von Goebel d'autre part, vers une conception « bionomogénétique » de l'évolution opposée tout autant aux conceptions « autogénétiques » qu'« ectogénétiques », qui s'inscrivait dans le sillage de von Baer, von Nägeli, Haacke, Eimer et Abel. Doit surtout être souligné ici le fait que les critiques de Bertalanffy³ visaient essentiellement à montrer que les impasses du « sélectionnisme » et du « mutationnisme » tenaient à leur mérisme. Bien que voués à rendre compte de la genèse et de l'adaptation des formes vivantes, il s'avérait selon lui qu'ils laissaient entier le problème de la « totalité » organique, ne faisant que le repousser dans le passé – et, pour ce qui concerne au moins le « sélectionnisme », en le masquant par un concept « crypto-téléologique » d'« utilité ». Car ce n'est que dans la mesure où des êtres possèdent déjà la faculté de conserver leur organisation qu'ils peuvent entrer dans le « combat pour l'existence » ; l'explication causale des théories de l'évolution en question ne commencerait ainsi qu'en « présupposant la totalité organique dans les fonctions vitales des organismes », le rôle considérable du hasard n'y traduisant guère quant à lui que « le renoncement à la compréhension des lois du développement de l'adaptation organique »⁴. Bertalanffy était là parfaitement en phase avec les critiques de Kroner, entre autres :

Si l'on s'aventure dans les détails de la théorie [darwinienne], il apparaît d'abord que des fonctions organiques essentielles ne sont pas expliquées par cette théorie, mais sont au contraire à son fondement [...] Doit-on encore appeler mécanique l'explication sélectionniste, alors qu'elle repose sur ce concept totalement non-mécaniciste qu'est celui de l'organisation originelle ? [...] Le combat pour l'existence n'est pas un processus conceptualisable de manière mécanique, mais repose sur le processus d'autoconservation, le processus vital lui-même [...] Les organismes sont certes plongés dans l'engrenage causal de la nature, mais ils ne le sont qu'*en tant qu'organismes*⁵.

Les théories darwiniennes et néo-darwiniennes soumettaient des variations aléatoires de caractères organiques particuliers à l'épreuve de la sélection naturelle ; mais pour Bertalanffy, ce mérisme persistait à négliger le fait que parmi toutes ces variations possibles, la plupart seraient nuisibles voire létales car elles perturberaient la coordination harmonieuse des processus organiques : une limitation de la variabilité liée aux contraintes holistiques du fonctionnement organique s'imposait de toute évidence, alors que ces théories se devaient de la supposer infinie. De plus, elles rendaient miraculeuses la simultanéité et la concordance nécessaires des variations du nombre considérable de caractères impliqués dans l'évolution d'un organe, miracle indispensable là encore pour qu'une coordination de ces caractères puisse subsister afin de ne pas être nuisible. Enfin, bien que ne contestant pas que le hasard et la sélection naturelle jouent un rôle dans l'évolution, Bertalanffy jugeait « absurde » d'imaginer qu'ils puissent seuls rendre compte de la tendance apparente des phénomènes ontogénétiques et phylogénétiques vers une « complication croissante », une « élévation du niveau d'organisation » et en fin de compte vers « une plus grande perfection » ; aussi absurde que de dire qu'avec assez de temps une automobile peut advenir du seul jeu des forces naturelles à partir d'une mine de fer⁶ – ou, pour reprendre plutôt l'expression ancienne de l'un des premiers avec Gustav Wolf à avoir formulé ce type de critique, qu'un Parthénon pourrait se laisser construire à coups de jets de

¹ Schaxel J. (1919), p. 87.

² Tschulok S. (1922), p. 295 et p. 301.

³ Bertalanffy L. von (1927a), p. 273; (1927c), p. 257; (1927d), p. 659; (1928b) ; (1929a), pp. 105-107; (1929e); (1932b), pp. 59-61 ; 131-132

⁴ Bertalanffy L. von (1932b), p. 59.

⁵ Kroner R. (1913), pp. 16-17 et pp. 20-21.

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), p. 131. Il utilisa plus tard les images de la maison qui advient d'un tas de briques à partir du seul jeu des forces naturelles et de l'œuvre de Shakespeare écrite par un singe utilisant aléatoirement les lettres de l'alphabet : (1955c), (1957d) et (1969).

Pierre¹. En définitive, ni le « sélectionnisme », ni le « mutationnisme » n'étaient donc pour lui en mesure de sauver la « fiction de la machine » :

Il est impossible par le seul jeu de variations contingentes de fonder la construction d'un mécanisme plus compliqué et mieux adapté que toutes nos machines [...] Si l'on songe aux processus ontogénétiques par lesquels est engendrée la merveilleuse construction de l'organisme, totalement absurde devient l'hypothèse selon laquelle la coordination des myriades de réactions chimiques qui lui sont nécessaires est advenue par des variations contingentes et la sélection².

2-3-2-6 – *La critique des vitalismes non méthodologiques*

Pour Bertalanffy, les impasses du darwinisme avaient été l'une des raisons majeures de la résurgence des vitalismes dans le premier quart du XX^e siècle. D'une manière plus générale, son analyse de l'histoire de la biologie l'amenait à conclure que ce fut toujours sur les insuffisances de la conception « sommative » de l'organisme, en particulier de la « fiction insatisfaisante » de l'organisme comme « machine », qu'avaient prospéré les diverses variantes de vitalisme. Bertalanffy leur reconnaissait comme Woodger³ le mérite historique d'avoir toujours souligné que la conception « sommative » manque la spécificité du vivant et d'avoir insisté *a contrario* sur son unité et son harmonie. Mais la sympathie qu'il éprouvait pour cette raison à leur égard dans sa thèse et dans ses premiers essais de philosophie biologique ne l'empêcha pas de prendre ses distances avec eux :

Aussi pertinent que soit le vitalisme dans sa critique du mécanicisme, la construction alternative qui doit selon lui s'y substituer n'en est pas moins douteuse. Au lieu de faire de la totalité organique un programme de recherche concret, il la renvoie aux nuages imaginaires de la métaphysique, la tient pour preuve d'un principe vital transcendant et menace ainsi non plus seulement ses opposants mécanicistes, mais l'édifice de la légalité naturelle lui-même⁴.

Pour lui, les vitalismes non purement méthodologiques, s'ils n'étaient souvent pas dépourvus d'intérêt métaphysique, avaient en fait un « traitement mythologique de la biologie », qu'ils rendaient impossible comme « science objective de la nature » : ils « expliquaient » l'inconnu par l'inconnu, n'ayant donc aucune valeur explicative réelle tout en soustrayant à la recherche scientifique des problèmes non résolus ; et ils commettaient l'erreur de faire des catégories biologiques des « réalités mythiques », en particulier de persister à comprendre la causalité de manière anthropomorphe, d'y voir une action au lieu d'une expression de relations nomothétiques⁵. Au cours de sa correspondance avec Mittasch, qui lui avait confié ne pas comprendre pourquoi Bertalanffy avait toujours refusé de qualifier d'entéléchie le « principe de totalité spécifiquement organique immanent à l'organisation de la matière » placé dès 1928 au cœur de sa conception « organismique » alors que ce principe restait au fond inexplicé, mystérieux comme la vie que cette conception était pourtant vouée à expliquer, Bertalanffy fournit une réponse qui situe très bien sa position. Celle-ci consistait en fait à accepter la légitimité du vitalisme dans la mesure où il reste métaphysique et s'assume comme tel, tout en lui interdisant vigoureusement la moindre légitimité scientifique ; toute la nuance consistant dans le pari et l'effort de démonstration du fait que certaines formes de conceptualisation holistique des phénomènes biologiques sont scientifiquement fécondes et, contrairement aux vitalismes classiques, en mesure non seulement d'élaborer des problématiques pertinentes et de développer des outils voués à leur développement, mais d'établir des résultats effectifs de nature nomothétique :

J'accepte sans plus de façons le concept d'entéléchie dans le domaine de l'interprétation métaphysique, d'autant plus que je suis conscient du fait que la science de la nature ne fournit absolument pas la solution à l'« énigme du monde ». Dans le domaine scientifique, l'entéléchie ne pourrait être qu'un concept limite relatif aux facteurs « holistiques » de l'organisme vivant. Mon hésitation à m'approprier le terme d'entéléchie tient à ce que ne nous est donné avec lui qu'un nom invitant à une « fiction personnificatrice », qui est de surcroît connoté d'une manière particulière à cause de l'usage qu'en a fait Driesch [...] Dans le domaine scientifique, le concept d'entéléchie ne

¹ Wigand A.J. (1874-1877), in Cassirer E. (1940, 1950, 1995), pp. 246-247, où les critiques de Wolf et de Wigand sont détaillées.

² Bertalanffy L. von (1932b), p. 61.

³ Woodger J.H. (1929), pp. 266-267.

⁴ Bertalanffy L. von (1932b), p. 65.

⁵ Bertalanffy L. von (1927c), p. 258 ; (1928b), p. 157 et 169 ; (1932b), p. 65 et p. 79.

serait légitime que s'il était un moyen d'élaborer des lois ; or, il n'y a pour autant que je sache jamais été appliqué que de manière stérile¹.

L'originalité de Bertalanffy dans sa critique des vitalismes fut de montrer que, contrairement aux jugements superficiels suscités par leur opposition aux mécanismes du fait d'un manque de clarification des concepts, la conception « sommative » de l'organisme (mécanismes « aux sens 3 ») était en fait absolument indissociable des divers vitalismes « classiques ». La première susciterait les seconds par son incapacité à se dispenser de concepts téléologiques et à expliquer les « manifestations finalistes » du vivant. Mais ce que Bertalanffy fut avec Woodger l'un des premiers à avoir remarqué en analysant minutieusement les écrits de vitalistes comme Driesch et Reinke, c'est que ces derniers partageaient en dernière analyse la conception « sommative » et ne faisaient pour ainsi dire que lui rajouter le supplément d'âme qui lui manquait. Driesch, par exemple, ne voyait pas un embryon comme un « tout » organique, mais comme une « somme de cellules équivalentes se développant en 'séries' indépendantes », dont l'entéléchie garantirait l'organisation :

Le doute le plus profond à l'encontre du vitalisme consiste dans le fait qu'il constitue à vrai dire un point de vue sommatif exactement au même titre que la théorie machinaliste [...] En réalité, le vitalisme ne dépasse pas la théorie machinaliste, mais introduit seulement comme hypothèse complémentaire l'entéléchie en tant qu'« utilisateur » de la machine [...] La théorie machinaliste comme le vitalisme démantèlent l'organisme en parties et processus isolés atomiques et ne se différencient qu'en ceci que le dernier introduit un principe directeur transcendant².

Selon Bertalanffy, c'était donc paradoxalement pour « sauver le mécanisme » que les vitalistes introduisaient des concepts métaphysiques tels que l'entéléchie :

Le mécanisme comme le vitalisme reposent sur la théorie machinaliste : la différence est seulement que le mécanisme espère y trouver son compte, tandis que le vitalisme introduit ses facteurs vitaux comme hypothèses auxiliaires³.

Woodger avait déjà tiré cette conclusion en 1929 (en définissant à cette occasion le vitalisme comme « un mécanisme avec mécanicien »)⁴ ; l'Anglais remarqua encore l'année suivante :

Au lieu d'abandonner la théorie de la machine, [Driesch] la conserva à l'aide d'un mécanicien transcendant, bien que d'une manière non cartésienne⁵.

Bertalanffy aboutit ainsi à la conclusion que non seulement la controverse entre mécanistes et vitalistes ne pouvait se dérouler que sur un plan métaphysique – il considérait, nous l'avons vu, qu'aucun biologiste d'inspiration mécaniste ne se limitait en fait à défendre un mécanisme purement méthodologique – mais qu'elle se déployait au sein de la même métaphysique. Une métaphysique obsolète de surcroît, depuis que la physique moderne avait renoncé à ce qu'il appelait ironiquement la « sainte trinité » (matérialisme, déterminisme et mérisme) sur laquelle reposait la physique « classique » dont elle était indissociable :

[Le dilemme du mécanisme et du vitalisme dans sa signification « métaphysique »] peut être formulé ainsi : soit « n'existent » que les éléments ultimes de la physique, les atomes et les électrons, et leur jeu aveugle engendre tous les phénomènes de la nature inanimée et de la nature vivante ; soit existent des facteurs particuliers, appelés entéléchies ou âmes, qui agissent dans la nature vivante et dirigent de manière finalisée le jeu des atomes. La querelle disparaît néanmoins si l'on devient conscient de l'arrière-plan métaphysique des deux doctrines. Car toutes deux se fondent sur le point de vue matérialiste et déterministe d'une physique classique démodée. C'est seulement selon ce point de vue que l'on peut parler du « jeu aveugle des atomes » et de briques ultimes de la réalité. Or, non seulement les atomes aveugles, mais leurs entéléchies directrices aussi se fondent sur la physique matérialiste⁶.

¹ Lettres de Bertalanffy L. von à Mittasch A. (19/08/1949) et de Mittasch A. à Bertalanffy L. von (10/06/1949), *Archives du B.C.S.S.S.*

² Bertalanffy L. von (1930/1931), pp. 368-369.

³ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 68-69.

⁴ Woodger J.H. (1929), p. 269 et p. 441.

⁵ Woodger J.H. (1930), p. 6. Voir aussi (1929), p. 441.

⁶ Bertalanffy L. von (1932a), p. 71.

Le rejet des « vitalismes » ne pouvait dès lors être possible sans l'abandon simultané des perspectives mécanicistes, tout au moins dans la mesure où celles-ci étaient d'inspiration méristique : tel était le constat de Bertalanffy, qui motivait l'avènement de cette perspective nouvelle¹ qu'il appelait « organismique », et en justifiait la légitimité.

2-3-2-7 – La perspective et le programme « organismiques » bertalanffiens en biologie

Tout en soulignant l'intérêt des premiers travaux de Bertalanffy et en exprimant son parfait accord ses vues, Bavink, avec une allusion probable au titre d'un essai de Nietzsche (*Jenseits von Gut und Böse*), invita en 1929 les biologistes à se placer « par-delà le mécanicisme et le vitalisme » (*jenseits von Mechanismus und Vitalismus*)². Cette recherche d'une « troisième voie », dont j'ai dit au 1-1-3-2 l'ubiquité dans la vie culturelle en pays germanophones depuis la fin du XIX^e siècle, était en fait le thème constant de tous ceux, au premier chef les partisans d'un holisme scientifique, qui cherchaient à cette époque à fonder la biologie en tant que science autonome sans pour autant embrasser un vitalisme « classique ». J'ai déjà fait allusion au fait que Hertwig, si influent sur le jeune Bertalanffy, avait ainsi dès 1918 prôné une telle « troisième voie ». Il la qualifia et décrivit ses vocations en ces termes :

Entre les directions vitalistes et mécanicistes dans la recherche biologique se trouve une troisième direction à laquelle je m'associe, et que je veux désigner comme la direction *biologique*. Tout en n'ignorant pas les différences entre le monde des corps vivants et celui des corps inanimés même si elles ne sont que graduelles, elle insiste sur la *spécificité des tâches de la biologie* et considère la morphologie et la physiologie des êtres vivants comme des sciences fondamentales autonomes coordonnées à la chimie et à la physique³.

Bertalanffy présenta de même sa biologie « organismique » comme un cadre épistémologique permettant un « dépassement » de l'opposition entre mécanicismes et vitalismes, voué à engendrer une « théorie systémique du vivant » [*Systemtheorie des Lebens*]⁴ – un dépassement que nous avons aussi vu (au 1-4-5-12) Köhler réclamer, avec une « prescription » analogue [*Systemlehre*]. Il faut souligner, parce que ce fait indique une conception relativement spécifique du concept de système chez lui qui fut une constante de son œuvre, que les termes « organismique » et « systémique » étaient dès 1929 compris comme synonymes par Bertalanffy ; il identifia par exemple explicitement la « conception (resp. théorie) organismique » [*organismische Auffassung (bzw. Theorie)*] et la « conception (resp. théorie) systémique » [*Systemauffassung (bzw. Systemtheorie)*], en leur attribuant d'ailleurs déjà une portée qui dépassait la biologie⁵. Telle qu'il l'entendait, sa perspective « organismique » avait pour vocation de conserver ce qui, dans chacune des perspectives mécanicistes et vitalistes, lui paraissait justifié, tout en évitant leurs difficultés respectives. Avec les mécanismes et contre les vitalismes, elle reconnaissait les propriétés caractéristiques du vivant comme immanentes à la matière organisée et ne devant pas être « expliquées » en invoquant des facteurs métaphysiques ou psychiques. Avec les vitalismes et contre les mécanicismes, elle « rendait justice » à la spécificité du vivant et au « moment de la totalité organique », en soulignant que la caractéristique du vivant tient à la coordination des processus organiques :

Par-delà le mécanicisme [...] et par-delà le vitalisme [...] émerge la possibilité d'une biologie organismique. Celle-ci voit dans le caractère systémique de la vie [*Systemcharakter des Lebens*] sa véritable essence [*Wesen*] et dans des lois systémiques de l'organique [*Systemgesetzlichkeit des Organischen*] à atteindre dans le futur la tâche principale de la science du vivant. Alors que le vieux mécanicisme ne voyait pas et ne voulait pas voir la caractéristique fondamentale du vivant, et tandis que le vitalisme substituait à la recherche scientifique une construction philosophique, la valeur de la conception que nous développons tient à ce qu'elle place au centre le caractère de totalité sur

¹ Ernst Mayr a très justement remarqué dans son *Histoire de la biologie* ((1982, 1989), p. 63) que le rejet du vitalisme ne fut rendu possible que par le refus simultané de l'affirmation brutale selon laquelle « les animaux ne sont que des machines » et par une « modification drastique de la théorie mécaniste ». On voit ici que Bertalanffy s'inscrivait au cœur de ce moment essentiel de l'histoire de la biologie.

² Bavink B., « Jenseits von Mechanismus und Vitalismus », *Unsere Welt* 21, 1929.

³ Hertwig O. (1918), p. 23.

⁴ Bertalanffy L. von (1932b), p. 80.

⁵ Bertalanffy L. von (1929d), p. 387; (1930/1931), p. 387 et (1932b), pp. 90-91.

lequel le vitalisme insistait avec raison, mais qu'au lieu d'en faire un objet de spéculation philosophique, elle la considère comme un objet concret de la recherche scientifique¹.

Bertalanffy estimait que cette perspective « organismique », bien que n'étant « pas un compromis » mais une « attitude nouvelle », permettrait aux deux parties de se réconcilier en s'attelant « main dans la main » à la résolution du « grand problème » de la détermination des « lois systémiques de l'organique ». Parce qu'elle posait celui de la vie sur des bases « positives » et permettait en conséquence à chacun de conserver ses convictions et interprétations d'ordre métaphysique sans affecter son travail scientifique. Les nombreuses tentatives significatives, récentes et contemporaines (toutes exposées dans ma première partie) de « dépasser l'atomisme biologique » et de formuler ces « lois systémiques » montraient clairement pour lui l'importance croissante de cette perspective dans la biologie moderne, mais aussi l'urgence d'en clarifier les positions et les finalités : il prétendait toutefois être « le premier à lui donner une forme scientifiquement et logiquement cohérente »².

Que les processus organiques soient « ainsi ordonnés qu'ils garantissent la conservation de la totalité » n'était pour Bertalanffy « ni une hypothèse vitaliste, ni un anthropomorphisme, ni un faux-problème, mais un simple fait » qui « donne le droit et assigne la tâche d'en rechercher une explication », ce dont les perspectives « sommatives » étaient pour lui par définition incapable. La perspective « organismique » définissait cet ordre, cette « *Gestalt* organique », comme la « caractéristique fondamentale du vivant », en postulant la possibilité de l'appréhender de manière « objective »³. D'une manière qui rappelle étrangement les réflexions d'Einstein vis-à-vis de l'éther, il ne s'agissait donc pas même avec elle, eu égard aux vitalismes, de nier qu'il existe une « entéléchie » guidant les processus organiques, mais tout simplement qu'il est « superflu » d'en postuler une⁴. Loin de n'être « que » philosophiques, comme les « néo-mécanicistes » l'avaient prétendu, le concept d'organisme et avec lui celui de « totalité » devenaient « de part en part scientifiques » dans la perspective « organismique », dès lors qu'au lieu de nier toute téléologie des processus organiques ou de la rapporter à des principes transcendants, elle les identifiait à une expression de « lois systémiques » restant à formuler : elle était supposée les transformer ainsi de « matériaux de spéculation philosophiques soustraits de la recherche scientifiques en objets légitimes de recherche ». Il s'agissait en fin de compte ainsi non d'ériger l'organisation en une « explication », mais de définir avec elle une « problématique » :

Toute la pensée théorique en biologie tourne autour du problème de l'organisation, qui doit être pris au sérieux. Toutefois, tandis qu'il sembla à Haldane qu'imputer un fait biologique à l'organisation du système considéré en constitue une explication suffisante, il apparaît au contraire nécessaire pour la biologie organismique de rechercher en quoi consiste l'organisation. « Organisation » n'est pas une explication de quoique ce soit, mais plutôt le problème le plus fascinant et le plus difficile de la biologie. C'est pourquoi admettre l'organisation comme le problème central de la biologie n'a rien à voir avec le vitalisme⁵.

La biologie « organismique » était dans ces conditions le « programme de recherche positif » et la « méthode » induits par cette problématique. Ce programme fixait la détermination des « lois de système ou d'organisation à tous les niveaux de la nature vivante », en particulier les « lois caractéristiques de l'organisme en tant que système » entendues comme l'« explication de l'harmonie et de la coordination des processus à partir de la dynamique des forces qui leur sont immanentes », comme la « tâche essentielle de la biologie moderne ». Et il trouvait son sens dans la « préparation des moyens logiques de s'attaquer à ce problème »⁶. Bertalanffy insista sur le fait que la biologie « organismique » ainsi conçue ne constituait pas encore en soi une explication ou une théorie, mais restait une « méthode de pensée » et une « maxime de recherche », une « hypothèse de travail ouvrant des problèmes féconds » : elle était « une position de problèmes et non une solution de problèmes »⁷. Qu'il ait ainsi esquivé une bonne part des critiques alors adressées aux diverses tendances holistiques

¹ Bertalanffy L. von (1930/1931), pp. 401-402 ; voir aussi (1932b), p. 80 et (1934b), p. 346.

² Bertalanffy L. von (1929b), pp. 391-392 ; (1930a), p. 23 ; (1930/1931), pp. 390-391 ; (1949e), p. 23 et p. 32.

³ Bertalanffy L. von (1929a), p. 91 ; (1929b), pp. 384-385 et (1932b), p. 17 et p. 52.

⁴ Bertalanffy L. von (1930/1931), p. 366.

⁵ Bertalanffy L. von (1932b), p. VII. Voir déjà (1930a), p. 35.

⁶ *op. cit.*, pp. V, 80 et 114-115 ; (1929b), p. 391 ; (1933c), p. 259 ; (1937a), p. 159 ; (1937b), p. 12 ; (1948a), p. 257 et (1949e), p. 145.

⁷ Bertalanffy L. von (1934b), p. 349 et p. 361 ; (1937b), p. 10 ; (1941d), p. 340 et (1949e), p. 32.

en biologie est d'autant plus clair que M. Hartmann, qui fut l'un de leurs opposants les plus acérés, jugea bon en 1937 de souligner à leur rencontre que le concept de totalité n'est justement « pas une solution de problème, mais seulement une problématique » dont la valeur tiendrait à ce qu'il dirige l'attention vers des problèmes non résolus voire inaperçus ; qu'il se révèle être un « principe de recherche inévitable », certes seulement « de type heuristique, régulateur et non de type constitutif »¹... Ce dernier point était peut-être en fin de compte le seul, mais de taille, qui faisait diverger les vues des deux biologistes.

La perspective « organismique » de Bertalanffy et le programme de recherche qu'elle induisait avaient pour vocation essentielle d'engendrer la biologie théorique digne de ce nom dont le Viennois avait proclamé la nécessité et la légitimité. Le singulier s'impose, car sa manière systémique de caractériser la spécificité des « problèmes de la vie » amena naturellement Bertalanffy à délimiter strictement l'objet de cette biologie théorique en la définissant en fin de compte comme l'aboutissement de sa biologie « organismique » : il ne concevait sa possibilité même que dans le cadre de la problématique qu'il avait fixée avec cette dernière. C'est en ce sens qu'il écrivit dès 1932 :

L'analyse et l'explication physico-chimique des phénomènes individuels dans l'organisme ne suffit absolument pas pour fonder une biologie théorique, précisément car elle ne fournit aucune explication de la caractéristique essentielle du vivant, l'ordre des substances et des processus, ni aucune possibilité d'en établir des lois [...] Si un système hypothético-déductif est possible en biologie, alors le concept d'organisme devra être son concept le plus élevé, précisément parce que l'essence [*Wesen*] véritable du vivant tient à l'organisation des substances et des processus [...] Ceci signifie] qu'il ne suffit absolument pas pour connaître le vivant de connaître avec la plus grande précision les parties et processus individuels dans l'organisme, et que nous ne pouvons parler d'une telle connaissance que lorsque nous connaissons les lois auxquelles est soumis l'ordre de toutes ces parties et processus².

Et il fut encore plus explicite une dizaine d'années plus tard, probablement parce qu'il pouvait alors, j'y reviendrai, s'appuyer sur des constructions nomothétiques effectivement élaborées dans un tel cadre « organismique » :

On peut définir la « biologie théorique » comme la théorie [*Lehre*] des lois générales des systèmes organiques³.

La biologie théorique est la théorie [*Lehre*] des lois générales des phénomènes de la vie [...] Ces lois devront prendre, en accord avec l'essence [*Wesen*] du vivant, un caractère holistique [*ganzheitlich*], le caractère de lois des systèmes organiques⁴.

Ce qui signifiait logiquement aussi que Bertalanffy jugeait le cadre « organismique » comme le seul susceptible de permettre l'édification d'une « biologie nomothétique exacte » :

L'objectif est la détermination de *lois exactes* qui, conformément à l'essence de l'organique, doivent prendre dans des domaines très vastes le caractère de lois des systèmes organiques. En ce sens, *la conception organismique est une condition pour la transition de la biologie du stade de l'histoire naturelle, i.e. la description des formes et des processus, vers celui de la science nomothétique*⁵.

Ici s'opérait précisément la divergence par rapport à l'attachement manifesté par M. Hartmann à la distinction kantienne identifiant la causalité comme principe constitutif de la connaissance et la finalité comme simple principe régulateur. La causalité avait été identifiée dans le système kantien comme une condition indispensable de la « possibilité de la nature en général » (la nature étant elle-même définie comme « l'existence des choses pour autant qu'elle est déterminée selon des lois universelles ») ; et c'est en tant qu'elle était étroitement associée à l'idée d'une détermination nomothétique que Kant l'avait essentiellement distinguée de la finalité qui, bien que reconnue par le philosophe comme un autre principe d'ordre non seulement légitime mais nécessaire en biologie, n'en avait pas moins été posée comme radicalement étrangère à un tel principe de détermination. En séparant rigoureusement les concepts de totalité et de fin, en condamnant le second au motif qu'il est

¹ Hartmann M. (1937), p. 39.

² Bertalanffy L. von (1932b), p. 53 et p. 86.

³ Bertalanffy L. von (1941d), p. 249.

⁴ Bertalanffy L. von (1942), p. III.

⁵ Bertalanffy L. von (1949e), p. 33. Les italiques me sont propres.

scientifiquement stérile et presque inmanquablement générateur d'anthropomorphismes tout en lui substituant ceux d'ordre holistique et de système, et en érigeant ces derniers en piliers de l'édification d'une « biologie nomothétique exacte », Bertalanffy menait ainsi à leur conséquence ultime les analyses d'Ungerer sur la signification de la critique kantienne de la « faculté de juger téléologique » (ce dont Ungerer se félicita¹), dans un esprit typiquement néo-kantien que Cassirer a selon moi très bien résumé lorsqu'il affirma à leur suite, en 1940 :

Le développement moderne de l'opposition entre « mécanisme » et « vitalisme », loin de réfuter la solution que Kant avait tenté de donner de « l'antinomie de la faculté de juger », la confirme plutôt dans tous les points essentiels. Il n'y a aucune exagération à soutenir que Kant est ici beaucoup plus proche de la biologie contemporaine que de celle de son propre temps, et qu'il a anticipé bien des problèmes de méthode que seul l'avenir a portés à maturité. Que les « concepts de forme » possèdent en biologie une structure spécifique, et qu'ils doivent la conserver nonobstant tous les progrès de l'explication causale, c'est ce qui se manifeste toujours plus clairement [... Kant] voulut établir une certaine différence de valeur entre deux classes de concepts. Il exprima cette différence en attribuant à l'une une signification « constitutive », et à l'autre une signification seulement « régulatrice », et en faisant en conséquence de la causalité la catégorie centrale de la connaissance de la nature, tandis qu'il voyait dans les concepts de fin ou de forme une « idée » ou une « maxime régulatrice ». Nous n'avons pas besoin de le suivre dans *cette* distinction, car elle reposait sur la situation des problèmes en son propre temps, qui s'est fondamentalement transformée tant dans le domaine de la physique que dans celui de la biologie².

Au lieu de renverser l'ordre des problèmes kantien comme l'avait fait Driesch en subordonnant le point de vue causal à une finalité hypostasiée, et au lieu de se limiter comme Uexküll à affirmer, dans un esprit certes déjà plus kantien, que « la causalité n'est pas la seule et unique règle dont nous disposons pour mettre de l'ordre dans le monde » et à affirmer les droits d'un point de vue « morphologique »³, Bertalanffy chercha avec son programme « organismique » à dépasser radicalement la doctrine kantienne, à éliminer ce qui lui restait de dogmatisme tout en conservant son inspiration : d'une part (telle était sa fidélité perspectiviste à Vaihinger) en considérant la causalité elle-même comme un principe « régulateur » ; et d'autre part en transformant la perspective finaliste au point de faire de la « totalité » un concept « constitutif » de la connaissance biologique. De sorte que c'est simplement la détermination nomothétique qui se retrouvait avec lui subdivisée en deux classes : une détermination « analytico-sommative » et une détermination « systémique », toutes deux légitimes et parfaitement complémentaires. Reste à savoir ce qu'étaient précisément le statut épistémologique, la forme et le sens des « lois systémiques » annoncées dans le programme de Bertalanffy ; et comment concevoir de manière cohérente et effectivement exempte de métaphysique vitaliste leur rapport aux sciences de la matière inanimée, dans la mesure où Bertalanffy prétendait simultanément fonder ainsi l'autonomie théorique de la biologie. L'allusion de Cassirer aux évolutions de la physique va ici révéler toute sa pertinence.

2-3-2-8 – *Diversité et critique des perspectives « organismiques » – La conception bertalanffienne des rapports entre physique et biologie*

Le rapport entre physique et biologie se posait chez Bertalanffy d'une manière très différente de celle issue de l'opposition « classique » entre mécanismes et vitalismes, qui lui apparaissait en fin de compte comme une pseudo-opposition. La seule opposition pertinente, qu'il effectua dès 1929 et systématisa en 1932, était selon lui celle des perspectives « sommatives » et « organismiques »⁴. Et il construisit sur cette opposition une partition des différentes options épistémologiques qui s'offraient à la biologie, sensée résumer le « dépassement » des controverses entre mécanismes et vitalismes auquel prétendaient aboutir ses analyses critiques. Une partition à laquelle correspondaient autant de points de vue concernant la position de la biologie par rapport à la physique.

Les diverses formes de vitalismes et le « vieux mécanisme » (i.e. les mécanismes « aux sens 3 ») incarnaient pour lui les deux grandes classes de perspectives « sommatives », dont la

¹ Ungerer E. (1942), pp. 82-84 et (1973).

² Cassirer E. (1940, 1950, 1995), pp. 266-267. Voir aussi pp. 251-252.

³ *op. cit.*, pp. 252-259.

⁴ Bertalanffy L. von (1929d), p. 382 et (1932b), pp. 46 sq.

divergence, qui se révélerait toujours pour l'essentiel métaphysique, ne reposerait que sur la question de savoir si l'analyse physico-chimique est suffisante.

<p>A – Perspectives « sommatives » Une explication de l'organisme est possible à partir de sa réduction en parties et événements partiels mutuellement indépendants et isolables</p>		
<p>A-1 « Vieux mécanicisme »</p> <p>Les lois de l'organique sont les lois physico-chimiques : l'être et l'événement organiques sont entièrement expliqués dès lors que les parties et processus individuels sont connus de manière physico-chimique</p>		<p>A-2 « Vitalismes »</p> <p>Bien que les lois physico-chimiques s'appliquent dans une large mesure à l'organisme, elles ne permettent pas de concevoir sa spécificité ; celle-ci doit être expliquée par l'action d'un facteur téléologique extérieur à la nature matérielle, qui intègre et finalise les parties et processus isolés</p>
<p>A-1-a mécanicisme au sens 3a</p> <p>La seule connaissance des lois de la physique et de la chimie est nécessaire ; l'événement organique se laisse réduire aux lois physico-chimiques régissant des réactions individuelles ; une théorie spécifique de l'organisme est superflue</p>	<p>A-1-b mécanicisme au sens 3b (Théorie « machinaliste » du vivant)</p> <p>L'explication des événements organiques nécessite la connaissance des lois physico-chimiques, mais aussi celle de la structure de l'organisme ; l'événement organique est réductible à une somme de processus physico-chimiques individuels dérivant des activités agrégées de petites structures physico-chimiques et de leur arrangement</p>	

Bertalanffy leur opposait plusieurs perspectives « organismiques ». La nécessité d'une telle multiplicité tenait au fait que se fixer la tâche de leur détermination ne fournissait pas de réponse univoque à la question posée par la nature des prétendues « lois systémiques » des entités biologiques.

<p>B – Perspectives « organismiques » Une explication de l'organique n'est pas possible à partir de sa réduction en parties et événements partiels mutuellement indépendants et isolables</p>		
<p>B-1 « Théorie des Gestalten physiques » (« mécanicisme de la Gestalt »)</p> <p>Les lois de l'organique sont physico-chimiques ; elles s'identifient aux lois des systèmes (<i>Gestalten</i>) physiques et chimiques, ou à une combinaison de ces lois</p>	<p>B-2 « Théorie de la physique de l'organique » (interprétation émergentiste de la <i>Gestalttheorie</i>)</p> <p>Les lois de l'organique présentent une spécificité par rapport à celles de la physique et de la chimie s'appliquant à l'inorganique : l'organique constitue un type particulier de <i>Gestalt</i> de niveau supérieur dont la connaissance n'est pas épuisée par celle des relations connues dans l'inorganique ; mais on peut admettre l'existence d'une « physique organique » dont les lois sont en dernière analyse réductibles aux lois physiques élémentaires et déductibles d'elles, comme celles des autres domaines de la physique</p>	<p>B-3 « Théorie de l'indétermination biologique » (Bertalanffy)</p> <p>« Les lois de l'organique ne sont pas réductibles aux principes fondamentaux de la physique ; la raison en est que l'événement organique a atteint un degré si élevé de complication et d'individualité que nous devons nous satisfaire [pour l'expliquer] d'une statistique d'ordre supérieur autonome par rapport à la statistique physique »</p>

La perspective « organismique » n'était selon le Viennois lui-même qu'un « point de vue général à partir duquel découvrir des théories biologiques et valoriser les points de vue théoriques disponibles », qui était voué à « éclairer » d'une manière nouvelle les problèmes du vivant et à poser de nouvelles

questions théoriques et expérimentales¹ ; elle pouvait donc logiquement, selon l'interprétation de la nature des « lois systémiques » ainsi visées, se décliner en trois variantes qui furent effectivement adoptées par les scientifiques et philosophes ayant embrassé un point de vue « non-sommatif », la troisième marquant la spécificité du point de vue de Bertalanffy, discuté dans la sous-section suivante.

La première perspective « organismique » était représentée par la *Gestalttheorie* dans son interprétation physicaliste (mécaniciste « au sens 2 »), dont Bertalanffy considérait Meyer-Abich et surtout M. Hartmann comme les principaux avocats en Allemagne – ce qui se justifie en fait seulement du point de vue de leurs écrits antérieurs aux années 1930. Bertalanffy la nommait « théorie des *Gestalten* physiques » (reprenant ainsi l'expression de Köhler) ou encore « mécanicisme de la *Gestalt* » [*Gestaltmechanismus*]. Notons qu'à l'exception de son article de 1926, où il remarqua que Köhler tenait en fait une position réservée, « intermédiaire entre un mécanicisme intenable et un vitalisme stérile »², il associa par la suite de manière contestable le psychologue à cette option : je l'ai souligné au 1-4-5-12, Köhler n'excluait pas, mais au contraire suggérait la spécificité des lois biologiques – certes dans le contexte d'une pensée par ailleurs essentiellement physicaliste. Remarquons encore que Bertalanffy considérait les pensées de Whitehead et Lloyd Morgan comme les formes philosophiques anglo-saxonnes de cette version de la « conception organismique »³ : c'était en partie légitime puisque tous deux considéraient qu'il n'existe en fait rien d'inorganique, le concept d'organisme étant universel et ne permettant par conséquent pas de distinguer le vivant du « non-vivant ». Si ce jugement semble pleinement justifié en ce qui concerne le « mécanisme organique » de Whitehead, il ne l'était néanmoins que partiellement pour Lloyd Morgan, dont l'émergentisme ne lui était pas conforme : seule l'était ce qui concerne son affirmation avec Whitehead de l'universalité du concept d'organisme ; une telle confusion chez Bertalanffy tient selon moi au problème déjà pointé qu'au moins dans un premier temps (il semble avoir lu Whitehead directement en 1932), il ne forma son jugement sur l'émergentisme et l'organicisme anglo-saxons que par l'intermédiaire de la vision partielle fournie par Needham, qui insistait plus sur cet aspect de la pensée de Lloyd Morgan que sur son émergentisme proprement dit. Bertalanffy reconnaissait au moins à la « théorie des *Gestalten* physiques » le mérite de fournir de « nouvelles possibilités conceptuelles » pour appréhender du point de vue physico-chimique les caractères fondamentaux du vivant. Il remarqua que les travaux de Rashevsky sur les équilibres de diffusion et les systèmes polyphasés, ainsi que ceux de Prziham sur la cristallisation, en démontrant les capacités de régénération de certains systèmes « inorganiques », avaient même considérablement affaibli certains reproches que lui avaient adressés Driesch et Ungerer au motif que les *Gestalten* physiques seraient, au contraire de la totalité organique, incapables de se conserver par des échanges métaboliques⁴. Bertalanffy considérait néanmoins que la « théorie des *Gestalten* physiques » souffrait d'une insuffisance profonde quant à sa prétention à réduire la « légalité systémique » du vivant à une combinaison de lois s'appliquant aux « totalités » purement physiques. Elle ne donnerait en effet que « le type général de légalité physico-chimique susceptible de se rapprocher de celle des systèmes vivants », ne fournissant « aucune explication physico-chimique concrète d'un quelconque phénomène de la vie » et ne laissant d'ailleurs guère envisager comment nombre de phénomènes biologiques essentiels tels que la morphogenèse pourraient être justiciables des seules lois des « *Gestalten* physiques » (un reproche qu'il avait déjà formulé en 1928)⁵ :

On ne peut en aucune manière prétendre que la *Gestalttheorie* ait déjà fourni la réduction les événements organiques à la légalité physico-chimique, ni même qu'elle démontre ne serait-ce que la possibilité d'une telle réduction [...] Elle est sans aucun doute une réfutation du vitalisme dogmatique, qui prétend que la totalité organique est en principe inexplicable du point de vue physico-chimique ; mais elle n'est pas une preuve de la légitimité d'un mécanicisme dogmatique⁶.

Le second type de perspective « organismique » distingué par Bertalanffy, qui posait la spécificité des lois systémiques du vivant par rapport aux lois gouvernant le monde inanimé, incluait au premier chef l'interprétation émergentiste de la *Gestalttheorie* que nous avons vue développée par

¹ Bertalanffy L. von (1932b), p. IV et p. VIII.

² Bertalanffy L. von (1926b), p. 413.

³ Bertalanffy L. von (1929a), p. 84 et (1932b), pp. 93-94.

⁴ Bertalanffy L. von (1932b), p. 97.

⁵ Bertalanffy L. von (1928a), p. 224.

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), p. 97.

Pütter. Outre ce dernier, Bertalanffy mentionna Ritter, Woodger... et *lui-même dans ses premiers travaux* comme ses principaux représentants¹. C'était effectivement la position qu'il avait adoptée avant 1930, en particulier dans sa « théorie critique de la morphogenèse ». Ses idées évoluèrent toutefois entre 1930 et 1932, pour aboutir à une conception sensiblement différente. C'est qu'il en vint à considérer d'une part que cette conception était ambiguë et nécessitait une clarification ; et d'autre part qu'elle n'était pas la seule alternative « organismique » à ce qu'il avait appelé le « mécanisme de la *Gestalt* ». Sa clarification du premier point passa par une critique du principe de « non-sommativité des *Gestalten* » initiée en 1929, qui aboutit en 1932 à sa conception non-émergentiste du système déjà étudiée². Par ailleurs, j'ai insisté sur le fait que Bertalanffy avait toujours pris soin avant 1932 de tenir la spécificité des lois biologiques pour un postulat méthodologique et non ontologique : il n'avait jamais jusqu'alors explicitement écarté ni affirmé la possibilité de les subsumer ultérieurement sous des principes physiques généraux, ni celle que des lois physiques encore inconnues puissent en rendre compte. Ce qu'il avait nié, persistait à nier et nia en fin de compte toujours, c'était autre chose ; à savoir la possibilité de réduire les « lois systémiques » aux lois présidant au comportement des entités physico-chimiques impliquées dans les processus organiques lorsqu'elles sont considérées d'un point de vue analytique : il s'agissait pour lui non d'un postulat métaphysique, mais d'une évidence logique. Ce n'est qu'en 1932, en relation avec sa clarification de la seconde perspective « organismique », qu'il aborda de front le problème. Et c'est ici Reichenbach qui lui inspira une réflexion décisive :

Que faut-il entendre par l'idée que les processus vitaux sont déterminés par des lois physiques ? Que les lois physiques connues suffisent à la compréhension des processus vitaux, au moins le physicien lui-même osera se refuser à le penser, car il s'est toujours avéré qu'avec la découverte d'un nouveau domaine d'objets physiques, de nouvelles lois physiques étaient aussi nécessaires. Songeons à la radioactivité. Et le groupe des phénomènes de la vie a été si délibérément [*bewußt*] évité par la physique jusqu'à présent que ce serait un grand hasard si les lois physiques connues devaient se révéler contenir tout le nécessaire pour une compréhension du vivant [...] La physique elle-même a transformé le type de ses lois, en passant de lois causales à des lois probabilistes. Il est donc bien légitime de se demander pourquoi une transformation analogue dans le type de lois ne devrait pas survenir dans l'étude de l'organique à mesure de son progrès³.

Cette analyse de Reichenbach justifiait le second point de vue « organismique », à savoir que la compréhension du vivant exige de nouveaux concepts et lois qu'ignore la physique de l'« inorganique », dans la mesure où l'être biologique correspond à un niveau d'organisation plus élevé que le niveau physico-chimique. Néanmoins, Bertalanffy estimait que cette analyse posait bien aussi le problème de la signification de la spécificité des lois biologiques ainsi affirmée. Car dans la mesure où la « non-sommativité des *Gestalten* » pouvait (et, selon lui, devait) être interprétée en termes non-émergentistes, il n'y avait aucune raison logique de nier sur la base de ce seul argument la possibilité de principe d'une réduction des « lois systémiques » du vivant aux lois élémentaires de la physique⁴. Bertalanffy fit d'ailleurs remarquer avec pertinence que celle-ci traitait déjà à son époque de systèmes correspondant à des niveaux très divers d'organisation et que cela n'empêchait pas les lois correspondant à chacun de ces niveaux d'être dérivables de principes physiques fondamentaux.

Le véritable sens de l'interprétation émergentiste de la *Gestalttheorie*, à laquelle il se proposait de suggérer une alternative, se révélait donc être pour lui l'intégration de la biologie dans un système de la physique élargi, avec une « position comparable à celle de la chimie » :

Comme celle-ci, elle serait un domaine possédant ses lois propres, lesquelles seraient pourtant en principe réductibles aux lois élémentaires de la physique ; elle serait – à côté de la thermo- et de l'électrodynamique, de la mécanique, de la chimie, etc. – un domaine particulier de la physique⁵.

¹ *op. cit.*, pp. 95-96.

² Bertalanffy L. von (1929a), pp. 85-86 et (1932b), p. 98 : « Les propriétés et modes d'action des *Gestalten* ne sont pas explicables à partir de la sommation des seuls propriétés ou modes d'action de leurs parties tels qu'ils sont étudiés et connus à l'état isolé [...] Mais si l'on connaît la totalité des parties réunies dans le système et des relations mutuelles qu'elles entretiennent, alors le comportement du système est explicable à partir de ses parties ».

³ Reichenbach H. (1931, 1932), pp. 16-17. Aussi cité in Bertalanffy L. von (1932b), pp. 99-100.

⁴ Bertalanffy L. von (1932b), p. 99.

⁵ *op. cit.*, p. 101.

Woodger laissa effectivement entrevoir cette perspective lorsqu'il déclara :

Si Lavoisier, lors de la fondation de la chimie, avait procédé en postulant qu'il était l'affaire de la chimie de se réduire elle-même à la physique, il n'y aurait probablement jamais eu aucune chimie. La morale pour la biologie est évidente. Il n'y a aucun raccourci vers la biologie s'il fait l'impasse sur le fait observable de l'organisation biologique¹.

Remarquons aussi que M. Hartmann, qui n'invoquait en fait la *Gestalttheorie* que pour contrer les velléités de ressusciter le vitalisme sur la base de catégories holistiques, fit considérablement évoluer ses idées dans cette direction au cours des années 1930 avec sa conception des lois biologiques comme « lois de complication spécifique ». Il reconnut d'ailleurs à cette occasion son rapprochement du point de vue de Bertalanffy :

La biologie n'est pas de la physique ni de la chimie appliquée, mais une science autonome qui possède non seulement ses propres objets, mais aussi ses propres lois. On ne peut sur ce point qu'être d'accord avec les vues d'auteurs vitalistes ou organismiques tels que Haldane et von Uexküll [...] S'il n'y a pas à disputer le fait que les lois physiques s'appliquent aussi dans l'organique, *les lois causales biologiques sont néanmoins au premier chef des lois de complication spécifique* et la question de la possibilité de leur résolution sans reste au moyen d'événements physico-chimiques reste de prime abord ouverte².

La « théorie de la physique organique » se distinguait en tous cas profondément de la « théorie des *Gestalten* physiques » puisque celle-ci, comme le vit Bertalanffy, revenait en fin de compte à admettre pour la biologie une position par rapport à la physique semblable à celle la mécanique céleste par rapport à la mécanique terrestre :

De même que celle-ci est une application des lois connues de la mécanique terrestre aux objets cosmiques, elle serait une simple application des lois connues de la science de l'« inorganique » à l'organique.

Tandis que la « théorie des *Gestalten* physiques » était sans ambiguïté physicaliste (mécaniciste « au sens 2 »), c'était pour lui « une question de goût » que de qualifier aussi la « théorie de la physique organique » de « mécaniciste » en ce sens, puisqu'elle affirmait la spécificité des lois biologiques tout en admettant l'éventualité de leur réduction à des principes et lois physiques à découvrir³. En accord avec Woodger, dont il reprenait ainsi la même idée formulée trois ans plus tôt dans les mêmes termes, Bertalanffy considérait que :

L'étude d'un niveau [de la hiérarchie du réel] ne saurait se substituer à celle des niveaux supérieurs. Cette proposition demeure vraie de manière complètement indépendante de la possibilité subsistant d'exprimer dans un futur éloigné les propriétés de tous les niveaux supérieurs par des relations entre leurs parties de niveau inférieur [...] À la question de savoir si les concepts physiques contemporains suffisent à la biologie scientifique, il faut répondre non [...] À la question de savoir si les concepts [purement biologiques qu'est conduite à appliquer la biologie contemporaine] peuvent être remplacés par des concepts physiques, il faut répondre : attendre et voir⁴.

Pour lui, tout nouveau domaine de recherche, et la biologie au premier chef, devait songer à développer ses propres méthodes, concepts et théories. Seulement ensuite pouvait se poser le problème d'une éventuelle réduction des lois ainsi déterminées à celles d'un domaine « de niveau inférieur ». Toute question d'ordre ontologique ou velléité d'emblée réductionniste devant s'effacer devant la nécessité préalable de constituer dans le nouveau domaine un système d'objets et un cadre catégoriel adéquats permettant déjà en eux-mêmes de progresser vers la détermination de lois. Bertalanffy fut très clair sur ce sujet en 1937, où l'on remarque aussi que tout en ne cachant pas sa conviction métaphysique émergentiste, il s'efforçait de la maintenir en retrait de ses analyses critiques :

La question de savoir si les lois biologiques peuvent ultimement être ou non réduites à celles de la physique me semble devoir aujourd'hui demeurer sans réponse. Plus urgente que la discussion de cette possibilité est le progrès vers la détermination des lois biologiques elles-mêmes, qui doivent

¹ Woodger J.H. (1930), p. 21.

² Hartmann M. (1937), p. 36. Dans une note associée, Hartmann reconnut explicitement qu'il rejoignait ici les positions de Bertalanffy.

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 101.

⁴ *op. cit.*, p. 113. Voir aussi Woodger J.H. (1929), p. 325.

essentiellement représenter des lois systémiques [...] Il semble n'y avoir guère de doutes à avoir quant au fait que le vivant représente une entité [*Einheitsbildung*] de niveau supérieur, qui va bien au-delà des formes d'ordre que nous trouvons dans la nature inorganique [...] Il est assez logique qu'ici aussi de nouvelles lois d'ordre entrent en jeu, de même qu'elles surgissent lorsqu'on passe des électrons et de protons aux atomes, de ces derniers aux molécules et de ces dernières aux cristaux [...] Mais] ce qui est essentiel pour la science de la nature n'est pas tant de construire un fossé strict entre les divers domaines phénoménaux que d'élaborer la connaissance des lois spécifiques qui sont caractéristiques de chaque domaine particulier. Et il est évident que de même que la chimie a d'abord dû découvrir la « légalité propre » des liaisons chimiques, qui est tout-à-fait différente de celle de la mécanique classique, la biologie doit d'abord établir les lois propres des systèmes biologiques à partir des faits [...] La question des relations entre « physique » et « biologie » signifiera en définitive une question de définition du concept de « physique » [...] Si l'on entend par « physique » tout le domaine des lois naturelles exactes et objectives à déterminer, alors les lois biologiques seront « physiques » – mais en comptant par définition avec un concept de physique qui va bien au-delà de la physique contemporaine de l'inorganique¹.

Bertalanffy précisa ultérieurement (en 1949) encore un peu plus sa pensée sur ce dernier point en retournant la position réductionniste, sans rejoindre pour autant la conception holistique de Haldane et Meyer-Abich (qui, rappelons-le, assimilait la physique à une spécification de la biologie). Le réductionnisme physicaliste lui apparaissait en fin de compte comme le produit d'une manière inadéquate de poser le problème des rapports entre physique et biologie :

L'inclusion de nouveaux domaines dans la physique ne se produit pas par une simple extrapolation de principes disponibles dans cette dernière, mais de la manière suivante : en premier lieu survient un développement autonome et lors d'une *synthèse ultime*, le domaine original [*i.e. la physique*] se trouve lui-même élargi et enrichi [...] Or,] nous ne pouvons pour le moment pas prédire quel élargissement de ses moyens de pensée connaîtra le système conceptuel de la physique jusqu'à ce que survienne une synthèse des deux domaines [de la physique et de la biologie]².

Remarquons au passage que lorsque Piaget fit de cette même conception, en la formulant en des termes presque identiques, un moment de son structuralisme, ce fut précisément lorsqu'il se référa à ce qu'il appela « le premier essai de structuralisme biologique » du Viennois :

En physique même, les essais de réduction du complexe au simple, comme de l'électromagnétisme au mécanisme, aboutissent à des synthèses où l'inférieur est enrichi par le supérieur et où l'assimilation réciproque qui en résulte met en évidence l'existence de « structures » d'ensemble par opposition aux compositions additives ou identificatrices. On peut donc attendre sans inquiétude les réductions du vital au physico-chimique, car elles ne « réduiront » rien mais transformeront à leur avantage les deux termes du rapport³.

En tant que « principe de recherche », la « conception organismique » telle que l'entendait Bertalanffy était pour ces raisons « complètement indépendante » de la question de savoir si les lois biologiques peuvent en définitive être ramenées à celle de la physique :

Il ne s'agit pas pour elle de contester que la légalité organique puisse « en dernière analyse » être « physique », bien que nous ne sachions pas quel élargissement nécessitent la physique et la physico-chimie pour fournir une « physique de l'organique » adéquate. La critique qu'elle exerce contre le « mécanicisme » se porte plutôt sur les types d'explication appliqués par la physico-chimie biologique contemporaine [...] La controverse portant sur la question de savoir si la légalité biologique peut ou non être « en dernière analyse » « physique » nous apparaît pour le moment parfaitement stérile [...] Le sens de la conception organismique n'est pas la dénégation de la possibilité d'expliquer la vie par des moyens physiques, mais la préparation des moyens logiques de s'attaquer au problème [de la détermination des lois systémiques de l'organisme]⁴.

En 1932, Bertalanffy ne se dissociait donc pas complètement de la seconde perspective « organismique » qu'il avait distinguée : après en avoir explicité la visée, il en conservait le schéma et l'inspiration générale. Mais il émettait désormais des doutes quant à la possibilité effective d'une

¹ Bertalanffy L. von (1937b), pp. 182-183.

² Bertalanffy L. von (1949e), p. 151. Les italiques me sont propres.

³ Piaget J. (1968), p. 40-41. La référence à l'intérêt selon lui considérable des travaux biologiques de Bertalanffy figure sur la même page.

⁴ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 114-115.

« physique de l'organique » et considérait qu'une troisième perspective « organismique » était envisageable, qui formulait d'une manière inédite le caractère spécifique des lois biologiques en s'inscrivant dans le prolongement de la réflexion précitée de Reichenbach. C'est ici qu'entrèrent en scène sa « théorie de l'indétermination biologique » et son concept de « statistique d'ordre supérieur », inspirés tant de la thermodynamique statistique que de la théorie de l'indétermination quantique et des réflexions « complémentaristes » de Bohr et de Heisenberg sur la biologie.

2-3-2-9 – Les lois « organismiques » comme « statistiques d'ordre supérieur » – De la signification de leur autonomie

Dans la philosophie qu'il développa en 1932, Bertalanffy concevait certes toujours le réel comme une hiérarchie de « totalités ». Mais il interprétait les lois correspondant à chaque niveau de cette hiérarchie comme des lois de nature statistique portant sur le comportement des « totalités » de niveau inférieur. Il avait dès 1929 remarqué que, de même que le second principe de la thermodynamique ne donne que la « direction générale des phénomènes » sans rien dire des causes de la dégradation de l'énergie, il doit être possible d'énoncer des lois holistiques de la *Gestalt* organique décrivant en particulier sa « tendance à une complication croissante » en faisant abstraction de la complexité des processus physico-chimiques sous-jacents ; et que, de même que la théorie de Boltzmann avait permis d'« expliquer » le second principe en en fournissant de surcroît une représentation intuitive, énoncer de telles lois de la *Gestalt* organique ne préjugait pas, bien au contraire, de la possibilité de les réduire ultérieurement à des lois « plus élémentaires »¹. C'est en approfondissant ce parallèle qu'il fut amené en 1932 à identifier la « légalité systémique » à une « statistique d'ordre supérieur » se substituant à un déterminisme physique des processus sous-jacents, inadéquat pour l'appréhension de la « totalité » organique. Il faut ici remarquer le caractère en partie pragmatique de cette identification et surtout le fait que Bertalanffy plaçait là encore exclusivement son point de vue dans l'ordre épistémologique, sans engagement ontologique :

Nous croyons d'une manière semblable [à l'interprétation statistique du Second Principe], que même dans l'hypothèse où tous les processus de l'organisme seraient complètement déterminés de manière physico-chimique, le nombre immense de composants impliqués et celui plus considérable encore de leurs interactions rendent ici impossible de déterminer l'événement de manière physico-chimique, de telle sorte que nous devons introduire des lois statistiques « d'ordre supérieur » qui, en négligeant les événements physico-chimiques individuels, fournissent la direction générale de l'événement biologique. Une détermination physico-chimique complète des systèmes biologiques outrepasserait largement les possibilités de notre connaissance. Dans ces conditions, si nous voulons donner des lois générales des systèmes biologiques, nous ne pourrions rien donner d'autre qu'une « statistique d'ordre supérieur » : non plus une statistique de molécules, d'atomes et de quanta, mais plutôt une statistique du comportement régulier des unités supérieures, de cellules ou d'organismes².

Il faut souligner en outre que Bertalanffy ne s'inspirait pas ici seulement des physiciens. Même s'il n'y fit aucune référence à ce sujet, il est certain, parce qu'il se référa par ailleurs à l'article en question, qu'il n'ignorait pas ce que Weiss avait écrit dès 1925 dans son étude interprétant le comportement animal comme « réaction systémique » :

L'essentiel pour cette conception est seulement la décision quant à savoir si nous devons reconnaître l'organisme comme un système fermé en réaction, comme plus qu'un conglomerat d'« éléments », qu'il s'agisse de cellules, de micelles, de molécules ou d'atomes. Si oui, alors nous pouvons comprendre sa « légalité » sans avoir au préalable besoin de savoir quels processus s'y déroulent dans le détail. Car nous pouvons caractériser un complexe comme un système lorsqu'il manifeste des lois générales déterminées³.

Il est en tous cas manifeste que l'analogie avec la thermodynamique statistique n'était pas tout-à-fait satisfaisante pour Bertalanffy, probablement en raison du fait qu'elle n'avait trait – pour reprendre l'expression ultérieure de Weaver – qu'à la « complexité désorganisée ». Il trouva dans les relations d'indétermination d'Heisenberg une autre analogie permettant de justifier la légitimité et la pertinence

¹ Bertalanffy L. von (1929a), p. 95 et p. 108.

² Bertalanffy L. von (1932b), p. 75 et p. 105.

³ Weiss P.A. (1925), p. 181.

épistémologiques de ces « statistiques d'ordre supérieur » – Heisenberg qui avait d'ailleurs confié en 1925 à Pauli, à l'époque même où il était encore en train d'élaborer sa « mécanique matricielle », qu'il avait « découvert une manière de faire de la physique atomique tout en renonçant à l'objectif de fournir une image détaillée des mouvements et mécanismes intra-atomiques »¹ :

Survient peut-être dans le domaine biologique une « relation d'indétermination » semblable à celle donnée dans le domaine intra-atomique par Heisenberg. La relation d'indétermination de Heisenberg énonce que la légalité physique ne peut être que statistique parce que nous ne pouvons déterminer complètement le processus individuel, à savoir l'impulsion et le lieu de l'électron simultanément. De manière semblable, cela signifierait en biologie : pour déterminer complètement un processus individuel biologique, nous devrions connaître tous les processus dont il dépend dans l'organisme considéré ; mais c'est impossible parce que pour chacun de ces autres processus vaut le même principe, de sorte que s'instaure un cercle vicieux ; nous ne pouvons donc jamais connaître le processus individuel que de manière approchée. Tout ce que nous pouvons faire est soit, premièrement, isoler et déterminer le processus individuel de manière physico-chimique – c'est la procédure usuelle de la physiologie, qui ne nous donne cependant aucun éclaircissement sur le problème biologique proprement dit, à savoir la dépendance réciproque des processus individuels ; soit, deuxièmement, définir l'événement global dans l'organisme par une loi intégrale (qui – comme nous le croyons – est le problème biologique proprement dit), ce qui nous oblige toutefois à renoncer à la détermination physico-chimique de l'individuel à cause de l'immense complication².

L'autonomie des « lois organismiques » ainsi conçues par rapport aux lois gouvernant les entités physiques sous-jacentes était purement logique : elle tenait au fait que les premières portaient non sur des entités simplement physico-chimiques mais sur des entités déjà biologiques, et qu'elles ne pouvaient donc plus, en ce sens, être qualifiées de « physiques » – Bertalanffy considérant du reste, et il s'agit d'un aspect fondamental sur lequel il va me falloir revenir par la suite, que ce trait n'obérait *a priori* en rien la possibilité de principe de fournir des formulations « exactes » des lois « organismiques », compte tenu du caractère « universel » des mathématiques³. En tout état de cause, non seulement leur autonomie n'impliquait pour lui aucunement que l'organisme puisse se soustraire à l'emprise de la légalité physique, mais il jugeait la validité et l'intérêt de son étude physico-chimique incontestables. Il n'excluait toujours pas non plus que des principes physiques encore inconnus concernant les phénomènes macroscopiques puissent à l'avenir rendre compte des lois spécifiques de l'organique ; la recherche de tels principes joua d'ailleurs comme nous le verrons au 2-6 un rôle heuristique et théorique important dans sa « théorie des systèmes ouverts » à partir de la fin des années 1930, l'émergence de la thermodynamique des processus irréversibles ne tardant pas à conforter cette perspective. Le Viennois fit certes part de son scepticisme en 1932, jugeant alors « probable qu'il ne soit pas possible » de « déterminer complètement de manière physique » les lois des systèmes organiques⁴. Mais s'il avait déjà reconnu deux ans plus tôt que telle était sa « conviction intime », ce fut aussitôt pour souligner avec raison que sa perspective « organismique » ne l'impliquait en rien :

Il faut expressément souligner le fait que notre problématique est totalement indépendante d'une telle conviction⁵.

En fait, sa « théorie de l'indétermination biologique » ne formulait autre en définitive que ce qui peut être tenu comme le paradigme des « sciences de la complexité » :

Les lois de l'organique ne sont pas réductibles aux principes fondamentaux de la physique ; la raison en est que l'événement organique a atteint un degré si élevé de complication et d'individualité que nous devons nous satisfaire [pour l'expliquer] d'une statistique d'ordre supérieur autonome par rapport à la statistique physique⁶.

La « conception organismique » correspondant à cette théorie, propre à Bertalanffy, affirmait comme la seconde la spécificité des lois biologiques et partageait tous ses thèmes, à l'exception notable de sa

¹ Heisenberg W. (1925), in Elsasser W.M. (1987), p. xvii.

² Bertalanffy L. von (1932b), pp. 109-110.

³ Bertalanffy souligna particulièrement ce point dans (1941d), p. 340 et dans (1948a), p. 257.

⁴ *op. cit.*, p. 111.

⁵ Bertalanffy L. von (1930a), p. 26.

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), p. 47.

vocation à inscrire la biologie dans une physique élargie incluant une « physique de l'organique », perspective au moins provisoirement mise de côté ne serait-ce que pour des raisons pragmatiques. Cette spécificité tiendrait à l'apparition, avec l'organique, d'un « tournant » dans la hiérarchie du réel qui semble n'avoir été autre pour lui que l'émergence de la complexité. Il est toutefois clair que dans ses essais biophilosophiques, et ce en dépit de ses intimes convictions émergentistes, Bertalanffy n'interprétait déjà pas cette complexité comme appartenant à l'« être » organique, mais comme inhérente à la connaissance que nous en avons : il anticipait ainsi les réflexions ultérieures des systémiciens à ce sujet, que j'ai considérées au 2-2-3-9. Notons qu'il tenait aussi pour « vraisemblable » qu'un « second tournant » se rencontre « dans le sociologique »¹. Il n'insista toutefois pas sur cette question sensible, préférant se retirer sur le terrain méthodologique. De son point de vue, sa « théorie de l'indétermination biologique » était simplement la perspective « organismique » adéquate pour amorcer sur des bases saines une « théorie systémique du vivant ». Elle renonçait au moins provisoirement à formuler les lois des systèmes vivants en termes physiques, avec l'idée que la recherche future ne pourrait peut-être même pas, de toutes façons, être en mesure d'y parvenir ; et que quoiqu'il en soit, cette perspective dont la visée et la valeur étaient d'abord heuristiques n'entravait pas une telle recherche, tout en ayant l'avantage de poser de manière judicieuse le problème biologique fondamental de la « totalité » organique. Tel était finalement le sens de l'autonomie de la biologie par rapport aux sciences du « non-vivant » du point de « organismique » prôné par le Viennois. Il était dans la parfaite lignée du jugement programmatique énoncé par Ungerer dès 1927, selon lequel les « hypothèses vitalistes sur le caractère holistique de l'événement biologique » étaient « inévitables dans la situation épistémologique » contemporaine, tout le problème consistant à déterminer nomothétiquement ce caractère de manière toujours plus précise afin que les hypothèses en question ne demeurent pas qu'un « remplissage stérile »² :

La légalité organismique signifie *provisoirement* une forme d'examen indépendante de l'examen physique, par laquelle il est possible de rendre justice aux faits de l'organique qui ne sont pas suffisamment caractérisés par la légalité physico-chimique. Si cette remarque est correcte, alors la biologie théorique doit *provisoirement* être un système autonome par rapport à la physico-chimie. *Si la légalité systémique de l'organique ne peut aujourd'hui être formulée de manière physico-chimique, alors une version biologique en est justifiée.* La question de savoir si une réduction ultime de cette légalité systémique est possible nous semble pour l'instant d'une importance secondaire par rapport à l'exigence fondamentale [consistant à la formuler]³.

Il est remarquable que le physicien Walter M. Elsasser, qui finit par devenir une figure du holisme biologique à la fin du XX^e siècle, ne fit guère que reformuler sans plus de précision les conceptions de son prédécesseur – sans pour autant, d'ailleurs, prendre la peine de le mentionner – lorsqu'il développa, avec Bohr pour grand inspirateur, son concept de « complexité insondable » :

Le concept de complexité insondable implique qu'il n'y a pas de suite d'expériences concrètes ni même d'ensemble d'expériences de pensée convenablement réalistes telles qu'il serait possible de démontrer la manière dont *toutes* les propriétés d'un organisme (plus précisément, d'une classe d'organismes) peuvent être réduites aux conséquences de structures et de dynamiques moléculaires, celles-ci étant régies par les lois de la mécanique quantique [...] Le postulat fondamental de mon interprétation du holisme est qu'un organisme est une source (ou parfois un puits) de chaînes causales qui ne peuvent être remontées au-delà d'un point terminal parce qu'elles se perdent dans la complexité insondable de l'organisme [...] L'expression « complexité insondable » a une signification opérationnelle précise : si un objet hétérogène est assez complexe, il se peut, et c'est souvent le cas, que le chercheur traite d'échantillons d'une classe d'objets (cellules, organismes) avant d'avoir été capable de déterminer la structure de ces objets avec assez de précision⁴.

Pour en revenir enfin au dépassement de la critique kantienne du jugement téléologique proposé par Bertalanffy, on constate *a posteriori* toute l'importance de son insistance, dans ses premières publications de philosophie biologique, sur les débats concernant la validité du principe de causalité et le caractère statistique des lois physiques. Car c'est en fin de compte dans la brèche

¹ *op. cit.*, p. 110.

² Ungerer E. (1927), p. 164.

³ Bertalanffy L. von, respectivement (1930a), p. 26 et (1929b), p. 391 ; repris dans (1932b), p. 115. Les italiques me sont propres.

⁴ Elsasser W.M. (1987), p. 3, pp. 8-9, p. 37 et p. 41.

ouverte par ces débats qu'il s'est engouffré pour faire valoir, sur la base d'un élargissement du spectre des types possibles de détermination nomothétique dont la physique donnait elle-même l'exemple, la légitimité d'un programme de recherche biologique qui ne consistait certes pas à rendre « constitutif » le principe de finalité, mais bien à renoncer même à l'usage purement « régulateur » qui lui avait été consenti par Kant et ses héritiers pour lui substituer un usage à la fois « régulateur » et « constitutif » du principe de (conservation de la) totalité ayant pour vocation de formuler des « lois systémiques de l'organique » et d'en dériver les prétendues « manifestations finalistes de la vie ». Dès lors que la physique elle-même n'entendait plus la causalité au seul sens « analytico-sommatif » d'une reconstruction d'un événement à partir de chaînes causales supposées indépendantes ou étudiées comme telles, mais qu'au contraire une détermination nomothétique d'un événement se révélait possible même en l'absence d'une telle analyse causale, la voie était ouverte pour une telle transgression de la doctrine kantienne, inédite en son genre puisque constituant la première à ne pas déboucher sur un vitalisme (autre que purement méthodologique). Il n'est pas superflu de souligner que c'est précisément pour cette raison que Cassirer se rallia en 1940 à la philosophie biologique de Bertalanffy. Et à mon sens, le commentaire qu'il fit dans les pages introductives à ce ralliement décrit bien l'évolution décisive ayant permis cette rupture :

Lorsqu'il apparut à Kant, sur la base de son analyse critique, que la biologie, non seulement ne pouvait pas atteindre l'idéal newtonien, mais qu'elle ne pouvait pas même y tendre, qu'il y avait « de l'absurdité pour l'homme » à espérer un « Newton du brin d'herbe », cela comportait pour lui-même, à n'en pas douter, une certaine résignation. Il pouvait insister sur son droit propre et sa valeur propre, mais il ne pouvait lui assigner, dans la hiérarchie du savoir, le même rang, la même force « objective », c'est-à-dire objectivante, qu'à la connaissance physico-mathématique. Cette dernière était et demeurait en possession de l'authentique, de la véritable objectivité ; et cette possession, il n'était pas question d'y déroger ou d'y porter atteinte. De telles préoccupations n'existent plus pour nous : car une limitation du *mécanisme* ne signifie plus pour nous une limitation de la *physique*. La physique moderne s'est de plus en plus affranchie des entraves que la « vision mécaniste du monde » lui imposait, et a formé un nouvel idéal de connaissance. Mais de cette façon, c'est aussi sa relation à la biologie qui apparaît sous un nouveau jour. Certaine de sa propre autonomie, la physique est en mesure, à présent, de reconnaître à la biologie aussi une autonomie bien plus grande que ce n'était le cas auparavant ; car elle ne fait ainsi que lui garantir un droit qu'elle dut constamment revendiquer pour elle-même dans sa propre critique et sa propre réforme du système classique. Si, pour conclure, nous jetons encore un regard sur la *dernière phase de la biologie théorique* qui ne prend place qu'au XX^e siècle, tout se passe comme si s'était déjà accomplie en elle la liaison entre biologie et physique dans le sens indiqué ici¹.

Comme Bertalanffy, et comme je l'ai moi-même fait de manière détaillée dans ma première partie, Cassirer insistait d'abord sur la légitimité d'une perspective holistique en biologie en l'inscrivant dans un contexte épistémologique plus général :

La voie et le but commencent à se dessiner avec toujours plus de netteté dans les travaux de la dernière décennie axés sur la biologie théorique. C'est tout d'abord le concept de *totalité* que nous rencontrons comme une catégorie spécifique de la connaissance biologique. L'appellation de « holisme », déjà, nous indique qu'on commence à préférer ce concept au concept ancien et traditionnel de « finalité ». On peut caractériser d'une façon générale le développement de la connaissance scientifique au XIX^e siècle par sa tendance à accorder une signification toujours plus grande à l'idée de « totalité ». Elle conduit, dans la sphère de la physique théorique, à une primauté de la « physique du champ » [...] de même que dans la sphère de la psychologie, elle requiert le passage de la psychologie des éléments à la psychologie de la forme. Il était donc mis en relief un moment commun à des directions de recherches différentes, et d'égale importance pour elles ; il s'agit seulement de déterminer encore *ce qui est spécifique* au concept biologique de totalité en tant que tel².

Reconnaissant au passage le second comme un fin analyste de Kant, il résuma ensuite très bien l'étape décisive que Bertalanffy et Ungerer avaient permis de franchir à cet égard :

¹ Cassirer E. (1940, 1950, 1995), pp. 267-268.

² *op. cit.*, p. 269.

Utiliser une *méthode* téléologique dans l'exploration des organismes ne signifie rien d'autre que d'examiner jusqu'à quel point le caractère de conservation de la totalité se manifeste dans les processus qui se déroulent en eux. C'est nécessaire à la connaissance des phénomènes vitaux, mais c'est aussi pleinement suffisant. Essayer ou exiger davantage, c'est aussitôt donner naissance à des conflits et querelles de frontières entre biologie et physique [...] Le terme « totalité » a l'avantage d'être entièrement exempt d'hypothèse. Il ne contient rien de « psychique », et il n'affirme en aucune façon que le processus vital doive en tout état de cause se poursuivre de telle sorte que soit atteint par là le degré de finalité le plus élevé [...] La division du monde en causes efficientes et causes finales devient superflue ici ; mais la catégorie de « téléologique » garde et tient sa place.

Et c'est après avoir approuvé successivement et sans réserve toutes les thèses fondatrices du programme « organismique » de Bertalanffy qu'il put conclure comme suit la seule partie de son œuvre consacrée à la philosophie biologique :

La connaissance de l'ordre holistique des événements qui se produisent dans l'organisme est une connaissance *sui generis* qui ne peut être rendue superflue ni être remplacée par la constatation des rapports de causalité. Une fois qu'on a compris cela, il est oiseux de débattre pour savoir laquelle des deux est supérieure à l'autre, et il est encore moins fécond de vouloir réserver le nom de « science » à la connaissance causale [...] La « biologie organismique » nouvelle de Bertalanffy a mis les concepts d'ordre et de système à la place du concept de fin, et elle caractérise la vie par la propriété qu'elle lui assigne d'être un système [...] Elle] réconcilie les thèses du « mécanisme » et du « vitalisme » et les pose les unes par rapport aux autres dans un juste équilibre méthodologique : car elle ne s'oppose à aucune tentative d'explication physico-chimique des processus vitaux ; mais elle est consciente d'autre part d'avoir besoin d'autres moyens logiques pour se saisir avec succès du problème de la totalité ; et elle se propose de rendre ces moyens disponibles¹.

Il s'agit désormais, justement, de considérer les moyens auxquels Cassirer faisait là allusion.

2-3-3 – Des « principes organismiques » à l'ébauche d'une « systémologie biologique »

La perspective « organismique » de Bertalanffy ne constituait en tant que telle que le corps d'une philosophie biologique. Sa pertinence et son intérêt ne pouvaient être démontrés que dans l'exacte mesure où le programme « organismique » érigé sur sa base se révélait effectivement capable d'accoucher d'une biologie théorique « au second sens » assigné par le Viennois à cette expression, c'est-à-dire nomothétique et « exacte ». Saint-Germain a écrit très justement à ce propos que la biologie « organismique », dans la mesure où elle restait réduite à cette perspective et à ce programme, n'était qu'« en puissance » : elle ne pouvait « devenir en acte que par le biais de la biologie théorique », seule capable de la rendre « opérationnelle »². Or, la conception bertalanffienne de la théorisation impliquait que ce programme théorique ne pouvait s'actualiser que par l'intermédiaire de principes généraux qui ne soient ni simplement tirés de l'expérience, ni totalement indépendants d'elle. L'organisation définissant sa problématique centrale, la biologie théorique « organismique », ou « théorie systémique du vivant » [*Systemtheorie des Lebens*], ne pouvait donc être engendrée que par des principes généraux de l'organisation biologique.

La formulation de tels principes ne fut pas, comme l'a écrit Saint-Germain en conséquence d'une connaissance insuffisante des textes originaux de Bertalanffy, d'emblée présente dans sa « théorie critique de la morphogenèse »³ publiée en 1928. Elle s'est accomplie progressivement, cette progression concernant tant la précision des formulations que leur généralité. Deux articles publiés en 1929 en furent le véritable point de départ en énonçant pour les seuls organismes vivants deux « lois très générales ». Ces « lois » furent requalifiées en « principes » théoriques l'année suivante, mais ce n'est qu'en 1932 que ces derniers furent non seulement beaucoup plus élaborés et exposés de manière détaillée, mais généralisés dans leur portée par-delà les organismes vivants, pour embrasser aussi leurs

¹ *op. cit.*, pp. 270-271 et 273-274 pour les deux citations respectivement.

² Saint-Germain M. (1979), p. 55 et p. 60.

³ Saint-Germain ne s'est pas référé à *Kritische Theorie der Formbildung*, mais à sa traduction anglaise par Woodger (*Modern theories of development*), publiée en 1933. Le problème de cette traduction est qu'elle incorporait à celle du texte original une traduction de la première partie de *Theoretische Biologie*, publiée en 1932. Saint-Germain semble ne pas avoir tenu compte de ce fait, de sorte que les principes qu'il a cru voir énoncés en 1928 ne le furent en fait qu'au cours des années suivantes.

associations. Et ce n'est en fait qu'en 1937 que Bertalanffy atteignit la maturité de ses conceptions, tant du point de vue du caractère synthétique de ses formulations qu'eu égard à la clarification des relations entre les deux « principes » théoriques qu'il avait énoncés. Ce n'est de surcroît qu'en 1937 aussi que Bertalanffy en dérivait ce que j'appellerai trois principes cardinaux de l'interprétation « organismique » des phénomènes biologiques et que la cohérence de son projet de biologie « organismique » se dessina enfin clairement – certaines précisions étant encore apportées par la suite dans la synthèse qu'il publia en 1949 sous le titre *Das biologische Weltbild* [« La vision biologique du monde »]. Il s'agit ici d'étudier cette évolution et de montrer comment s'ébaucha avec elle non pas encore une véritable biologie théorique nomothétique à caractère « organismique », mais ce qu'il convient selon moi d'appeler une « systémologie biologique » [*biologische Systemlehre*] déterminant un cadre d'interprétation systémique de toute réalité biologique, susceptible à son tour de servir effectivement de matrice d'une telle biologie théorique.

2-3-3-1 – Premières étapes vers le concept du système ouvert en « équilibre de flux »

La première « loi très générale » énoncée par Bertalanffy en 1929 était celle de la « conservation de la *Gestalt* biologique », qu'il formula alors comme suit :

Le vivant persiste dans son propre état systémique [*Gestalt*]¹.

Le Viennois précisa d'emblée d'une part que cette « loi » était certes « en partie satisfaite par les lois d'équilibres physiques » ou chimiques, mais qu'elle n'apparaissait « provisoirement pas entièrement réductible » à ces dernières ; et d'autre part qu'il ne l'énonçait pas dans le même esprit que des Schaxel, Ungerer ou Rignano, c'est-à-dire comme un simple « moyen de description », mais comme un « moyen d'explication concrète de la nature » dont il s'agissait de démontrer la fécondité. Bertalanffy reconnut explicitement qu'il s'inspirait là, en dépit de leur tendance physicaliste, du traitement « *gestaltiste* » du problème de la régulation organique opéré par Köhler entre 1925 et 1927, et des principes d'organisation formulés en 1926 par Murray – celui de « moindre action » et surtout celui de « maintien de l'équilibre dynamique » [*principle of maintenance of steady states*] :

Nous posons avec la conservation de l'état systémique [*Gestalt*] une loi de la nature et examinons si elle peut être vérifiée, c'est-à-dire si l'on peut en dériver des conséquences qui rendent possible une explication des processus biologiques ne trouvant pas d'explication au moyen des lois physico-chimiques gouvernant les processus isolés².

La majeure partie de son article fut consacrée à montrer à cette fin comment plusieurs phénomènes biologiques – ceux du métabolisme, de la croissance, de l'excitabilité et de l'évolution phylogénétique – pouvaient être, tout au moins dans leur « direction et tendance générales » et sans considération des processus individuels sous-jacents – donc du point de vue de ce qu'il appela par la suite une « statistique d'ordre supérieur » – « expliqués » par la « loi » qu'il avait énoncée. En réalité, il s'agissait plus de montrer que les phénomènes considérés pouvaient être *interprétés* de manière cohérente au moyen de la « loi » en question que d'élaborer de réelles déductions logiques qu'elle restait à elle seule bien incapable de permettre. L'important est surtout que Bertalanffy fut par là-même conduit à exposer la manière dont il concevait les modalités de la « conservation de la totalité organique ». Cette conservation « caractérisait » selon lui le métabolisme ; ce dernier ne serait autre que son « expression phénoménologique », pouvant d'ailleurs se définir comme « la persistance de l'état systémique par renouvellement [*Wechsel*] de substances ». Il interprétait alors la logique de la coordination entre processus antagonistes d'assimilation et de dissimilation comme celle d'une « tendance au maintien d'un état déterminé », au rétablissement d'un « équilibre perturbé », tendance dont les phénomènes d'excitabilité constitueraient une expression caractéristique³. Le lien intime qu'ébauchait ici Bertalanffy entre son « principe » et les processus métaboliques en faisait, comme il le souligna lui-même, autre chose qu'un simple *avatar* de celui de Le Châtelier, même si celui-ci restait explicitement un point de mire. Il distinguait de ce point de vue sa « loi » des principes énoncés

¹ Bertalanffy L. von (1929a), p. 87: « Das Lebendige beharrt in der ihm eigenen Gestalt ». Repris dans (1930/1931), p. 391. Ma traduction tient compte de l'identification par Bertalanffy, déjà mentionnée, de la signification des termes *Gestalt* et *Systemzustand*.

² *op. cit.*, p. 88.

³ *op. cit.*, pp. 89-98.

par Köhler. Lorsqu'il s'efforça d'en dériver l'impossibilité logique d'une génération spontanée, sa démonstration reposa d'ailleurs sur l'idée que les modalités de la conservation de la « *Gestalt* organique » impliquent l'« irréductibilité » de celle-ci aux « *Gestalten* inorganiques »¹.

Bertalanffy précisa la compréhension de sa « loi très générale » dans un autre article publié la même année. Reprenant l'expression de Köhler bien que ce fût avant tout en référence à Ostwald, il l'identifia à une « tendance à persister dans un état stationnaire » [*stationären Zustand*] qui se « superpose » à l'équilibre chimique des différentes phases coexistant dans l'organisme et ne s'y identifie pas : un équilibre chimique est « incapable de fournir un travail », se différenciant donc essentiellement de ce que Bertalanffy appelait encore l'« équilibre dynamique » caractéristique de l'organisme. Si le système vivant était bien le lieu d'un « équilibre », il s'agissait pour lui d'un type d'équilibre dont aucun équivalent n'était connu dans le monde non-vivant, pour lequel on ne disposait guère de fondements physico-chimiques et dont une caractérisation purement « biologique » restait donc au moins « provisoirement » justifiée : un « équilibre » tel que ce système « se conserve par une assimilation et une dissimilation continuellement renouvelées de ses composants », « loin de l'équilibre vrai », c'est-à-dire d'un état stable à proprement parler, condition indispensable qui seule lui permet de fournir un travail². Bertalanffy reconnut en 1930 avoir à cet égard été stimulé par un essai critique de Julius Schultz (*Die Maschinentheorie des Lebens*) édité l'année précédente par Schaxel, où le biologiste avait attaqué les imports hasardeux en biologie des concepts d'équilibre développés en physique et en chimie, au motif que la vie se caractérise précisément par le fait que jamais le repos, c'est-à-dire un équilibre statique, n'y survient. Le Viennois remarqua de surcroît à cette occasion que même l'expression « état stationnaire » n'était en toute rigueur « pas correcte » pour caractériser l'état de l'organisme vivant puisque celui-ci est soumis à des évolutions (croissance, vieillissement) reposant sur des processus irréversibles. Il y avait là pour lui, contre des auteurs tels que Köhler et Prizbram, une raison majeure de résister à la tentation de réduire les « lois systémiques » du vivant à celles gouvernant les *Gestalten* physiques³.

Avant même de considérer la manière dont Bertalanffy développa par la suite ces idées, il faut bien souligner non seulement qu'elles n'étaient pas *en elles-mêmes* originales, mais qu'il ne s'en cacha guère. Le Viennois insista sur l'inspiration évidemment goethéenne des thèmes de la « durée par le changement » [*Dauer im Wechsel*] et du « meurs et deviens » [*Stirb und werde*] : si ce fut relativement tardif (à partir de 1940), cette inspiration était si profonde que, soulignant en 1949 l'importance de voir « le dynamique derrière le morphologiste » Goethe, il approuva non sans fierté le jugement d'un commentateur qui venait précisément à cet égard de l'identifier comme son « continueur direct »⁴. Derrière l'apparent platonisme du concept goethéen de type se cachait bien sûr pour lui Héraclite⁵, figure tutélaire de ses écrits en général dès 1926, et sur ce sujet plus particulièrement à partir de 1937. Mais ses premières références, en 1932, furent autres. Il mentionna d'abord Spencer, Haldane, Roux, R. Lillie, Köhler et Prizbram, qui avaient amplement insisté sur la notion de conservation de l'organisme par maintien d'un équilibre dynamique, mais ce fut en fait surtout pour critiquer leur « forte tentation d'identifier la conservation systémique de l'organisme avec des principes d'équilibre physique »⁶. Ce qui, au moins en ce qui concerne Spencer, n'était pas tout-à-fait justifié : le philosophe anglais, soulignant que l'organisme doit être appréhendé comme un « équilibre mobile » dont les forces s'épuisent par le mouvement mais sont d'un autre côté constamment régénérées par la nourriture, avait justement cherché à élargir le concept purement chimique-énergétique d'équilibre pour inclure les relations des organismes avec leur environnement⁷. Bertalanffy prit en tous cas plutôt pour modèle le « principe de tendance vers la stabilité » développé par Fechner et Petzoldt, ainsi que la philosophie de la biologie développée par N. Hartmann en 1912, dont nous avons vu qu'elle avait effectivement fait du métabolisme le « phénomène primitif » du vivant devant fonder toute

¹ *op. cit.*, p. 103.

² Bertalanffy L. von (1929b), pp. 385-386. Cette discussion fut reprise dans (1930a), pp. 22-23.

³ Bertalanffy L. von (1930/1931), p. 392.

⁴ Bertalanffy L. von (1949d), pp. 360-362. Le commentateur en question était Seidel F., in *Goethe gegen Kant*, Berlin, 1948. Voir aussi Bertalanffy L. von (1940a), p. 43.

⁵ Bertalanffy L. von (1937b), p. 61 et (1949d), pp. 360-361 en particulier. Ses références à Héraclite commencèrent dès (1926c), p. 245.

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), p. 117.

⁷ Voir par exemple Dotterweich H. (1940), p. 6.

morphologie¹. Il est symptomatique qu'il se réfère aussi, plus en amont, à cette figure du « téléomécanisme » que fut Müller, dont il cita la réflexion selon laquelle « aussi longtemps que vit un organisme, il se trouve en décomposition constante, la matière épuisée y étant perpétuellement remplacée par une nouvelle »². Bien qu'il n'ait par ailleurs pas manqué de se référer aux auteurs qui suivent et qu'il ne l'ait, au moins concernant ceux du continent, certainement pas ignoré, Bertalanffy ne mentionna pas spécifiquement le fait que le schème conceptuel qu'il appliquait à l'interprétation de l'organisme avait des ascendances beaucoup plus larges, que j'ai évoquées dans ma première partie : tant dans la « tradition » de *Naturphilosophie* (Leibniz et Schelling) que chez les « philosophes de la vie » (Nietzsche, Dilthey et Simmel), les métaphysiciens organicistes anglo-saxons (Whitehead et Smuts, lequel avait posé le métabolisme comme la fonction fondamentale de toute « totalité » dès lors qu'elle atteint le stade organique³), chez les premiers théoriciens des systèmes biocénétiques (Adams et Lotka), et bien sûr parmi certains biologistes. Se trouvaient chez ces derniers des auteurs qui soit l'avaient devancé sur le sujet, soit développaient à la même époque les mêmes idées en des termes voisins, et dont il n'ignorait pas les travaux. Ainsi ne mentionna-t-il pas Hering ni Weiss, qui avaient pourtant eux aussi déjà placé le métabolisme au cœur de leur réflexion sur l'« équilibre » des systèmes organiques⁴ ; et il fut loin de préciser l'ampleur de sa convergence avec Hirsch, Jordan et Schaxel, qu'il n'évoqua que laconiquement sur ces questions – le dernier ayant pourtant encore écrit en 1930, en faisant même du métabolisme de la vie un simple « processus partiel du métabolisme de la Terre » :

Les êtres vivants sont des phénomènes à concevoir en continuelle transformation, soumis au métabolisme et s'évanouissant dans la mort. La vie modifie de manière ininterrompue sa composition substantielle par métabolisme, lequel est justement constitutif de son cours [...] Le courant [*Strom*] de la vie se meut dans les formes organiques [...] et] l'individu n'est qu'un état, un extrait seulement artificiellement délimité dans le processus des formes⁵.

Bertalanffy fut encore moins prolixe du côté des anglo-saxons, ignorant Montgomery sur ce sujet⁶ et en faisant de même avec Cannon avant les années 1950. S'il évoqua bien dès 1929 la conception dynamique de l'« équilibre » organique d'Henderson, ce fut sans égard pour le fait qu'elle anticipait largement la sienne, l'Américain ayant d'ailleurs été lui-même inspiré par une métaphore de Cuvier comparant déjà la vie à un tourbillon, avec des molécules qui entrent et sortent continuellement cependant que la forme organique demeure⁷.

Néanmoins, la relative discrétion de Bertalanffy sur la multiplicité des auteurs auxquels il pouvait en fait légitimement se référer ne tient pas qu'à une simple et immodeste propension, certes omniprésente chez lui, à présenter ses conceptions comme novatrices. Car la perspective dans laquelle il développait le schème conceptuel en question était réellement originale. Comme je vais le montrer, cette originalité tenait d'abord à la connexion établie entre ce schème et d'autres « principes organismiques ». Mais elle tenait aussi à la visée théorique, au passage à une « biologie des principes » qu'il s'efforçait d'opérer avec lui. Si cette visée ne fut dans un premier temps guère illustrée que par des tentatives de « retrouver déductivement » par son intermédiaire des « règles empiriques » connues⁸, nous verrons au 2-5, en considérant la mise en œuvre de son programme « organismique », qu'elle fut actualisée dans des résultats théoriques originaux dignes de ce nom où le « principe » en question fut un moyen essentiel de « parvenir par voie déductive à des lois concrètes »⁹.

¹ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 116-117.

² *op. cit.*, pp. 191-192.

³ Smuts J.C. (1926, 1973), p. 87 et p. 291.

⁴ Voir Khittel S. (2000), p. 164 et p. 167.

⁵ Schaxel J. (1930), p. 469 et p. 487

⁶ Montgomery avait pourtant déjà caractérisé la vie par le pouvoir qu'a un organisme de se maintenir par le changement : voir Keeton M.T. (1947), p. 328.

⁷ Parascandola J. (1971), p. 82.

⁸ Bertalanffy L. von (1930/1931), p. 399.

⁹ Bertalanffy L. von (1934b), p. 354.

2-3-3-2 – *Le système ouvert en « équilibre de flux », premier « principe » théorique « organismique »*

Bertalanffy poursuit de manière plus approfondie ses réflexions sur la « persistance de l'état systémique » en 1932, dans sa *Theoretische Biologie*. Sa « loi » énoncée en 1929 y était désormais qualifiée de « principe biologique fondamental » de la « conservation du système organique en équilibre dynamique »¹. Il critiqua cette fois plus particulièrement certaines tentatives d'interpréter cet « équilibre » sur la base des principes s'appliquant aux équilibres chimiques, à partir d'une étude approfondie des théories de la perméabilité cellulaire – notamment celle du biochimiste Hendrik Zwaardemaker, élaborée entre 1906 et 1926. Le Viennois s'efforça d'établir que toutes les théories en question résistant à l'examen logique et empirique montraient que les équilibres chimiques de cellules voisines ne peuvent être indépendants ; de sorte que l'organisme dans son ensemble devrait être considéré comme un système en équilibre et qu'il y aurait comme une « ubiquité des perturbations de cet équilibre », chaque processus chimique partiel étant « co-déterminé par la situation globale du système »². Bertalanffy réitéra néanmoins son insistance sur le fait que l'équilibre chimique, caractérisé par un minimum d'énergie libre, est incapable de fournir un travail, contrairement à l'« équilibre » dont l'organisme est le siège³ ; et qu'il est donc « essentiel » d'« opposer » ce dernier type d'« équilibre » à ceux qui s'appliquent en physique et en chimie :

L'équilibre des facteurs à l'intérieur de l'organisme se comporte exactement au contraire [de celui correspondant aux équilibres physiques et chimiques] : partout où, par une compensation physique ou chimique, devrait se produire une immobilisation, celle-ci est surmontée [*aufgehoben*] par un phénomène agissant en sens contraire, de telle sorte qu'aussi longtemps que domine la vie, une véritable immobilité ne peut jamais survenir⁴.

L'« équilibre » du système organique n'en étant effectivement pas un au sens usuel du terme, Bertalanffy préféra le décrire dans un premier temps comme un « pseudo-équilibre ». Pour saisir sa spécificité, il jugeait nécessaire d'accorder une attention soutenue à ce qui constituait désormais à ses yeux l'« essentiel du vivant », à savoir le métabolisme :

L'organisme n'est ni un système statique, ni un système fermé [...] La propriété fondamentale du vivant est le rejet et le renouvellement simultanés, l'union d'une dissimilation et d'une assimilation continues. Si la dissimilation et l'assimilation se maintiennent en équilibre, alors le système vivant apparaît stationnaire d'un point de vue extérieur. La vie est pour cette raison une transformation automatique à double sens, un métabolisme autonome⁵.

Cette caractéristique lui apparaissait comme celle permettant à l'organisme de se maintenir continuellement à distance de l'équilibre « vrai », c'est-à-dire de l'état de repos (et donc de la mort). Et la logique était ici circulaire, la capacité ainsi conquise de fournir un travail étant précisément sans cesse « réinvestie » afin de perpétuer cette distance. Bertalanffy fut de la sorte conduit à identifier la conservation du système organique à la permanence d'un ordre fondée sur un flux de matière et d'énergie. C'est d'abord à ce propos que, chez ce fidèle héritier tant de la *Naturphilosophie* romantique que des néo-kantismes et de la physique moderne, la relation put se retrouver « absolutisée » et la substance, « désubstantialisée » :

L'organisme forme un système dans lequel la relation des constituants individuels se maintient constante dans certaines limites. Cette relation ne peut être caractérisée par les principes d'équilibre physico-chimiques usuels : le système apparaît comme un *pseudo-équilibre dynamique maintenu à distance de sa position de repos*. Cet équilibre a le caractère d'un état stationnaire, propre au système vivant, dans lequel les énergies libérées sont employées pour introduire de nouvelles matières et énergies, qui maintiennent le flux de l'événement [*Geschehen*].

La *conservation biologique* est celle, « spécifique », de *conditions intersystémiques d'événements*. Elle est pour cette raison une conservation non pas quantitative comme l'est la conservation

¹ Bertalanffy L. von (1932b), p. 116.

² *op. cit.*, pp. 163-177 et pp. 190-191.

³ *op. cit.*, pp. 193-194.

⁴ *op. cit.*, p. 118.

⁵ *op. cit.*, pp. 191-192.

mécanique, mais *qualitative*. La catégorie de *substance* conserve de la sorte sa propre expression et son propre usage en biologie¹.

Comme il l'avait fait en 1930, Bertalanffy précisa toutefois de nouveau que le terme « stationnaire » appliqué à l'état du système en « pseudo-équilibre dynamique » n'est pertinent que sur de courtes périodes temporelles et qu'il est en conséquence plus judicieux de qualifier ce « pseudo-équilibre » de « quasi-stationnaire », expression traduisant le fait qu'il est soumis à de lentes et irréversibles transformations correspondant à l'évolution de l'organisme dans son ensemble, que l'on peut certes « négliger pour les besoins de la recherche », mais dont il faut avoir conscience² – l'un des rôles du second « principe fondamental » de Bertalanffy, celui d'ordre hiérarchique, ayant justement, nous le verrons dans la sous-section suivante, pour fonction d'en tenir compte.

C'est dans ce contexte que Bertalanffy introduisit pour la première fois, en 1932, le concept emblématique de toute son œuvre, celui de « système ouvert » [*offenes System*] :

Il est immédiatement clair qu'un système en équilibre dynamique ne peut consister qu'en un système ouvert. Un système fermé évoluerait aussi promptement que possible vers un état de repos³.

L'« ouverture », notons le bien, ne référerait pas seulement pour lui aux flux d'énergie, mais *nécessairement* aussi aux flux de matière. Il ne fut en fait vraiment explicite sur la distinction entre « systèmes fermés » et « ouverts » qu'en 1940 :

Nous appelons « fermé » un système lorsqu'aucun matériel n'y entre « de l'extérieur » et qu'aucun matériel n'en sort « vers l'extérieur ». Un système ouvert est un système dans lequel se produit un import et un export de matériel [« avec l'extérieur »]⁴.

Il attendit aussi cette année là pour forger le terme *Fliessgleichgewicht* [« équilibre de flux »] afin de caractériser le type spécifique de « pseudo-équilibre dynamique » susceptible de survenir dans les systèmes ouverts ainsi définis. Bertalanffy expliqua deux ans plus tard qu'il avait été guidé dans le choix de ce terme par le fait que les expressions « état stationnaire » et « équilibre dynamique » étaient beaucoup trop équivoques, car utilisées même dans les sciences physiques en des sens très différents⁵. Il le considérait comme « intraduisible » en anglais de manière satisfaisante, lui faisant toutefois après-guerre correspondre en première approximation l'expression « *steady state* »⁶. C'est peu après que la preuve du renouvellement de 90 % des composants matériels du corps humain en une seule année ait été établie au moyen de marqueurs isotopiques⁷, et en s'appuyant sur cette preuve sous l'égide d'Héraclite, que le Viennois déclara en préambule à l'introduction de cette expression :

Les formes de l'organique ne sont qu'extérieurement durables et constantes ; elles sont en réalité l'expression d'un continuel flux d'événements. Elles ne sont pas, elles deviennent [...] Ce Meurs et deviens [*Stirb und werde*] de l'organisme se produit à une vitesse qu'on était loin de soupçonner [...] L'organisme vivant est un *système ouvert* qui importe et exporte continuellement des composants de et vers l'extérieur, et qui néanmoins se maintient ou tend par ce changement perpétuel vers un état stationnaire ou plutôt, comme nous préférons l'appeler, un *équilibre de flux*⁸.

Le « principe » du système ouvert en équilibre de flux était toutefois pour Bertalanffy certes nécessaire pour caractériser l'état des systèmes vivants, mais encore insuffisant même du seul point de vue de ce « principe ». En 1932, il insista d'abord sur le fait « essentiel » que ces systèmes se maintiennent dans ou tendent vers un « pseudo-équilibre dynamique à distance de l'état de repos »⁹ – ou, comme il l'écrivit par la suite, un « équilibre de flux à une certaine distance de l'équilibre vrai »¹⁰. Une autre distinction s'imposait de surcroît pour pouvoir caractériser les organismes par rapport à des systèmes ouverts tels qu'une flamme, une chute d'eau ou un courant électrique. Bertalanffy qualifia

¹ *op. cit.*, p. 197 et p. 117 respectivement. Les italiques me sont propres.

² *op. cit.*, p. 118 et p. 203. Voir aussi (1937b), pp. 19-20.

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 193.

⁴ Bertalanffy L. von (1940b), p. 521. Voir aussi (1942), p. 26.

⁵ Bertalanffy L. von (1942), p. 26. Voir aussi (1948a), p. 259.

⁶ Lettre de Bertalanffy L. von à Alexander J. (18/01/1950), *Archives du B.C.S.S.S.* ; Bertalanffy L. von (1948a), p. 259.

⁷ Ungerer E. (1966), p. 70.

⁸ Bertalanffy L. von (1940a), pp. 43-44. Le terme *Fliessgleichgewicht* fut introduit p. 11. Voir aussi (1949e), pp. 119-121.

⁹ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 193-196.

¹⁰ Bertalanffy L. von (1942), p. 28.

dès 1932 ces derniers d'« hétéronomes », restant toutefois encore allusif quant à la signification dont il investissait ce terme¹. Les précisions ne vinrent que dix ans plus tard, après avoir été esquissées en 1940, avec une partition importante opérée entre systèmes ouverts « *exonomes* » et « *endonomes* » :

On peut en principe distinguer deux types de systèmes ouverts, que nous pouvons qualifier d'« *exonomes* » et d'« *endonomes* ». Les systèmes stationnaires *exonomes* sont ceux dont l'équilibre est maintenu par une contrainte extérieure [...] Par opposition, les systèmes stationnaires *endonomes* sont ceux qui portent en eux-mêmes les conditions de leur maintien en équilibre de flux².

Caractériser l'organisme comme un système ouvert imposait en conséquence pour Bertalanffy de le ranger dans la classe des systèmes ouverts *endonomes*.

Si ces considérations furent développées ultérieurement, il reste qu'il fut conduit dès 1932 à poser la détermination des lois spécifiques des systèmes ouverts organiques et de leur « équilibre de flux » comme un problème fondamental, selon lui « le plus difficile de toute la biologie » ne serait-ce que parce que les principes d'équilibre physico-chimiques connus s'appliquaient à des systèmes fermés où les processus sont réversibles et qu'on ne disposait encore d'aucune connaissance de principes analogues s'appliquant à ces systèmes ouverts qui correspondent « par essence » à un état « irréversible »³. Le programme de recherche de Bertalanffy était ainsi dessiné : il aboutit entre autres à la fin des années 1930 au développement de sa « théorie des systèmes ouverts », examiné au 2-6.

Le Viennois s'efforça dès 1932 de progresser dans cette direction en élaborant un « modèle ou schéma conceptuel » [*gedankliches Modell oder Schema*] destiné à contourner « provisoirement » la « complication immense [*unübersehbare Komplikation*] du phénomène biologique » afin de rendre intelligible la manière dont un « équilibre de flux » peut s'établir et se reproduire dans un système ouvert⁴. Dans la mesure où cet « équilibre » se caractérise par l'invariance de certaines « relations de masse » entre composants, il s'agissait pour lui, comme il l'expliqua plus clairement cinq ans plus tard, de « *transposer aux systèmes vivants* » dans leur globalité la loi d'action de masse du point de vue d'une « statistique d'ordre supérieur », et ce quand bien même cette loi omniprésente en cinétique chimique demeure inapplicable à maintes réactions chimiques particulières ayant cours dans l'organisme vivant :

Il va certes de soi que compte tenu du nombre immense des réactions ayant cours dans l'organisme et déjà même dans une seule cellule, il est impossible de prendre en compte individuellement les partenaires de réaction. Mais l'on peut s'aider d'abstractions, par exemple en regroupant tous les processus de type anabolique dans un processus global qualifié d'« assimilation » et tous ceux de type catabolique dans celui qualifié de « dissimilation » ; on peut alors calculer avec des grandeurs représentant des valeurs statistiques moyennes d'une multitude immense et à bien des égards inconnue de réactions, comme le fait le physico-chimiste pour des substances ou réactions individuelles (avec des grandeurs qui représentent d'ailleurs aussi des expressions statistiques du comportement d'une multiplicité énorme et insondable de molécules individuelles). Il est certes certain que les réactions individuelles dans l'organisme, en particulier celles de fermentation, ne peuvent être simplement appréhendées au moyen de la loi d'action de masse ; en ce qui concerne le cours du système stationnaire en tant que tout, on peut néanmoins faire en première approximation l'hypothèse qu'il peut être considéré comme un équilibre entre « assimilation » et « dissimilation ». Enfin, le fait que les réactions dans le système vivant ne soient pas réversibles dans leur ensemble n'empêche pas de concevoir en principe la « reproduction du métabolisme » comme celle d'un équilibre chimique (dynamique), même s'il est immensément compliqué, [...] et d'y appliquer les principes qui sont d'une manière générale à la base des états d'équilibre chimiques⁵.

Le « modèle conceptuel » élaboré par Bertalanffy en 1932 consistait à considérer un ensemble de réactions chimiques simultanées en supposant que : (1) les produits de réaction (u_i) sont évacués au fur et à mesure, de sorte qu'ils ne donnent pas lieu à des réactions réversibles avec les réactifs associés

¹ Bertalanffy L. von (1932b), p. 85 et p. 193.

² Bertalanffy L. von (1942), p. 52. Voir déjà (1940b), p. 522, où la distinction entre « processus autonomes » et « processus hétéronomes » était déjà effectuée et définie.

³ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 196-197.

⁴ *op. cit.*, p. 198.

⁵ Bertalanffy L. von (1937b), pp. 82-83.

(a_i) ; (2) ceux-ci sont introduits continûment dans le système à un rythme au moins aussi soutenu que celui de l'évacuation des (u_i) ; (3) les (a_i) entretiennent entre eux des réactions réversibles. Bertalanffy n'eut aucune difficulté à démontrer que dans ces conditions, la loi d'action de masses s'applique aux réactifs (a_i), donc qu'un rapport constant s'établit entre les quantités des composants (a_i) du système en « pseudo-équilibre dynamique », quelles que soient les différences entre leurs rythmes respectifs d'introduction. Que ce modèle élémentaire soit purement chimique ne constituait pas pour Bertalanffy un paradoxe eu égard à sa conception de l'autonomie de la biologie « organismique ». Il ne lui attribuait en effet aucune vocation explicative quant au phénomène biologique considéré. Sa fonction consistait seulement à fournir une « compréhension de principe » [*prinzipielle Verständnis*] de l'organisme en tant qu'interprété comme un « système ouvert en équilibre de flux », dans l'attente d'une explication proprement dite¹. Par quoi l'on voit aussi que le Viennois était, bien avant que von Hayek n'en discute la justification épistémologique, prédisposé à associer à son approche systémique au recours à des « explications de principe ».

2-3-3-3 – Le second « principe » théorique « organismique » : l'ordre hiérarchique

Simultanément à ses formulations successives du premier « principe fondamental » et, d'ailleurs, toujours en conjonction avec elles, Bertalanffy en développa un second : celui d'ordre hiérarchique. Ce « principe » fit lui aussi son apparition dans l'article de 1929 déjà considéré plus haut, sous une forme primitive que le Viennois qualifia également à cette époque de « seconde loi générale » de la « *Gestalt* organique » :

La totalité organique tend vers un degré maximum d'organisation².

Il n'y avait en fait guère d'originalité dans ce principe ni même dans sa formulation, puisque Bertalanffy s'inspirait là explicitement d'un énoncé similaire formulé trois ans plus tôt par son collègue et compatriote Sapper, lequel avait alors pour sa part parlé de « tendance vers une mise en forme maximale » [*Streben nach maximaler Durchformtheit*]³. Le Viennois invoqua en premier lieu les processus ontogénétiques afin d'illustrer la pertinence de cette « loi », et c'était tout naturel : que les « lois » n°3 et 7 de la morphogenèse qu'il avait énoncées en 1928 soient interprétables comme des déclinaisons de cette « loi fondamentale » est déjà un indicateur du fait que ses réflexions sur le développement embryonnaire imprégnèrent de part en part l'élaboration du schème « organismique » dont il va ici être question. Dans la mesure où il concevait l'évolution comme une « anamorphose » et où la critique des théories contemporaines de l'évolution fut toujours stratégique dans son argumentaire, Bertalanffy chercha néanmoins plus encore à trouver des illustrations de sa « loi fondamentale » dans les phénomènes phylogénétiques⁴. Par-delà le strict domaine de la biologie, il est clair que jouèrent aussi ici un rôle significatif ses ascendances dans la *Naturphilosophie* et l'empreinte d'un contexte culturel où le thème nietzschéen du dionysiaque était omniprésent. Sa « loi » n'était par exemple guère qu'une formulation « positive » de la « continuelle aspiration vers quelque chose de plus élevé » que Goethe avait discernée dans la vie organique⁵. Bertalanffy avait en tous cas conscience du fait qu'elle ne faisait mieux que synthétiser des observations, et il ne chercha d'ailleurs qu'à en donner ce qu'il appelait des « justifications inductives ». Il considérait qu'elle avait le même statut que le principe de Clausius : de même que celui-ci avait énoncé la nécessité de l'accroissement de l'entropie dans les systèmes fermés tout en restant incapable d'en fournir une explication, le Viennois avouait son incapacité à expliquer l'accroissement du degré d'organisation dont les systèmes biologiques sont le siège⁶. Il faut aussi remarquer à cet égard qu'il insista d'emblée sur le fait qu'il ne concevait pas du tout sa « loi » en opposition au second principe de la thermodynamique, récusant par avance l'idée qu'elle s'identifierait au « principe entropique » d'Auerbach :

¹ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 198-199.

² Bertalanffy L. von (1929a), p. 104: « Die organische Gestalt strebt nach einem Maximum von Gestaltetheit ». J'ai tenu compte dans la traduction du fait que Bertalanffy utilisait souvent les termes *Gestalt* et *Ganzheit* comme de parfaits synonymes.

³ Sapper K. (1926), pp. 348-349. Il parlait aussi de « Streben nach dem Maximum der Durchformtheit ». Le terme *Durchformtheit* est difficilement traduisible (« façonnage » serait peut être le terme français le plus proche).

⁴ Bertalanffy L. von (1929a), pp. 104-108.

⁵ Goethe J.W., in Gusdorf G. (1985), p. 89.

⁶ Bertalanffy L. von (1929a), p. 108.

Il ne s'agit pas d'affirmer, avec l'augmentation du degré d'organisation, que l'écoulement vers l'entropie [*das Abströmen zur Entropie*] serait retenu ou inversé, mais qu'il est utilisé de la manière la plus parfaite possible pour la production d'ordre¹.

Bertalanffy poursuit ses réflexions à ce sujet dans sa *Theoretische Biologie* (1932), en les approfondissant au moins aussi significativement qu'il le fit eu égard à sa première « loi générale ». Un changement de terminologie survint là encore : poursuivant en fin de compte ainsi l'analogie avec la thermodynamique – son premier principe de conservation de l'état systémique peut être vu comme l'analogie du premier principe de conservation de l'énergie – il parlait désormais du « second principe biologique fondamental » de l'« ordre hiérarchique » (la requalification de sa « loi générale » en « principe » ayant été là encore opérée dès 1930)². Il fut certainement influencé de ce point de vue terminologique et, surtout, incité à développer ses idées à ce sujet, par l'ébauche de théorie logico-mathématique de l'ordre hiérarchique publiée en 1930 et 1931 par Woodger, qu'il commenta d'ailleurs en 1932 et que je considérerai au 2-4-6-2 – et ce, même si la continuité parfaite avec son essai de 1928 montre que l'influence de son collègue anglais fut marginale quant au contenu de ces développements. La « loi générale » énoncée en 1929 fut reformulée et sophistiquée en un « principe » dynamique auquel Bertalanffy fit lui-même correspondre des expressions plus adéquates en parlant plutôt dès 1932 de « principe d'organisation progressive » [*Prinzip der fortschreitenden Organisation*]³, et par la suite alternativement de « principe de hiérarchisation », ou d'« intégration » progressive. Ce « principe » correspondit toujours en fait chez lui à un schéma de développement épigénétique et si son exposé systématique et général n'intervint vraiment qu'en 1949 (après avoir toutefois été ébauché en 1937)⁴, ce fut d'ailleurs de nouveau dans le contexte plus spécifique de réflexions critiques sur les théories du développement ontogénétique qu'il l'exposa en 1932, avec une influence très nette et explicite des travaux de Driesch, de la théorie des organisateurs du développement de Spemann et de la théorie des gradients physiologiques de Child – les « lois » de la morphogenèse n°4, 5, 6 et 8 qu'il avait formulées en 1928 apparaissant du reste clairement, en conjonction avec les « lois » n°3 et 7, comme des prémices de ce schéma. Néanmoins, on peut là encore observer que des sources extérieures au domaine strictement biologique étaient à l'œuvre dans son élaboration par Bertalanffy. Outre ses ancêtres dans la « tradition » de *Naturphilosophie* (notamment chez Goethe et Schelling), ce fut indéniablement le cas de la philosophie de l'histoire de Spengler et de la sociologie de Spencer, il est vrai elles-mêmes construites sur des métaphores biologiques : la prégnance de ces influences se manifeste en ce que le Viennois pointa dès 1924 la pertinence du modèle spenglerien de croissance des « cultures » à partir d'un état indifférencié jusqu'au stade de « rigidification » où elles se meurent en devenant « civilisations », ainsi que celle du principe spencerien d'« intégration progressive » pour l'analyse des phénomènes de centralisation étatique et d'urbanisation « mégapolistique » au stade de transition vers la « civilisation »⁵.

Le « second principe » de Bertalanffy était le schéma suivant de développement épigénétique d'un système, dont on peut remarquer qu'il correspond bien à ce que Chauvet a récemment posé comme une « caractéristique de la vie dans la matière »⁶. Dans une étape « primaire », le système est « unitaire » : il forme une « totalité équipotentielle » ayant des capacités maximales de régulation. Aucune de ses parties n'y est encore investie d'une fonction spécifique. Dans un second temps survient un processus de « ségrégation » au cours duquel le système se « scinde » en sous-systèmes dont le développement spécifique ultérieur se prédétermine. Un processus de « différenciation progressive » engage alors chaque sous-système dans la voie de développement qui lui a été ainsi assignée⁷. Il se caractérise par l'attribution de fonctions déterminées à ces sous-systèmes et la constitution de structures plus ou moins rigides. C'est un processus d'autonomisation relative et de spécialisation des parties et des processus, qui implique pour le système dans son ensemble une « perte

¹ *op.cit.*, p. 104.

² Bertalanffy L. von (1932b), p. 118 et (1930/1931), pp. 391 sq.

³ *op.cit.*, p. 331.

⁴ Bertalanffy L. von (1949e), pp. 50-56 et pp. 71-73 ; voir déjà (1937b), pp. 55-57, pp. 115-116 et pp. 132-133.

⁵ Bertalanffy L. von (1924a), I et II.

⁶ Chauvet G. (1995), p. 269 : « Une seconde caractéristique de la vie dans la matière est le principe optimal d'accroissement de l'ordre fonctionnel par hiérarchie et spécialisation au cours du développement ».

⁷ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 290-305.

de régularité » (ou de « plasticité ») et que Bertalanffy appela à partir de 1937 la « mécanisation progressive ». Cet aspect du développement traduisait pour lui une « tendance désintégrative », celle de la transition d'un comportement « holistique » du système vers un comportement « sommatif », dont le caractère absolu éventuel ne peut qu'être synonyme d'une fin imminente du système pour cause d'incapacité à s'adapter aux variations de son environnement ou à surmonter la défaillance de l'un des ses sous-systèmes. Le Viennois, qui prit à cette occasion comme paradigme l'évolution de la « culture primitive » à la « civilisation », expliqua plus tard qu'il voyait dans cette « mécanisation progressive » ni plus ni moins que le « caractère tragique de toute évolution » : le progrès fonctionnel d'un système, c'est-à-dire « l'extension et le raffinement de ses fonctions » et la multiplicité des voies qui s'offrent à lui pour s'adapter à son environnement et le transformer conformément aux exigences de sa perpétuation, n'est possible que par sa différenciation en parties et processus de plus en plus spécialisés ; mais ce moment a un « revers » car il implique une vulnérabilité accrue de chacune de ces parties et, du fait du caractère de plus en plus irremplaçable de ces dernières, celle du système dans son ensemble¹. Il faut noter que même en 1932, Bertalanffy ne se référa jamais à Weiss à propos de ce moment de la « mécanisation progressive », alors que son collègue avait comme je l'ai montré au 1-4-5-6 largement insisté sur son importance sept ans auparavant², fait qu'il n'ignorait nullement – la tension entre eux déjà évoquée étant la probable cause de ce silence.

En bonne logique héraclitéenne, Bertalanffy voyait naître dans la tendance « désintégrative » elle-même un processus antagoniste et solidaire permettant d'en circonscrire les effets et d'en limiter les dangers (et sans lequel on ne saurait rapidement plus parler de système), qui constituait à proprement parler le système comme un système hiérarchisé. Il s'agissait d'un processus « intégratif » de « centralisation progressive ». Dans son schéma, la première tendance allait en effet de pair avec la subordination progressive de certains sous-systèmes à d'autres, qui émergent comme « parties dominantes » et œuvrent de la sorte médiatement à un type d'intégration différent de celui de la « totalité équipotentielle » initiale, car fondé sur des structures et des interactions fonctionnelles initialement absentes ; dans l'exacte mesure de la différenciation et de la spécialisation des parties se développe même une succession de subordinations entre sous-systèmes qui, conformément à un principe d'emboîtement, tend vers la subordination de toutes les parties à un seul sous-système, lequel contrôle le réseau fonctionnel ainsi engendré et « domine » (i.e. se subordonne) l'ensemble (par exemple le système nerveux central chez les organismes qui en sont pourvus).

Bertalanffy appelait « ordre hiérarchique des éléments et des processus » l'aboutissement de l'évolution d'un système conformément à ce schéma fondé sur la « polarité entre tendance centralisatrice (intégrative) et tendance désintégrative »³. Et pour lui cet ordre, dynamique, n'était autre que ce que l'on a coutume de qualifier d'« individualité ». Il qualifia d'ailleurs aussi d'« individualisation progressive » tout le processus précédemment décrit. Une individualisation qu'il concevait comme un processus indéfini, jamais achevé, c'est-à-dire encore comme une « limite ». Il s'inscrivait là dans le sillage de la critique déjà évoquée du concept d'individu par Schaxel (un « concept rigide » d'une « biologie métaphysique » qui devrait être réinterprété dans le cadre d'une « biologie dialectique » comme un « état transitoire dans le processus vital »)⁴ et, quoiqu'il ne se soit pas référé au métaphysicien anglais à cet égard, il se trouvait en parfait accord avec Whitehead (selon qui « chaque événement est un fait individuel émergent d'une individualisation de l'activité sous-jacente, mais individualisation ne signifie pas indépendance substantielle »⁵) :

[Du point de vue des organismes], nous ne pouvons parler d'« individualité » qu'en un seul sens, à savoir qu'une unification croissante advient ontogénétiquement et phylogénétiquement [...] Cette unification croissante s'effectue parallèlement à la complication croissante [...] L'« individualité » est en ce sens manifestement un synonyme de cet état de chose que nous nous efforçons de clarifier en tant qu'« ordre hiérarchique » [...] Elle est étroitement liée à la centralisation progressive, à l'ordre et à la subordination des parties [...] L'« individualité » signifie en ce sens centralisation⁶.

¹ Bertalanffy L. von (1949e), pp. 53-54 et (1950b), p. 149.

² Weiss P.A. (1925), pp. 190-191 et p. 244.

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 273 et (1949e), pp. 50-51.

⁴ Schaxel J. (1930), p. 471 et p. 492.

⁵ Whitehead A.N. (1925, 1994), p. 90.

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 271-273. Voir aussi (1937b), pp. 56-57.

Il n'y a à proprement parler pas d'individualité biologique, mais seulement une individualisation progressive de type ontogénétique et phylogénétique qui repose sur une centralisation progressive [...] L'individualité est un concept pour une limite dont l'organisme pluricellulaire s'approche sans jamais l'atteindre¹.

Il s'agissait ainsi de rompre avec un concept selon lui purement « psychologique » d'individu, qui se révélerait n'être que le produit d'une circonscription de certains phénomènes avant tout fondée sur les « apparences des sens » et le critère non pertinent de connexité spatiale, et ne conduirait partout, et au premier chef en biologie, qu'à des « problèmes métaphysiques insolubles » : conçu de manière « non critique », l'« individu » ne cesserait en fait de se dérober devant une analyse qui ne manque jamais de le faire apparaître comme un « dividu ». Il ne référerait en fait selon Bertalanffy qu'à la « permanence d'un ordre » et lui substituer le concept « clair et sans équivoque » d'ordre hiérarchique était d'autant plus une nécessité pour lui qu'il joua, j'y reviendrai bientôt, un rôle essentiel dans son élaboration d'un concept général de « système organisé » fournissant un schème d'interprétation unificateur, en biologie dans un premier temps et bien au-delà par la suite :

Lorsqu'on décrit des cellules ou des organismes complets comme des « individus », ceci mène facilement à manquer ou à négliger la signification des entités sur-ordonnées [...] Le concept d'« individu » est indissociable de la tendance psychologique à ne considérer comme « réelles » que les « parties » et à oublier les « relations » ; et il fut pour cette raison le précurseur de la conception erronée de l'organisme qui en fait une « colonie de cellules individuelles »².

2-3-3-4 – *Ordre hiérarchique et « causalité d'impulsion »*

Un aspect supplémentaire des réflexions que Bertalanffy développa en 1932 sur le « principe d'ordre hiérarchique » tient à leur connexion avec le problème alors très discuté de l'indéterminisme des événements microphysiques, dont j'ai déjà montré en première partie l'importance dès ses premiers travaux. Reichenbach avait la même année émis l'hypothèse que « l'indétermination des processus atomiques puisse occasionnellement se propager à l'échelle macroscopique lorsque les conditions s'y prêtent »³. D'autres comme R. Lillie (en 1927) avaient été jusqu'à franchir le pas de la simple hypothèse à l'extrapolation douteuse pour suggérer que la liberté humaine pour être en dernière analyse fondée sur cette indétermination. Bien que rejoignant Needham⁴ pour disqualifier ces dernières spéculations, Bertalanffy considérait que Reichenbach avait posé une question pertinente dans le contexte d'un ordre hiérarchique, où l'hypothèse d'une possible transgression des lois statistiques de la physique par l'organisme vivant ne pouvait pas être *a priori* écartée :

Il va de soi que dans la mesure où il est « sommatif », les fluctuations [« microscopiques » sous-jacentes à] l'événement « macroscopique » s'égalisent. Mais il ne va pas de soi que la même chose soit valable pour les « Gestalten » hiérarchiquement organisées. On devrait ici conserver à l'esprit la possibilité que les fluctuations (physiques) « microscopiques » ayant cours dans l'organisme ne s'égalisent pas, mais se propagent à des régions du système toujours plus étendues et mènent ainsi à des ruptures [*Durchbrechungen*] macroscopiques de la probabilité statistico-physique⁵.

C'est tout au plus quelques semaines après l'édition de l'essai dont est tirée cette citation que P. Jordan publia son premier article exposant sa « théorie de l'amplification biologique »⁶, déjà rapidement évoquée au 1-5-2-2 pour son rôle dans la justification idéologique du *Führerprinzip*. Si le théoricien de la physique quantique s'appuya par la suite sur la biologie « organismique » de Bertalanffy afin d'avancer ses thèses⁷, aucune référence n'indique une influence, quelle qu'en soit le sens – ils avaient toutefois au moins en commun leurs références à Bohr quant à la pertinence du concept de complémentarité pour la biologie. Reste que Jordan rejoignit remarquablement le Viennois, en allant plus loin et en montrant bien au passage en quoi l'hypothèse de Bertalanffy, loin de

¹ Bertalanffy L. von (1949e), p. 56.

² Bertalanffy L. von (1932b), pp. 271-272.

³ Reichenbach H. (1932), in Bertalanffy L. von (1932b), p. 106.

⁴ Needham J. (1928b), p. 84.

⁵ Bertalanffy L. von (1932b), p. 107. Pour la convergence avec Needham, voir p. 108.

⁶ Jordan P. (1932). L'article fut publié le 4 novembre, tandis que *Theoretische Biologie* fut édité en octobre.

⁷ Beyler R.H. (1996), p. 261.

contredire le point de vue d'une « statistique d'ordre supérieur », était parfaitement conforme à la maxime scolastique qu'il avait mise à son fondement (« l'individu est ineffable ») :

La question décisive est de savoir si les organismes peuvent être vus comme des formations *macroscopiques* : alors seulement alors est donnée la possibilité d'une détermination causale complète (pratique) des réactions d'un être organique *en dépit du comportement acausal connu des structures atomiques*, lorsque *toute la chaîne causale* de ces réactions se déroule dans le domaine macroscopique. Mais, comme Bohr l'a souligné, ce n'est expérimentalement *pas* le cas [...] Il est caractéristique de la nature inorganique que la causalité statistique des réactions atomiques conduit par « formation moyenne » [« *Mittelbildung* »] au maintien pratiquement parfait de la causalité dans les dimensions macroscopiques. Il est caractéristique de la nature organique que l'acausalité de réactions atomiques déterminées *s'amplifie* en une acausalité macroscopiquement effective [... Mon hypothèse est que] la structure et le mode de fonctionnement d'un organisme sont tout-à-fait les mêmes que ceux d'un *ordre amplificateur* [*Verstärkeranordnung*] tel que celui utilisé par le physicien pour amplifier les *fluctuations* acausales d'un processus stationnaire, i.e. de ses *processus atomiques individuels* sous-jacents, en des effets *macroscopiques*. Selon cette conception – appelons-la théorie de l'amplification des organismes – un organisme réagira *acausalement dans le cas particulier*, se distinguant ainsi essentiellement des formations inorganiques. Son comportement par rapport à n'importe quelle influence sera néanmoins soumis à des *lois statistiques*¹.

Bertalanffy eut naturellement vite connaissance des thèses de Jordan, ne serait-ce que parce qu'elles subirent des attaques vigoureuses de la part des logico-positivistes et empiristes, dans le volume de la revue *Erkenntnis* de 1935 : Jordan fut accusé de tenter de « sauver le vitalisme par la mécanique quantique » sur la base d'extrapolations dépourvues du moindre fondement expérimental. Seul Reichenbach prit sa défense en reprochant à ses critiques leur « dogmatisme » et en considérant que la possibilité que Jordan dise vrai demeurerait suspendue au seul verdict de la biologie expérimentale². Les attaques vinrent aussi de la part de biologistes que Bertalanffy connaissait bien, à savoir Erwin Bünning (précisément dans le même volume d'*Erkenntnis*) et M. Hartmann, qui reprochèrent eux aussi à Jordan l'absence totale de preuve expérimentale, mais surtout la négligence du problème fondamental de la stabilité globale des organismes, un point sur lequel Bohr avait aussi insisté – ce que Jordan semblait justement avoir oublié³. Bohr lui-même ironisa en 1937 sur les tentations « iatro-quantistes » de son collègue, prenant ainsi la tête de ceux qui lui reprochaient un néo-réductionnisme physicaliste cherchant à fonder la biologie non plus certes sur la physique classique, mais sur la mécanique quantique⁴. Bertalanffy se limita quant à lui, la même année, à évoquer les thèses de Jordan de manière relativement favorable, mais sans en faire grand cas : il envisagea alors simplement le « principe d'amplification » comme une hypothèse intéressante en vue de l'explication de phénomènes encore mal connus tels que les changements spontanés de mouvements chez les animaux⁵. Joua indubitablement un rôle dans cette prise de position qui ménageait le physicien le fait, déjà exposé au 1-5-3-6, que Jordan lui apporta entre 1933 et 1936 une aide décisive pour jouir de nouveau de la bourse de recherche qui lui avait été supprimée début 1933 pour des raisons politiques. Bertalanffy reconsidéra par la suite ses thèses en 1940 et en 1943, la seconde fois dans une revue de l'essai sur la « théorie de l'amplification » que le physicien avait publié en 1941. Entre temps, la recherche sur les mutations génétiques au moyen d'irradiations artificielles (dans laquelle Jordan avait dès 1934 cherché à trouver des arguments décisifs et pour laquelle il joua même dans une certaine mesure un rôle stimulant) avait significativement progressé ; et Bertalanffy, prenant acte du fait qu'elle concernait des ordres de grandeurs où l'indétermination quantique devait être prise en compte, persista à tenir la « théorie de l'amplification » pour une hypothèse digne d'intérêt dans le but de comprendre pourquoi la mutation d'un gène, un phénomène microphysique, peut avoir des effets macroscopiques significatifs et parfois considérables. Il faut toutefois prendre acte du fait qu'il restait critique sur les thèses de Jordan, rejoignant très largement et somme toute fort logiquement tant les critiques de Bünning et de Hartmann relatives à la spécificité organismique que celles de Bohr relatives à l'autonomie de la biologie :

¹ Jordan P. (1932), pp. 819-820.

² Voir Zilsel E. (1935), Reichenbach H. (1935), Neurath O. (1935), Schlick M. (1935) et Franck P. (1935).

³ Hartmann M. (1937), pp. 34-35 et Beyler R.H. (1996), pp. 262-263.

⁴ Beyler R.H. (1996), p. 262.

⁵ Bertalanffy L. von (1937b), pp. 135-136. Voir aussi (1937a), p. 164.

Que des événements microphysiques jouent un rôle important et jusqu'alors insoupçonné dans le domaine biologique est de nos jours un fait bien établi ; mais c'est aller trop loin que de voir dans ce caractère – comme dans n'importe quel autre – « l'essence de la vie en général »¹.

Son jugement fut réitéré quelques années plus tard, à une époque où, j'y reviendrai au 2-5-2-5, il s'efforçait d'approfondir des réflexions initiées en 1937 visant à annexer systématiquement la génétique à son point de vue, et émit en conséquence des hypothèses sur le caractère « organismique » du génome qui préparaient largement celle, promise à un grand avenir, de l'existence de « gènes architectes » déterminant l'expression d'autres gènes, et dont une mutation aurait des effets macroscopiques globaux considérables :

Le déclenchement d'une mutation obéit aux lois statistiques de la microphysique ; ce processus microphysique est amplifié par l'organisation du vivant en un effet macroscopique, par exemple lorsqu'une mutation induite par irradiation manifeste son action par une modification perceptible de la forme d'une aile ou de la couleur d'yeux [...] Il est vraisemblable que dans certains domaines biologiques les phénomènes microphysiques soient à prendre en compte. Mais nous ne croyons pas pour autant que l'on puisse y voir la solution du problème de la vie².

Ce que retint en fait Bertalanffy des spéculations de Jordan ne fut pas tant l'hypothèse hautement problématique de l'amplification de l'indétermination quantique que la conviction qu'un type spécifique de causalité doit être envisagé dans le contexte d'un ordre hiérarchique, directement lié à l'existence de ces sous-systèmes qu'il avait appelés « parties dominantes ». Il fut stimulé en ce sens par un article publié par Mittasch en 1938. Ce dernier était un spécialiste du problème de la catalyse en cinétique chimique, avec lequel il commença probablement peu après à entretenir une correspondance significative, et qu'il considérait comme un ami³. Le chimiste et philosophe, qui se référa aux essais de Bertalanffy sur le fictionalisme de Vaihinger, commença dans l'article en question par s'inscrire dans une perspective d'inspiration néo-kantienne soulignant que la causalité n'est qu'une « exigence de la pensée pouvant être satisfaite de manières très différentes » et « non une assertion sur la réalité ». Il s'efforça ensuite d'y démontrer que deux « groupes » de causalité devaient clairement être distingués en sciences de la nature, chacun donnant lieu à des types de lois très différents dans leur principe. Le premier groupe, qu'il qualifiait de « causalité de conservation », était celui où « l'effet s'égalé à la cause ou lui est proportionnel » (selon la vieille maxime « *causa aequat effectum* ») ; l'étude de ce type de causalité avait logiquement engendré toutes les lois de conservation en physique. Mais Mittasch insista sur l'importance d'un second groupe, conforme quant à lui à la maxime « petites causes, grands effets », qu'il qualifia de « causalité d'impulsion » [*Anstoßkausalität*] et que l'on retrouve partout où interviennent des concepts tels que l'impulsion, la stimulation, l'excitation, le déclenchement⁴. Bertalanffy jugea vite qu'il y avait effectivement là une notion essentielle pour comprendre comment des transformations globales peuvent survenir dans un système complexe soumis à des variations apparemment minimes : il suffit qu'il soit hiérarchisé et que ces variations affectent des sous-systèmes « dominants », l'ampleur de leurs effets étant liée au niveau hiérarchique affecté. L'article de Mittasch lui fut d'autant plus précieux que c'est l'année précédente qu'il avait commencé à chercher à investir sa perspective « organismique » en génétique en concevant le génome lui-même comme un système hiérarchisé. Mittasch n'était certes pas le premier à pointer l'importance du second type de causalité qu'il avait distingué (le désormais célèbre « effet papillon ») et se référa lui-même à Schopenhauer, qui avait déjà en son temps remarqué que dans les phénomènes organiques d'excitation, « l'effet semble contenir plus que ce que la cause pouvait lui fournir »⁵. L'originalité du chimiste fut néanmoins double. D'abord parce qu'il identifia ce que Driesch avait appelé la « causalité holistique » à une « causalité d'impulsion » inhérente aux systèmes hiérarchisés. Mais surtout parce qu'il insista sur l'idée qu'un caractère nécessaire de tout ordre hiérarchique est l'existence, à chacun

¹ Bertalanffy L. von (1943b), p. 24. Bertalanffy discuta déjà la pertinence de la « théorie de l'amplification » dans le domaine de la recherche sur les mutations génétiques dans (1940a), pp. 99-101.

² Bertalanffy L. von (1949e), pp. 155-157. Voir déjà (1937b), pp. 161-162 et p. 175, ainsi que (1940a), pp. 106-107 sur le caractère « organismique » du génome et l'hypothèse de « mutations dirigées ».

³ Correspondance entre Bertalanffy L. von et Mittasch A. du 18/09/1946 au 14/06/1952 (*Archives du B.C.S.S.S.*). Voir aussi lettre de Bertalanffy L. von à Alexander J. du 18/01/1950 (*Archives du B.C.S.S.S.*), où Bertalanffy, soulignant son très fort intérêt pour les travaux de Mittasch sur la catalyse, le qualifia de « vieil ami ».

⁴ Mittasch A. (1938), p. 177.

⁵ Schopenhauer A., in *op. cit.*, p. 179.

de ses « niveaux », d'un certain « degré de liberté » et d'« indétermination » des événements sans lequel aucune « légalité d'ordre supérieur » ne pourrait même exister, puisqu'il n'y aurait dans le cas contraire aucun espace pour une détermination « sur-ordonnée » desdits événements¹.

Cette dernière idée stimula particulièrement les réflexions de Bertalanffy qui, comme je vais maintenant le montrer, la réinterpréta dans le cadre d'un effort de connexion de ses deux « principes organismiques fondamentaux » voué à définir un concept général de « système organisé » s'appliquant à l'ensemble des « problèmes de la vie ». Une connexion qui rend sans objet les critiques adressées à Bertalanffy qui, telle celle typique de Ruyer, reprochèrent à sa caractérisation de l'organisme comme système ouvert sa prétendue absence de pouvoir explicatif tout en lui opposant des arguments qui faisaient en réalité tout autant partie intégrante de sa biologie « organismique »².

2-3-3-5 – La combinaison des « principes » théoriques « organismiques » et la caractérisation du vivant : l'ordre hiérarchique de systèmes ouverts en équilibre de flux

Les efforts pour réaliser cette connexion furent, comme il ne va cesser de l'apparaître, un moteur constant non seulement de l'élaboration de son programme « organismique », mais aussi de sa mise en œuvre. Dès 1930, donc avant même qu'il ne les ait énoncés sous la forme relativement élaborée qu'il leur donna en 1932, il s'efforça de les combiner afin d'en « dériver déductivement » les dix « lois » de la morphogenèse qu'il avait formulées en 1928. Même si Bertalanffy ne parvint guère là encore qu'à montrer comment les secondes pouvaient être réinterprétées de manière cohérente au moyen des premiers (sans qu'il s'agisse encore à proprement parler de dérivations hypothético-déductives logiquement contraignantes), il expliqua à cette occasion de manière caractéristique qu'il s'agissait pour lui de montrer par ce biais que ces « principes » n'étaient pas « de simples propositions purement formelles et vides [*nichtssagend*] », mais pouvaient avoir le statut d'« hypothèses de travail utiles dont des déductions peuvent être tirées, qui sont à leur tour testables par la recherche [expérimentale] et ont une signification pour elle »³. Ce n'est toutefois qu'à partir de 1932 qu'il commença à élaborer significativement sa conception des relations entre ces deux « principes ». Cette conception, qui n'atteignit sa maturité qu'en 1937, comportait deux moments essentiels dans le schème d'interprétation « organismique » qu'il mit par la suite en œuvre dans tous ses travaux, que ce soit en biologie, en psychiatrie, en psychologie ou en sciences sociales.

Le premier d'entre eux était la *subordination* du « principe de hiérarchisation » à celui du « système ouvert en équilibre de flux ». Bertalanffy pensait en fait l'ouverture d'un système vivant comme la *condition* de la genèse et de la reproduction *spontanées* de son ordre hiérarchique ; et ce, dès qu'il formula les deux « principes » en question. C'est en ce sens qu'il put en 1932 remarquer que si l'évolution d'un système formé par un organisme et son environnement satisfait nécessairement au second principe de la thermodynamique, l'ouverture du premier sur le second n'interdit *a priori* en rien une inversion *locale* du cours de l'entropie, dont il interpréta toujours l'accroissement conformément à l'interprétation statistique classique du second principe, à savoir en tant qu'accroissement nécessaire du « désordre » dans un système isolé :

Comme le processus vital dans son ensemble est irréversible, l'énergie chimique qui l'alimente ne peut être entièrement transformée en travail, une partie étant dissipée en chaleur. Naturellement, il n'est pour autant pas exclu que des processus partiels s'insèrent en direction contraire dans le processus global, de telle sorte que des substances au potentiel chimique plus élevé soient créées dans des réactions forcées, comme par exemple dans la transformation d'hydrates de carbones en graisses [...] S'il n'y a aucun doute que l'équilibre thermique des organismes satisfait globalement au second principe, rien n'exclut qu'il y ait de petits processus orientés en direction contraire⁴.

¹ *op. cit.*, p. 182.

² Ruyer R. (1956), pp. 76-77 : « On n'a rien dit sur le problème de la morphogenèse quand on s'est borné à remarquer, avec Brillouin, Köhler, Bertalanffy, Prigogine, que l'organisme est un 'système ouvert en état stable'. Un 'système ouvert' n'est un modèle de l'organisme que si l'on considère la *formation* d'un tel système aussi bien que son *fonctionnement* [...] Il est incontestable que les organismes sont en effet des systèmes ouverts, et qu'ils ne contreviennent pas au principe de dégradation de l'énergie, mais il est plus incontestable encore que le fonctionnement d'un système ouvert n'explique en rien la constitution dudit système ». Voir aussi Egler F.E. (1953), p. 445, où l'auteur fut amené par une compréhension similairement superficielle de Bertalanffy à affirmer la trivialité du concept bertalanffien de système ouvert.

³ Bertalanffy L. von (1930/1931), pp. 393-399.

⁴ Bertalanffy L. von (1932b), pp. 184-185.

Bertalanffy ne devint toutefois parfaitement explicite sur le conditionnement dont il est question qu'à la fin des années 1940, ses conceptions ne transparaissant dans l'intervalle qu'au travers de récurrentes allusions à un « ordre surgissant d'une dynamique interne »¹. L'encouragea en premier lieu à préciser ses idées le fameux essai publié par Schrödinger en 1944, « *What is life ?* », où le physicien attribuait le maintien de l'organisme dans un état « stationnaire » éloigné de l'équilibre vrai à sa capacité de se « nourrir » d'« entropie négative » grâce à son ouverture sur son environnement. Une « négentropie » interprétée comme une « création d'ordre à partir d'ordre » – l'organisme créant un ordre spécifique à partir de la matière déjà ordonnée, structurée d'une manière déterminée mais devant être transformée pour ses besoins énergétiques, qu'il trouve dans son environnement². Bertalanffy jugea toutefois avec raison nécessaire d'insister sur la différence fondamentale distinguant ses propres conceptions de la vision selon lui trop étroite de la thermodynamique qui conduisit effectivement Schrödinger à une impasse ayant pour seule issue une solution spiritualiste³ :

[En apparence opposition au second principe de la thermodynamique, caractérisé par un désordre maximal], on trouve chez les organismes une conservation d'un ordre et l'évitement de l'équilibre. D'où ne subsiste plus, du point de vue de la théorie classique tel que l'exprime Schrödinger, que la possibilité que l'organisme soit un système assujéti non point aux lois thermodynamiques résultant statistiquement du principe du désordre, mais aux lois mécaniques, conformément au principe « l'ordre est issu de l'ordre ». Néanmoins, comme Schrödinger sent clairement l'insuffisance de cette conception qui assimile l'organisme à un « mécanisme » ou à une « horlogerie », ne lui reste que le recours à un Ego « qui supervise les mouvements des atomes » [...] Au contraire, la thermodynamique des *systèmes ouverts* dégage des points de vue complètement novateurs : de tels systèmes ne sont nullement contraints de tendre vers un maximum d'entropie et de désordre, vers l'immobilisme des processus en équilibre thermodynamique ; *un ordre spontané, voir un accroissement du degré d'ordre, peuvent y survenir*⁴.

En arrière-plan se lisait bien sûr aussi l'influence des récents développements de la « thermodynamique des processus irréversibles », qui seront considérés à la fin de cette partie. Insistons toutefois sur le fait, dont une illustration n'est autre que l'influence explicite de Bertalanffy sur les premiers travaux de Prigogine à ce sujet⁵, que le Viennois ne faisait que puiser en eux des confirmations et des formulations plus précises de conceptions qu'il avait antérieurement élaborées, ainsi bien sûr que des fondements théoriques à leur appui :

L'entropie peut décroître dans les *systèmes ouverts* ; en d'autres termes, de tels systèmes *peuvent spontanément se développer vers des états de plus grande hétérogénéité et complexité*. Il est probable que ce soit précisément la caractéristique thermodynamique des organismes comme systèmes ouverts qui soit le fondement de l'opposition apparente entre catamorphose dans le monde inanimé et anamorphose dans la nature vivante⁶.

Le second aspect de la relation que Bertalanffy établit entre ses « principes organismiques » se dessina dès 1932 avec son instauration du « principe » du « système ouvert en équilibre de flux » non seulement comme une condition de l'émergence et du maintien de l'ordre hiérarchique d'un « système organique », mais comme un principe *ubiquitaire* s'appliquant à tous ses niveaux :

Un système organique quelconque n'est essentiellement autre qu'un ordre hiérarchique de processus [Abläufe] stationnaires en équilibre dynamique⁷.

C'est de cette articulation des deux « principes organismiques » qu'il tira une « définition du vivant » méritant d'être considérée à plus d'un titre :

Un organisme vivant est un système organisé en un ordre hiérarchique constitué d'un grand nombre de parties différentes, dans lequel un grand nombre de processus est ordonné de telle sorte que par leur incessante relation mutuelle dans des limites étendues en vertu d'un changement incessant des

¹ Par exemple dans (1937b), p. 151.

² Schrödinger E., (1944, 1986), en particulier pp. 41-43, pp. 143-153 et pp. 172-189.

³ *op. cit.*, pp. 181-208.

⁴ Bertalanffy L. von (1949e), pp. 137-138. Les italiques me sont propres.

⁵ Prigogine I. & Wiame J.M. (1946), p. 452.

⁶ Bertalanffy L. von (1949c), p. 384 et (1950a), p. 26. Les italiques me sont propres.

⁷ Bertalanffy L. von (1932b), p. 240.

substances et énergies contribuant à l'édification du système elles-mêmes aussi bien que de perturbations conditionnées par des influences extérieures, soit le système est maintenu dans son propre état ou y est rétabli, soit ces processus mènent à la fabrication de systèmes semblables¹.

Cette définition assez confuse fut présentée en 1932 comme une caractérisation : Bertalanffy la qualifia de « condition nécessaire et suffisante pour qu'un objet naturel puisse être qualifié de 'vivant' ». Même si, comme il va apparaître, elle ne pouvait en être une à proprement parler, et ce à ses propres yeux, elle lui permit au moins dans un premier temps de disposer d'un critère de distinction entre les « totalités » vivantes et les « *Gestalten* physiques ». Ce n'est d'ailleurs qu'au sens où elle semblait permettre cette distinction qu'il faut la comprendre comme une caractérisation, puisque nous verrons Bertalanffy subsumer sous cette « définition » bien d'autres entités que des organismes vivants. Contre Prziham, elle pointait ainsi le fait que si un cristal présente bien, « dans une modeste mesure », un ordre hiérarchique élémentaire, il n'est pas le lieu d'un « échange incessant de substances et d'énergies » lui permettant de se conserver. Et contre Köhler et Rashevsky, elle mettait en exergue le fait que dans les états stationnaires inorganiques, soit le critère du « changement incessant des éléments constitutifs du système » est satisfait sans que les événements ne soient ordonnés en direction de sa conservation (cas d'un courant électrique dans un conducteur), soit la condition de « l'ordre des processus en direction de la conservation du système » est satisfaite sans qu'ait lieu ce « changement incessant » (cas des équilibres chimiques ou électrostatiques). En tout état de cause, le critère de hiérarchisation n'était satisfait par aucune de ces « *Gestalten* physiques »².

J'y ai fait allusion plus haut, la « définition » bertalanffienne du vivant posait d'emblée au moins une sérieuse difficulté, qui à son tour impliquait immédiatement un problème quant au statut épistémologique des deux « principes » théoriques que le Viennois avait combinés pour l'énoncer. Elle tient au fait que cette « définition » faisait totalement abstraction de ce que nous avons pourtant vu Bertalanffy tenir pour l'un des traits caractéristiques du vivant : son historicité. Il resta plutôt évasif à cet égard en 1932. On sent poindre en fait chez lui un certain embarras de ne pas parvenir à connecter ce trait essentiel à ses deux « principes ». Tout en réaffirmant son importance, il ne fit en effet guère alors qu'annoncer qu'au moins provisoirement, il ne l'intègrerait pas à ses considérations :

S'il est peut-être nécessaire d'inclure en tant que moment de la définition le « caractère historique » du vivant, nous ne pouvons encore le dire. Rien ne s'oppose à un tel élargissement de la définition et, en conséquence, à l'introduction d'un troisième principe fondamental³.

Il est tentant de discerner dans ce geste une manifestation du problème que Piaget considéra plus tard comme la croix du structuralisme : celui de la genèse des structures⁴. Apostel a dans une certaine mesure eu raison de soulever ce problème commun au structuralisme et à la « théorie des systèmes » de Bertalanffy, qui tendaient selon lui à être « tellement dominés par la notion d'équilibre », qu'ils « n'arriv[ai]ent pas à intégrer la genèse et l'histoire »⁵. Cette difficulté doit malgré tout être relativisée chez le Viennois : le souci de la « dynamisation des structures » était en fait inhérent à sa pensée « organismique » dans la mesure où, je vais y revenir, son premier « principe » y jouait le rôle déterminant et le conduisait à conceptualiser l'ordre hiérarchique comme un ordre primordialement fonctionnel, un ordre de processus. Qu'il ait écarté – pour les besoins de la recherche – le problème phylogénétique ne l'empêchait d'ailleurs pas, bien au contraire, de faire du problème ontogénétique le paradigme de sa réflexion et en particulier de son « principe de hiérarchisation ».

Son absence de prise en compte de la dimension phylogénétique, si l'on tient compte de l'importance qu'il lui conféra toujours en parallèle, posait en tout cas la question du statut de ses

¹ *op. cit.*, pp. 83-84.

² *op. cit.*, pp. 84-85 et p. 118.

³ *op. cit.*, p. 85.

⁴ Piaget J. (1968, p. 10) formula comme suit le « problème central de tout structuralisme » : « Les totalités par composition sont-elles composées de tout temps, mais comment ou par qui, ou ont-elles été d'abord (et sont-elles toujours ?) en voie de composition ? Autrement dit, les structures comportent-elles une formation ou ne connaissent-elles qu'une préformation plus ou moins éternelle ? Entre les genèses sans structure que suppose l'association atomistique et auxquelles nous a habitué l'empirisme et les totalités ou formes sans genèse qui risquent ainsi sans cesse de rejoindre le terrain transcendantal des essences, des idées platoniciennes ou des formes *a priori*, le structuralisme est appelé à choisir, ou à trouver des solutions de dépassement ».

⁵ Apostel L. (1970, p. 167) : « Le structuralisme (en tous cas chez Lévi-Strauss) est tellement dominé par la notion d'équilibre qu'il n'arrive pas à intégrer la genèse et l'histoire [...] D'autre part il est clair que la théorie de l'évolution, pour un biologiste comme Bertalanffy, devait être essentielle, mais que dans sa théorie des systèmes et dans la *Theoretische Biologie* dont les deux volumes constituent la base sur laquelle la théorie des systèmes a été fondée, cette théorie de l'évolution n'est pas la préoccupation centrale de Bertalanffy ».

« principes organismiques ». Bertalanffy resta en 1932 très ambigu à cet égard. En effet, il se montra parfois extrêmement ambitieux, les considérant par exemple comme des « hypothèses [*Annahmen*] au sens qu'elles ont dans un système hypothético-déductif », ayant donc une « valeur *a priori* » :

Notre définition est et sera finalement la loi fondamentale la plus générale de la théorie biologique, à partir de laquelle des lois de ce domaine devraient être dérivables de manière déductive, lois qui sont implicitement contenues dans les deux moments de l'« équilibre dynamique » et de l'« ordre hiérarchique »¹.

Mais d'un autre côté, il resta dans l'ensemble assez prudent, leur conférant plutôt le statut d'« hypothèses de travail » justifiées tant par leur « valeur heuristique » que par leur capacité à « expliquer » (i.e. à « subsumer sous une règle générale ») des observations et des « règles » empiriques connues et à permettre de « dériver des conséquences empiriquement testables »². Ce n'est en fait qu'en 1949 que Bertalanffy – peut-être encouragé en ce sens par des critiques dont j'ignore encore l'existence – clarifia quelque peu sa position :

Cette définition n'est certainement pas exhaustive ; elle néglige en particulier un troisième moment essentiel pour les systèmes vivants, leur caractère historique. A cette réserve près, elle correspond néanmoins aux exigences requises par une définition scientifique³.

Par quoi il fallait en fin de compte comprendre que ses deux « principes organismiques » n'étaient que les moments constitutifs d'un modèle conceptuel ne fournissant jamais, comme il l'écrivit d'ailleurs lui-même en 1937, qu'une « perspective générale », un « cadre devant être rempli par un contenu » qui devrait être jugé à sa capacité à permettre de progresser vers la « connaissance des lois du vivant »⁴.

La « définition du vivant » dont il était question dans la citation précédente ne s'identifiait pas tout-à-fait à celle que Bertalanffy avait énoncée en 1932. C'est justement dans la formulation beaucoup plus claire qu'il lui donna à partir de 1937 – qui anticipait remarquablement la définition beaucoup plus récente de Chauvet⁵ – que le second aspect de la relation entre ses « principes organismiques » se dégagea au mieux :

Un système organique quelconque n'est essentiellement rien d'autre qu'un ordre hiérarchique de processus qui se tiennent mutuellement en équilibre de flux [...]

Un organisme vivant est un ordre hiérarchique de systèmes ouverts, qui se maintient sur la base de ses conditions systémiques par un changement de ses composants⁶.

Il faut toutefois remarquer dans ces deux citations l'utilisation de deux expressions différentes, qui masque un point essentiel sur lequel je vais bientôt revenir : à savoir que Bertalanffy (dont les ambiguïtés à cet égard seront discutées au 2-3-3-8) ne considérait plus alors cette définition comme une caractérisation d'un « organisme vivant », mais comme celle d'un « système organique » (ou « organisé »), un concept selon lui-même « plus large »⁷ qu'il ne fit qu'esquisser en 1932 et qu'il ne développa clairement qu'en 1937. En faisant pour l'instant abstraction de cette importante nuance, il faut noter que cette définition exprimait, dans l'énoncé qu'il en donna en 1937, l'articulation de ses « principes organismiques » sous sa forme la plus aboutie. Elle montre aussi comment s'incarnait dans leur combinaison la compréhension perspectiviste du lien entre « forme » et « substance », dont j'ai déjà souligné l'importance tant dans les métaphysiques de la stratification du réel – chez N. Hartmann et Spann – que dans les philosophies structuralistes de la connaissance – de Cassirer à Piaget :

Un système organique quelconque n'est essentiellement autre qu'un ordre hiérarchique de processus stationnaires. Ce qui, à un niveau de l'ordre hiérarchique, représente un objet s'auto-entretenant [*ein*

¹ *op. cit.*, p. 85 et p. 118.

² *op. cit.*, p. 331.

³ Bertalanffy L. von (1949e), p. 124. Exigences qu'il précisait ainsi : (1) ne pas contenir de caractéristiques de ce qu'il faut d'abord définir ; (2) permettre une délimitation univoque par rapport à d'autres phénomènes ; (3) constituer le fondement d'une théorie à partir de laquelle les phénomènes particuliers et leurs lois peuvent être déduits.

⁴ Bertalanffy L. von (1937b), p. 20.

⁵ Chauvet G. (1995), p. 272 : « La vie est un système hiérarchique de processus régulés agissant d'un élément hiérarchique de matière sur un autre, stabilisés du point de vue topologique, accroissant la stabilité de leur dynamique fonctionnelle par auto-association au cours du développement, pouvant maintenir stable cette dynamique fonctionnelle par une régulation optimale en temps entre les niveaux de la hiérarchie ».

⁶ Bertalanffy L. von (1949e), p. 124.

⁷ Bertalanffy L. von (1937b), p. 57.

sich erhaltende Gebilde] peut être considéré comme un équilibre dynamique des systèmes subordonnés qui, cependant que le tout se conserve, sont soumis à un changement incessant ; mais d'un autre côté, le système est lui-même à son tour un membre transitoire dans le cours stationnaire du système immédiatement sur-ordonné¹.

2-3-3-6 – Trois conséquences de la combinaison des deux « principes » théoriques « organismiques »

Qu'il ne faille toutefois voir là que l'expression mature des conceptions que Bertalanffy avait exposées en 1932 apparaît très bien non seulement si l'on observe que la première partie de la citation précédente n'était qu'une reprise de ce qu'il avait déjà écrit alors, mais aussi si l'on considère deux conséquences majeures et originales qu'il tira dès cette année-là de la combinaison de ses deux « principes ». Il s'agit en premier lieu d'une mise en perspective unificatrice de l'irréversibilité et de la cyclicité dans le contexte d'une hiérarchie organique, que le Viennois reprit d'ailleurs en 1937 sans lui apporter la moindre modification :

On peut voir les cycles vitaux comme des processus polyphasés dans un système sur-ordonné [...] L'ordre hiérarchique s'exerce par le fait que ce qui, dans le cadre d'un système, apparaît comme un processus irréversible avec naissance, vieillissement et mort, représente une phase d'un événement répétitif dans le cadre du système immédiatement sur-ordonné qui se maintient dynamiquement².

Une seconde conséquence tirée par Bertalanffy fut ce qu'il tenait pour un dépassement de la traditionnelle « opposition entre structures et fonctions, entre morphologie et physiologie », dont le principe fut déjà posé en 1932 lorsqu'il décrivit les structures comme des « processus lents et prolongés » et les fonctions comme des « processus brefs et transitoires »³. Cette conséquence était emblématique : elle définissait le point de vue fondamental de la « morphologie dynamique » dont l'élaboration, qui sera étudiée au 2-5-2, fut à partir de 1933 la contribution de Bertalanffy à la mise en œuvre effective de son programme « organismique » en biologie. Ce ne fut certes là encore qu'à partir de 1937 qu'il formula plus systématiquement cette conception ; mais elle avait, comme je le montrerai au 2-5-1, déterminé entre-temps son approche du problème de la croissance organique, et reprenait d'ailleurs les expressions qu'il avait utilisées en 1932. On remarquera aussi à la fin de la seconde citation la réduction, déjà discutée en relation avec les théories néo-kantiennes et positivistes de la connaissance, du concept de « substance » à celui de « loi » :

Les « structures » sont – à notre échelle humaine – des processus lents et prolongés, et les « fonctions » des processus brefs et transitoires [...] Il ne s'agit pas, entre « structure » et « fonction », d'une opposition, mais d'une interaction intime [...] Il n'y a qu'un flux organique d'événements et non une forme organique rigide qui en serait le véritable « porteur » ; et c'est seulement lorsque ce flux de l'événement s'accumule qu'une forme organique semble persister⁴.

L'opposition entre *structure* et *fonction*, *morphologie* et *physiologie*, repose sur une conception statique de l'organisme [...] Ce que la morphologie constate en tant que forme et structure signifie en fait une coupe temporelle dans un flux spatiotemporel d'événements [...] Un organisme vivant est un objet se conservant par un flux ordonné d'événements, où la persistance de chaque système apparaît comme l'expression d'un changement des systèmes subordonnés [...] Ainsi les structures de l'organique ne doivent-elles pas être jugées statiquement, mais dynamiquement [...] Ce qui se maintient ultimement, ce n'est pas une structure durable, mais la loi d'un processus stationnaire⁵.

Une troisième conséquence de la combinaison des deux « principes » théoriques « organismiques » de Bertalanffy, très importante pour sa conception de l'ordre hiérarchique et, plus profondément encore, de la science comme « hiérarchie de statistiques », doit encore être mentionnée ici, même si le Viennois n'en esquissa l'idée qu'en 1937 et ne la discuta vraiment qu'en 1949. C'est en particulier par cette conséquence qu'il put réinterpréter l'idée de Mittasch évoquée plus haut, selon laquelle tout ordre hiérarchique repose nécessairement sur un certain « degré de liberté » et

¹ *op. cit.*, p. 179. Voir aussi (1946a), p. 12.

² Bertalanffy L. von (1932b), p. 204. Voir aussi, à l'identique, (1937b), p. 117.

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 240.

⁴ Bertalanffy L. von (1937b), pp. 179-180.

⁵ Bertalanffy L. von (1949e), p. 132-134.

d'« indétermination » des événements à chacun de ses « niveaux ». La raison pour laquelle Bertalanffy ne la tira pas encore en 1932 est qu'elle reposait chez lui sur cette propriété fondamentale satisfaite par les systèmes ouverts sous certaines conditions qu'il appela en 1937 l'« *équifinalité* », en référence à la possibilité pour de tels systèmes d'atteindre un état d'équilibre de flux indépendant des conditions initiales et des voies empruntées pour l'atteindre. Or, il n'avait pas encore à cette époque pris conscience de la généralité et de l'importance de cette propriété. Ce qu'il ne fit, nous le verrons, que dans le contexte de l'élaboration de sa théorie de la croissance organique et de sa « théorie des systèmes ouverts », c'est-à-dire entre 1933 et 1941. Le fait qui mérite d'être souligné ici est que, considérant en 1937 l'emboîtement de systèmes qui, des atomes et molécules aux biocénoses, constituait pour lui la « hiérarchie du vivant » (une généralisation « architectonique » du concept de hiérarchie qui sera reconsidérée plus loin), il remarqua déjà qu'il est « caractéristique de la série des ordres structurels supérieurs se formant à partir des molécules que ces structures ont un degré de liberté croissant »¹. C'est en 1949 qu'il suggéra que cet accroissement pouvait au moins en partie s'expliquer si l'on renonce à une conception *statique* de cette hiérarchie et qu'un rôle ubiquitaire y est au contraire assigné au « principe » *dynamique* du système ouvert en équilibre de flux :

La science de la nature apparaît dans sa globalité comme une hiérarchie de statistiques [...] On trouve dans cette hiérarchie un phénomène remarquable, que l'on peut décrire comme un accroissement du degré de liberté [...] Cet accroissement se manifeste singulièrement dans l'équifinalité. Tandis que les systèmes fermés ont leur chemin vers l'état final prescrit par les conditions initiales, un état final similaire peut dans les systèmes ouverts être atteint par des voies quelconques. Quelque chose d'analogue se trouve dans l'évolution phylogénétique. Dans l'ensemble, certaines lois apparaissent fixées ; mais leur réalisation dans le cas particulier dépend de l'apparition contingente des mutations correspondantes. Ainsi semble apparaître dans la hiérarchie de statistiques un degré de liberté toujours croissant. Et ce non au sens de l'indéterminisme des événements physiques élémentaires, mais bien au sens où un événement apparaît déterminé nomothétiquement dans son ensemble alors que les événements particuliers sous-jacents peuvent être pour une large part tout-à-fait quelconques².

Bertalanffy ne mit jamais clairement en relation cet accroissement du degré de liberté dans un système hiérarchiquement ordonné avec sa capacité d'autorégulation à tous les niveaux, mais du fait de ses connexions des deux termes de cette relation effectivement possible avec le « principe » du système ouvert en équilibre de flux, on peut envisager que se dessinait derrière ces considérations la reformulation suivante de l'idée de Mittasch : l'autorégulation d'un ordre hiérarchique n'est possible que dans l'exacte mesure où chaque sous-système y possède par rapport au système auquel il est subordonné un nombre de degrés de liberté suffisant pour permettre un ajustement aux éventuelles variations de l'environnement. C'est-à-dire que ces degrés de liberté sont une condition nécessaire afin de conférer au système la souplesse nécessaire pour conserver ou restaurer ses conditions systémiques ; son ouverture étant précisément, par l'équifinalité desdites conditions qu'elle permet d'induire, ce qui autorise l'existence de ces degrés de liberté sans que la stabilité du système ne soit menacée. Weiss, bien que sans référence au « principe » du système ouvert en équilibre de flux et encore moins à Bertalanffy, a exposé beaucoup plus tard (à partir de 1963) une conception des systèmes hiérarchisés qui pointe justement ce lien entre degrés de liberté, équifinalité et stabilité globale, en l'utilisant pour formuler ce qu'il appelait une « définition opérationnelle des systèmes » :

La constance relative de l'ordre dans un groupe donné, pris dans son ensemble, comparée à la variabilité des sous-unités constituantes est l'un des critères les plus importants de la dynamique de système [...] Considérons un composant a soumis à des fluctuations imprévisibles de son environnement qui comprend les autres composants b, c, d, \dots, n ; supposons que a réponde à ces sollicitations en se modifiant à l'intérieur d'une certaine gamme v_a , variance de a ; de la même manière, les autres composants b, c, d, \dots, n ont chacun leur propre gamme d'écart possibles, soit les variances v_b, \dots, v_n . Dans le même temps, le système total conserve un haut degré d'invariance ; ce qui veut dire qu'en dépit des écarts apparemment erratiques de ses innombrables constituants, il ne se dissocie pas. Nous pouvons résumer ce fait par une inégalité exprimant que la variance v_s du système entier est très inférieure à la somme des variances de ses composants³ :

¹ Bertalanffy L. von (1937b), p. 34.

² Bertalanffy L. von (1949e), pp. 161-164.

³ Weiss P.A. (1974), p. 107.

$$v_s \ll \sum (v_a + v_b + \dots + v_n)$$

La caractéristique fondamentale d'un système réside dans son invariance essentielle par rapport aux variations beaucoup plus grandes de ses éléments ou constituants [...] Un système se caractérise surtout par le fait que, tandis que l'état et la structure du tout peuvent être définis sans équivoque, les détails de l'évolution de ses composants sont d'une irrégularité défiant toute définition¹.

Le strict déterminisme (ou l'invariance) d'une finalité collective est parfaitement conciliable avec l'indétermination (ou la variabilité) des détails de l'évolution qui conduit à cette situation finale².

2-3-3-7 – Les trois schèmes philosophiques d'interprétation « organismique » de la réalité biologique : « totalité », « ordre dynamique » et « activité primaire »

C'est dans le prolongement direct de l'articulation de ses deux « principes organismiques », et justement dans la période où il l'élabora, que Bertalanffy conçut trois autres « principes » dont le statut était néanmoins sensiblement différent. Les deux premiers avaient un statut théorique, ou tout au moins la vocation à en acquérir un : restait « seulement » le problème de montrer qu'ils peuvent devenir opérationnels, qu'ils sont effectivement en mesure de servir de matrices à l'élaboration de modèles théoriques en biologie, problème auquel Bertalanffy s'attaqua (avec un relatif succès) dès que son programme « organismique » fut formulé. En ce sens d'ailleurs, le qualificatif de « schèmes théoriques d'interprétation » me semble plus pertinent pour qualifier ces « principes ». Les trois « principes » dont je veux parler ici ne pouvaient par contre en aucun cas être directement opérationnels. Il s'agissait plutôt de ce que j'appellerai des « schèmes philosophiques d'interprétation » de la réalité biologique ; leur vocation était en fait de dégager la signification générale des deux schèmes théoriques et en définitive de former ainsi le cadre non plus d'une biologie théorique, mais d'une philosophie « organismique » de la biologie entendue au sens que Bertalanffy indiqua lui-même en sous-titre de sa thèse soutenue en 1926 : celui d'une « métaphysique inductive » étroitement connectée à la connaissance scientifique du « réel » acquise sur ces bases « organismiques », susceptible de fournir à cette connaissance une interprétation unifiée et, tout simplement, une intelligibilité. C'est cette philosophie que le Viennois appela en 1937 la « conception organismique », laquelle doit être distinguée du programme du même nom.

Naturellement, aucun aspect de cette philosophie ne va en lui-même apparaître nouveau ici : d'une part, tous furent des moments constitutifs du développement du programme « organismique » examiné précédemment et furent élaborés en relation intime avec lui ; d'autre part, il n'en est pas un seul qui n'ait été pointé dans la généalogie entreprise dans la première partie. En dépit de la répétition inévitablement induite, il convient pour deux raisons de les reconsidérer ici. La première tient à la nécessité de suivre la maturation progressive des conceptions de Bertalanffy dans leurs diverses composantes : compte tenu de la date charnière que représente 1937 dans l'histoire de son projet de « systémologie générale », il importe de considérer sa manière de mettre alors en place un véritable système de pensée articulant dans un équilibre assez subtil science de la nature et philosophie de la nature, que nous retrouverons justement dans une large mesure au cœur de ce projet. La seconde raison est que c'est lors de la formulation des trois « schèmes philosophiques d'interprétation organismique » dont il va être question ici que Bertalanffy formula le plus clairement les principes directeurs de sa pensée biologique, et surtout qu'il les *coordonna* pour la première fois explicitement. Ces schèmes, et donc la « conception organismique » qu'ils structurèrent, furent systématiquement opposés à ce que Bertalanffy appelait les « principes directeurs [*Leitsätze*] de la recherche et de la pensée biologiques antérieures », qu'il résumait par l'expression « conception machinaliste de l'organique » ; à savoir, selon ses propres termes, les « perspectives analytico-sommative, statique-structurale et réactiviste ».

Le premier schème bertalanffien, là encore primordial par rapport aux deux autres car les conditionnant, était ce qu'il décrivit comme la « conception systémique holistique » [*ganzheitliche Systemauffassung*] et que l'on peut aussi nommer le « primat de la totalité ». Ainsi la présenta-t-il

¹ Weiss P.A. (1969, 1974), p. 177.

² Weiss P.A. (1967, 1974), p. 163. Voir aussi p. 137.

successivement entre 1937 et 1949 – le dernier exposé, le plus caractéristique et complet, ayant pour cette raison même été déjà cité au 1-4-5-1 :

Il est nécessaire de considérer et d'étudier l'organisme comme un *tout* unitaire. Car il représente un *système* d'éléments en interaction dynamique ; d'où il suit que le comportement du système ne peut être appréhendé par la simple sommation des seuls modes de comportement de ses parties tels qu'étudiés à l'état isolé¹.

L'organisme représente un système, dans lequel les éléments et processus sont ordonné d'une manière déterminée, et dans lequel en définitive chaque partie ou processus particulier dépend de toutes les autres parties, de tous les autres processus. Le comportement d'une partie isolée étant pour cette raison en général différent de celui qu'il manifeste en relation avec le tout².

Chaque organisme constitue un *système*, par quoi je désigne un complexe d'éléments qui se tiennent en interaction mutuelle [...] Il est premièrement impossible de résoudre complètement les phénomènes du vivant en unités élémentaires ; au contraire, chaque partie ou événement individuel dépendent non seulement de leurs propres conditions, mais dans une mesure plus ou moins étendue du *tout*, d'unités sur-ordonnées dans lesquelles ils s'inscrivent. Il en résulte que le comportement d'une partie isolée est en général autre que celui qu'il manifeste dans le contexte du tout [...] Les propriétés du vivant sont des propriétés systémiques émergeant de l'organisation des substances et des processus, de telle sorte qu'elles se modifient lorsque le tout se modifie, et disparaissent avec sa destruction. De surcroît, ce tout manifeste des propriétés et modes de comportement qui manquent aux parties prises isolément³.

Le second schème était ce que Bertalanffy appela le « primat de l'ordre dynamique des événements sur l'ordre structural-machinaliste »⁴, sur lequel insistèrent notamment Ruyer et Chauvet après lui, sans pour autant s'y référer⁵. Il se fondait directement sur la combinaison des schèmes théoriques de l'ordre hiérarchique et du système ouvert en équilibre de flux, et se présentait comme la signification ultime de cette combinaison. Sa manifestation majeure n'était bien sûr autre que le « dépassement de l'opposition entre structures et fonctions » proposé par le Viennois. Nous avons vu comment, considérant le problème de l'autorégulation, Bertalanffy avait dès 1932 développé (à la suite de Weiss notamment) l'idée que dans les organismes vivants, « la capacité holistique apparaît partout comme primaire et la réification en 'machine' comme secondaire ». Si la « mécanisation progressive » constituait un moment essentiel de son schéma d'« organisation progressive », elle n'était pour lui « jamais complète », sans quoi toute possibilité de régulation serait exclue⁶. L'ubiquité des phénomènes de régulation à tous les niveaux biologiques et la subordination du second « principe organismique fondamental » au premier conduisit logiquement Bertalanffy à « dynamiser » tout ordre structural, à le tenir pour ce que nous l'avons vu appeler « une coupe dans le flux spatio-temporel des événements » ; et, en conséquence, à penser et étudier l'ordre systémique non comme le produit de conditions structurales fixées dont la connaissance serait un préalable, mais comme celui d'une dynamique globale à laquelle l'émergence et la persistance de ces conditions sont elles-mêmes soumises. Ce dynamicisme était en filigrane de maintes analyses effectuées en 1932 ; et il affirma dès 1933 l'impossibilité de ramener l'ordre des processus protoplasmiques à l'ordre structural du protoplasme, la nécessité de concevoir le premier de manière dynamique⁷. Néanmoins, il ne formula explicitement le schème en question qu'en 1937. Les développements « holistiques-organismiques » en neurophysiologie et en neuropsychiatrie chez des auteurs comme Charles S. Sherrington, Lashley, Herrick, Coghill et Goldstein, dont Bertalanffy prit pour la plupart connaissance après 1932, jouèrent

¹ Bertalanffy L. von (1937a), p. 159.

² Bertalanffy L. von (1937b), p. 12.

³ Bertalanffy L. von (1949e), pp. 24-25.

⁴ Bertalanffy L. von (1937a), p. 161 et (1949e), p. 29.

⁵ Ruyer R. (1956), notamment p. 20 et p. 68 : « Structure et fonction, structure et comportement, loin d'être comme 'machine' et 'fonctionnement' – le fonctionnement ne se définissant jamais qu'après la structure de la machine – se développent de concert, presque du même pas, la fonction et le comportement anticipant toujours un peu sur la structure [...] C'est une tentative vouée à l'échec que de faire dériver les organismes d'un arrangement secondaire survenant dans des amas physiques considérés comme primaires [...] L'organisation individuelle part toujours 'd'en haut', c'est-à-dire d'un thème unitaire, même lorsqu'elle semble naître 'd'en-bas', c'est-à-dire d'éléments fonctionnant selon leur mise en place ». Chauvet G. (1995), p. 267 : « La première caractéristique de la vie dans la matière est que l'interaction fonctionnelle y est génératrice de la stabilité de la dynamique fonctionnelle dans la matière vivante ».

⁶ Bertalanffy L. von (1932b), p. 57.

⁷ Bertalanffy L. von (1933d), p. 120.

manifestement un rôle significatif dans cette explicitation : j'ai montré au 1-4-6-3 que ce schème jouait un rôle central dans ces travaux¹. Telles sont les formulations qu'en donna le Viennois en 1937, en 1946 puis en 1949, avec dans le premier et le dernier cas une analogie pertinente avec l'histoire de l'astronomie, reprise de Köhler :

Tandis que l'on s'efforçait auparavant de réduire l'ordre de l'événement organique à des structures rigides, machinalistes [*maschinenartig*], surgit de nos jours [la considération d'] un autre type d'ordre qui survient dynamiquement, sans conditions machinalistes rigides, à partir de l'interaction des forces contenues dans le système lui-même. Ceci peut être illustré par une jolie analogie. Aristote croyait que l'ordre des mouvements planétaires n'était explicable que par l'intermédiaire de machines monumentales, ses sphères cristallines, sur lesquelles les planètes se déplaceraient. Nous savons aujourd'hui que de telles machines ne sont pas nécessaires pour expliquer cet ordre des mouvements planétaires et qu'on peut en rendre compte à partir de l'interaction dynamique des corps célestes impliqués. De même, la conception antérieure de l'organisme voyait ce dernier comme constitué de machines garantissant l'ordre des événements ; et aujourd'hui nous devons dire qu'une grande partie de l'ordre des processus vitaux ne se ramène pas à des machines rigides, mais à l'interaction dynamique. Nous sommes toujours plus clairement conduits à la conclusion que l'organisme est primairement à considérer comme un système réagissant de manière unitaire et dynamique ; cette réaction unitaire est certes secondairement le lieu d'une limitation dérivée d'une mécanisation progressive des processus particuliers qui s'y déroulent. Les organismes ne sont pas des machines, mais les organes particuliers peuvent bien jusqu'à un certain degré devenir des machines, se réifier en machines – mais jamais complètement².

Par rapport à l'ordre des processus conditionné par des arrangements structuraux, qui trouve sa limite dans les phénomènes de régulation, apparaît comme primaire un ordre dynamique surgissant à partir de l'interaction des forces du système dans son ensemble, qui peut certes être secondairement limité par une mécanisation progressive³.

L'événement organique est primairement dirigé par l'interaction des conditions contenues dans le système dans son ensemble, par un ordre dynamique ; tel est le fondement la possibilité d'une régulation organique. Une mécanisation progressive intervient secondairement, i.e. le travail originellement unitaire se décompose en processus isolés qui se déroulent entre des structures fixées [...] Que les processus organiques ne représentent toutefois jamais une simple somme de processus isolés fixées structurellement mais possèdent à un degré plus ou moins élevé le caractère d'événements systémiques, est ce qui leur permet une faculté d'adaptation par rapport à des contraintes changeantes et une capacité de régulation en cas de perturbations⁴.

L'équifinalité constituait logiquement pour Bertalanffy la manifestation par excellence de ce « primat de l'ordre dynamique » : elle exprime bien l'indépendance de l'état d'un système ouvert par rapport aux conditions structurales sous-jacentes à l'évolution qui y conduit, le fait que cet état n'est pas atteint en « suivant des voies rigides », et sa détermination par la seule « dynamique propre » de ce système, celle de ses équilibres de flux⁵.

Le troisième et dernier schème d'interprétation caractéristique de sa « conception organismique » a déjà été rencontré plusieurs fois au cours de mes analyses antérieures, au premier chef lorsque sa source dans les « philosophies de la vie » du début du siècle et leurs antécédentes a été discutée : il s'agit du « primat de l'activité » sur la « réactivité », un thème qui fut plus tard central aussi dans la philosophie biologique de Ruyer, également en connexion avec le concept de système ouvert⁶. Nous avons vu que le caractère « créateur » du vivant et son « activité fondamentale » furent soulignés par Bertalanffy dès ses premiers essais biophilosophiques⁷. Considérant dans sa thèse la doctrine fechnerienne de « l'âme des plantes », il avait notamment affirmé qu'elle ne faisait que traduire mythiquement l'idée légitime que leur comportement ne peut guère être compris sans y faire

¹ Bertalanffy L. von (1937b), pp. 126-133.

² *op.cit.*, p. 14.

³ Bertalanffy L. von (1946a), p. 6.

⁴ Bertalanffy L. von (1949e), p. 29. L'analogie avec l'histoire de l'astronomie se retrouve pp. 27-28.

⁵ Bertalanffy L. von (1937a), p. 162 et (1937b), pp. 13-14.

⁶ Ruyer R. (1956), par exemple p. 80 : « L'animal n'attend pas passivement le flux d'énergie libre, il provoque cette rencontre, il en prend l'initiative, et c'est lui qui en est responsable. Il recherche activement le couplage » ; et p. 168 : « L'être vivant n'est pas le lieu passif de mouvements qui se déroulent en lui, il les exécute, il en est l'agent et non le support comme une machine, il les invente à mesure ».

⁷ Bertalanffy L. von (1926b), p. 415 et (1927c), p. 261.

intervenir l'existence d'un « principe d'activité »¹. Néanmoins, ce n'est là encore qu'à partir de 1937 que l'« activité primaire » de l'organisme fut systématiquement opposée au schème mécaniciste de la « réactivité primaire » en tant que principe organique fondamental. Même dans sa *Theoretische Biologie* (1932), le « primat de l'activité » était resté un schème implicite et, contrairement aux deux autres, on n'en trouvait pas encore dans cet essai ne serait-ce qu'une esquisse de formulation. Ce relatif « retard » s'explique peut-être par le fait que, bien que prédisposé à intégrer ce schème à sa « conception organismique » compte tenu de ses ascendances philosophiques et de son contexte culturel, Bertalanffy ne put vraiment en trouver des bases scientifiques convaincantes et diversifiées que dans divers travaux publiés après 1932, ou qui avaient été publiés peu auparavant mais dont il ignorait probablement encore l'existence en 1932 – la théorie du comportement comme « réaction systémique » publiée par Weiss en 1925, où ce schème était explicitement dégagé, étant une exception notable à laquelle, certainement en raison de ses relations tendues avec son collègue, il ne se référa jamais explicitement à cet égard. Lorsque le Viennois fit du « primat de l'activité » le troisième moment de sa philosophie « organismique », ce fut en tous cas à ces publications qu'il fit référence. Il s'agissait d'abord de plusieurs études, réalisées par Coghill notamment, vouées à mettre en évidence, que ce soit dans les cellules, aux stades précoces de développement embryonnaire ou chez les organismes adultes, l'existence d'activités ou de mouvements autonomes, indépendants de stimuli extérieurs, et le fait que la ré-action d'un organisme à son environnement est toujours consécutive à une action qu'il exerce sur lui² ; des travaux d'Alverdes, discutés au 1-4-5-6, qui, portant sur le « caractère holistique du comportement animal », s'étaient opposés dans le même sens et avec vigueur à la théorie réactiviste des tropismes³ ; et du fameux article de Thurstone considéré au 1-4-4-2 qui, avec une même inspiration, avait inauguré les attaques contre la psychologie behavioriste⁴. Mais la plus forte influence vint semble-t-il surtout d'une part des études du neurophysiologiste Erich von Holst publiées en 1937 sur l'activité du système nerveux, qui venaient d'établir, à partir d'expérimentations sur l'activité locomotrice de certains animaux, que le réflexe ne saurait être interprété comme l'élément primaire du comportement mais bien plutôt comme un moyen d'adapter des processus automatiques primaires à des conditions périphériques variables ; et d'autre part des études éthologiques de Lorenz, qui venaient de montrer que certaines activités animales instinctives peuvent exister en dépit de l'absence du stimulus qu'on serait logiquement enclin à leur associer (ainsi le fait qu'un oiseau en manque de matériel pour construire son nid peut malgré tout effectuer les mouvements de construction correspondants, comme s'il en disposait)⁵. Bertalanffy n'eut aucune difficulté à connecter l'ensemble de ces études à ses deux « principes organismiques », et en fin de compte à faire du « primat de l'activité » une interprétation dérivant logiquement de leur combinaison. Les processus métaboliques, dans la mesure de leur automatisme, lui apparaissaient en effet déjà comme l'expression par excellence d'une activité intrinsèque aux organismes sur laquelle repose en définitive toute autre activité. Et surtout, l'ordre hiérarchique de systèmes ouverts en équilibres de flux avait pour lui une logique autonome, celle de sa reproduction : un stimulus ne pourrait jamais être en tant que tel considéré comme la cause directe d'un événement organique, puisqu'il ne peut avoir d'effet qu'après avoir été « métabolisé » par le système organique, c'est-à-dire avoir été soumis à la logique en question. Une modification de l'environnement d'un tel système ne pourrait en fait « stimuler » que l'effort de ce système pour rétablir les conditions d'équilibres de flux éventuellement perturbées par cette modification, l'effet de celle-ci ne pouvant donc être pensé indépendamment de l'ordre systémique « endonome » auquel elle s'applique. Pour le dire succinctement, cet ordre s'interposerait entre le « stimulus » et la « réponse ». Une conception dont la conformité à la « théorie des milieux » de von Uexküll doit être au passage soulignée, puisque le propre de cette théorie avait justement aussi été de faire de l'organisation psychophysique des organismes un codéterminant de ce qui constitue effectivement pour eux des stimuli⁶ :

¹ Bertalanffy L. von (1926a), pp. 18-19.

² Sur Coghill, voir Kingsland S.E. (1993), p. 466.

³ Alverdes F. (1931).

⁴ Thurstone L.L. (1923).

⁵ Bertalanffy L. von (1937b), pp. 133-134 ; (1949e), pp. 111-118.

⁶ Ce point fut d'ailleurs souligné par Bertalanffy : (1940a), p. 64.

La recherche récente montre toujours plus clairement que l'activité autonome (i.e. fondée dans le système lui-même et non réductible à un stimulus externe) du système nerveux doit être vue comme primaire [...] Cette conception ne vaut pas seulement pour la fonction d'organes particuliers, mais aussi pour le comportement global des organismes et est en ce sens important pour le jugement de l'organique en général [...] Pour beaucoup d'organismes, l'état normal dans un environnement uniforme (i.e. en l'absence de stimulus externe) n'est pas le repos, mais le mouvement rapide ; un mouvement automatique donc, qui est en dernière analyse fondé sur les processus métaboliques en tant tels. Et l'on retrouve aussi cette activité dans le comportement instinctif [...] Nous sommes ainsi conduits à une conception essentiellement nouvelle du concept de « stimulus ». Si l'organisme représente principalement un système actif, nous devons dire : le stimulus (i.e. la modification des conditions externes) ne *provoque* pas l'événement (dans un système en soi au repos), mais ne fait que *modifier* l'événement (dans un système en soi actif). Cette proposition conduit à l'importante conséquence qu'est en définitive décisive pour la réaction d'un organisme non pas tant l'influence extérieure, le stimulus, mais bien plutôt la situation interne de l'organisme, l'éloignement de son état normal ou, pour parler psychologiquement, son « besoin »¹.

L'activité organique est en dernière analyse fondée dans le fait que dans tout organisme des événements indépendants de stimuli externes se déroulent constamment, à savoir qu'il se trouve par un échange perpétuel de matériel et d'énergies dans un équilibre de flux².

Un système endonome a le caractère d'une « activité » interne. Et en ce sens l'organisme n'apparaît plus désormais comme un objet en soi au repos qui ne pourrait être mis en activité que par des influences extérieures, par des stimuli, mais plutôt comme un système intérieurement actif même dans des conditions extérieures constantes. Cette activité se manifeste particulièrement clairement dans les processus endonomes-périodiques de l'organisme³.

Bertalanffy acheva ainsi de constituer sa « biologie organismique » elle-même en un système philosophico-scientifique ayant deux composantes intimement connectées : d'une part un *programme scientifique*, celui de la détermination des « lois systémiques du vivant », articulé autour de deux schèmes théoriques « organismiques » (le système ouvert en équilibre de flux et l'ordre hiérarchique) susceptibles d'être élaborés plus avant afin de devenir pleinement opérationnels et de permettre de la sorte de progresser vers cette détermination ; d'autre part une « conception organismique » définie par les « primats » de la « totalité », de l'« ordre dynamique » et de l'« activité », qui s'apparente à une *philosophie de la nature biologique* et qui, sans pouvoir être en tant que telle opérationnelle du point de vue du programme scientifique, était vouée à servir ce dernier à la fois en tant qu'heuristique et en tant que cadre interprétatif dégageant la signification générale de ses éventuelles réalisations.

2-3-3-8 – *Des organismes aux « organisations d'ordre supérieur » : le concept général de « système organisé »*

Que l'on puisse bien parler d'une philosophie de la nature biologique *en général* exige une explication. Car rien dans les considérations qui précèdent ne laisse entrevoir explicitement le fait que le domaine d'application des schèmes théoriques et philosophiques d'interprétation « organismique » élaborés par Bertalanffy avait vocation à être étendu par-delà l'étude des organismes individuels. On touche ici à un moment essentiel de la pensée de Bertalanffy, décisif dans la genèse de sa « systémologie générale ». Des manifestations précoces de l'extension en question peuvent être repérées : les bases en furent posées dès sa thèse et il explicita en 1932 son intention de la réaliser. Bien qu'il n'ait certes guère fait alors (et il en était conscient) que poser les problèmes de la vie sur des bases nouvelles et formuler ses deux « principes organismiques fondamentaux » comme des « hypothèses de travail » vouées à développer une théorie systémique « hypothético-déductive » des *organismes vivants*, et avant même qu'il n'ait effectivement établi leur fécondité de ce point de vue, le Viennois s'empressa en effet de poser le problème de l'extension éventuelle de leur portée :

¹ *op. cit.*, p. 134. Voir aussi (1949e), pp. 115-116.

² Bertalanffy L. von (1940a), p. 62.

³ Bertalanffy L. von (1942), p. 52.

La question s'impose de savoir si la série de niveaux qui mène de la cellule au tissu, à l'organe et à l'organisme individu pluricellulaire s'interrompt ou non à ce dernier niveau¹.

C'est-à-dire, en fait, si le concept d'« organisation d'ordre supérieur » qu'il avait discuté en relation avec les métaphysiques de Fechner et von Hartmann pouvait être un concept scientifique légitime, avec en arrière-plan la question de savoir si, dans l'affirmative, la « conception organismique » était pertinente pour ces « niveaux d'ordre supérieurs » à celui des organismes vivants. Un tel empressement généralisateur, comme les arguments qu'il apporta pour répondre positivement à ces questions, sont des illustrations supplémentaires du rôle moteur joué par les ascendances purement philosophiques de Bertalanffy, qu'elles concernent la philosophie de la nature ou de la connaissance.

Comme il l'avait remarqué dès sa thèse, le principe de l'évolution phylogénétique implique qu'un organisme doit être conçu comme intimement lié aux autres individus constituant son espèce : une solidarité de type historique est de la sorte introduite, qui « lie l'espèce par un destin commun », la constitue comme « un tout bien individualisé qui reste séparé d'autres espèces dans son cycle de vie » et « engage » donc déjà de ce point de vue chacun de ses membres dans une « dépendance supra-individuelle »². Néanmoins, il était selon lui tout aussi légitime de concevoir l'existence d'une telle dépendance dans l'espace et non seulement dans le temps. La possibilité de parler d'« organisations d'ordre supérieur » au niveau des organismes, et ce même en l'absence d'« adhérence » [*Verwachsung*], de « solidarité (ou de connexité) spatiale » [*räumliche Verbundenheit / Zusammenhang*] entre ces derniers, était naturellement chez lui une conséquence immédiate de sa critique du concept d'« individualité », que nous l'avons vu conduire à tenir ces critères comme « très vagues, relatifs et entièrement dépendants de notre perspective humaine »³. La réticence à prolonger le concept d'organisation par-delà le niveau des organismes vivants, en dernière analyse enracinée dans une référence plus ou moins implicite à ces critères, ne résistait pas à cette critique. Ainsi une abeille apparaît-elle à notre vue normale comme un « organisme individuel », bien que l'analyse et le recours au microscope la montre comme constituée de cellules spatialement séparées et comme le lieu d'échanges incessants de matière ; tandis que d'un autre côté, si un essaim d'abeilles considéré de près ne nous apparaît pas comme une « chose individuelle », il n'en est plus de même s'il est observé de loin. L'arrière-plan des débats contemporains en physique était là encore omniprésent :

L'abeille apparaît certes pour le sens commun grossier comme nettement distincte de « ce qui n'est pas une abeille », mais ce n'est pas le cas d'un point de vue plus approfondi ; des matières et des énergies tirées de son « environnement » entrent et sortent continuellement d'elle. Dans une perspective physique, rien – ou tout est connexe. Si nous nous plaçons sur le terrain de la conception corpusculaire, alors l'abeille est un essaim d'atomes tourbillonnant en tous sens – exactement de la même manière que l'essaim d'abeilles est un essaim d'animaux individuels tourbillonnant en tous sens. Que la distance entre les objets individuels se mesure dans un cas en microns et dans l'autre en millimètres n'implique aucune différence essentielle. Mais si nous nous plaçons du « point de vue ondulatoire », alors tout dans le monde est en définitive en rapport continu, les ondes de matière dans l'objet « atome » aussi bien que celles dans l'objet « essaim d'abeilles »⁴.

Comme il l'avait déjà remarqué dans sa thèse, le problème était seulement pour Bertalanffy l'existence ou non de la possibilité d'établir une « relation de dépendance » entre les éléments de l'ensemble considéré⁵ et, comme il va apparaître, de savoir quels critères sont pertinents pour définir un concept opérationnel d'« organisation d'ordre supérieur ».

De ce point de vue, il devenait à ses yeux non seulement possible, mais nécessaire de reconsidérer d'une manière « dé-anthropomorphisée » les problèmes d'associations [*Vergesellschaftung*] biologiques. En premier lieu, celui des associations d'organismes de même espèce, dont les « sociétés » d'insectes étaient pour Bertalanffy un cas paradigmatique. Déjà ancienne à l'époque était l'idée d'assimiler ce qu'il appelait les « États d'insectes » telles que les ruches, les termitières ou les fourmillières à des « individus d'ordre supérieur ». Bertalanffy n'ignorait pas que l'écrivain belge Maurice Maeterlink avait évoqué poétiquement l'« esprit de la ruche » dans les années

¹ Bertalanffy L. von (1932b), p. 274.

² Bertalanffy L. von (1926a), pp. 55-57. Voir aussi (1949e), p. 57.

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 274 ; voir aussi (1937b), p. 57.

⁴ *op. cit.*, pp. 274-275.

⁵ Bertalanffy L. von (1926a), p. 52.

1910 et 1920, ni surtout qu'Alverdes, dans son essai sur la « sociologie animale » discuté au 1-4-5-7, avait été jusqu'à parler d'« âme collective » au sujet de ces « États d'insectes » qu'il rangeait dans sa catégorie des « sociétés fermées »¹. Bertalanffy récusait de telles tentations anthropomorphes, mais en jugeant qu'elles ne faisaient au fond qu'exprimer sous une forme mythique ce qui pouvait par contre s'exprimer sous une forme scientifiquement légitime, à savoir que « tous les critères de la 'Gestalt' » (ou encore « toutes les caractéristiques d'une totalité [*Ganzheit*] ») sont « applicables aux États d'insectes » ; par quoi il entendait pour l'essentiel la « coordination des activités spécialisées des animaux particuliers en direction de la conservation (ou de la régénération) du tout », une structuration et un fonctionnement holistiques et hiérarchisés qui « dépassent manifestement largement les 'intentions' des individus particuliers » et qui, statistiquement tout au moins, peuvent être interprétés comme déterminant leur comportement :

Nous ne croyons pas que le concept d'« âme » puisse être appliqué dans les sciences de la nature ; cela constituerait néanmoins sans aucun doute un travail aussi passionnant que fécond que d'appliquer le point de vue holistique [*Gestaltbetrachtung*] aux États d'insectes. Il va de soi que l'État d'insectes n'est rien d'autre que le dernier terme d'une longue série de formations sociologiques de groupes animaux, qui mène de groupes ouverts « non-organisés » à ceux ayant une organisation maximale et où l'on observe une coordination toujours plus élevée des réactions².

Et même si la considération de l'anthropologie philosophique de Bertalanffy a assez montré qu'il ne saurait s'agir d'y voir un réductionnisme biologiciste, il reste que le Viennois considérait non seulement qu'il n'y a aucune raison, de ce strict point de vue, de se limiter aux « sociétés animales » non humaines, mais que l'étude de ces dernières peut être une voie pour le développement d'une connaissance holistique et néanmoins scientifique des sociétés humaines. De même que l'« âme des masses » ou « du peuple » dont avaient parlé certains sociologues était à ses yeux pour l'analyse des comportements humains l'analogie mythique de l'« âme collective » des « sociétés animales », tout indiquerait dans l'ordre humain aussi la pertinence et la légitimité d'une perspective holistique fondée sur des concepts et principes opérationnels :

De la sociologie animale s'ensuit la transition à la sociologie humaine³.

Reprenant pour l'essentiel ses longues considérations sur le sujet effectuées dans sa thèse, Bertalanffy insista par ailleurs en 1932 sur le fait que les associations d'organismes d'espèces différentes fournissaient bien d'autres exemples, au moins aussi frappants, de « totalités » manifestant des « propriétés 'nouvelles' par rapport à leurs composants ». L'étude et la connaissance des phénomènes de symbiose s'étaient considérablement développées tout au long des années 1920 – notamment au travers des travaux de l'entomologiste Paul Buchner, auxquels le Viennois se référa. Elles avaient mis en évidence la pertinence et la nécessité du concept d'« unité de vie d'ordre supérieur » pour appréhender des situations où la « relation de dépendance » entre organismes d'espèces différentes est telle que le comportement de chacun d'entre eux ne peut être interprété de manière satisfaisante que dans le cadre d'une logique holistique de coopération. Les phénomènes de parasitisme (tels qu'étudiés notamment par Becher dans le cas de la galle des plantes) fournissaient d'autres exemples de telles « unités de niveau supérieur » (formées ici par un parasite et son hôte), qui ne s'opposaient d'ailleurs pour Bertalanffy qu'en apparence aux phénomènes symbiotiques : la symbiose s'interpréterait plutôt comme un « cas limite » du parasitisme où se réalise un « équilibre instable [*labile*] entre les tendances antagonistes des deux partenaires, qui peut à tout moment être détruit par une modification des forces en présence ou par des facteurs extérieurs » ; une illustration, en somme, du vieux principe aussi bien héraclitéen, cusain, leibnizien que romantique de l'harmonie globale fondée sur le « combat des parties », que Roux avait récemment remis au goût du jour en physiologie (des organismes individuels)⁴.

Par-delà les « totalités » constituées par l'association d'organismes de même espèce ou par des relations symbiotiques ou parasitiques entre espèces différentes, Bertalanffy dirigea son attention sur des « entités encore supérieures » auxquelles l'application du « point de vue du système et de la

¹ Alverdes F. (1925, 1927, 1999), pp. 109-110 ; Maeterlinck M., (1929) et (1930).

² Bertalanffy L. von (1932b), p. 275. Voir aussi (1937b), p. 57 et (1949e), pp. 57-58.

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 276.

⁴ *op. cit.*, pp. 276-278. Voir aussi (1926a), pp. 58-68.

Gestalt » [*die System- und Gestaltbetrachtung*] s'était aussi révélée pertinente et nécessaire : les biocénoses. Ici non plus, l'argument du « combat pour la vie » ne pouvait selon lui être invoqué pour réfuter cette pertinence, bien au contraire ; sur nul autre sujet peut-être ne se montre plus clairement à quel point sa pensée systémique s'enracinait dans les réflexions métaphysiques et philologiques sur la conception « monadologique » du monde qu'il avait développées dans sa thèse doctorale :

Peut-il même y avoir un sens à décrire la biocénose comme une « unité de vie », alors que ses membres sont engagés dans un combat continu, une destruction mutuelle ? On peut répondre à cette objection qu'il est précisément dans l'essence des systèmes biologiques, de l'organisme individuel comme de la biocénose, qu'ils se conservent par un « combat des parties » (selon l'expression de Roux) [...] Cette unité se constituant par un combat des parties peut être considérée comme une parabole de ce profond problème métaphysique qu'un Héraclite ou un Nicolas de Cues cherchèrent à exprimer lorsqu'ils virent l'essence du monde dans la *coincidentia oppositorum*, dans l'unité des contraires qui, par leur combat, engendrent et maintiennent le grand Tout¹.

Il considérait même légitime d'étendre ce jugement à la vie terrestre dans son ensemble :

En définitive, toute la vie sur Terre constitue une grande « unité de vie », une « organisation » [...] La vie dans son ensemble représente une gigantesque symbiose².

En 1932, Bertalanffy discuta l'approche systémique des biocénoses en se référant pour l'essentiel aux travaux de Friederichs et de Woltereck discutés au 1-4-5-7, ce qui impliquait (par l'intermédiaire du premier) une connaissance, certes encore succincte et de seconde main, d'autres travaux contemporains ou légèrement antérieurs, pour certains mathématiques, sur les équilibres biocénotiques (dont ceux de Lotka et de Volterra). Il en retint d'abord que se retrouve à ce niveau un degré d'intégration comparable à celui qui se manifeste dans les organismes vivants, contrairement aux associations d'individus de même espèce ou aux associations symbiotiques ou parasitiques :

Seul un biotope dans son ensemble, par exemple le système démographique d'une forêt entière, d'un étang ou d'un marais, est une « unité de vie » [*Lebenseinheit*] telle que le sont les organismes³.

De Friederichs plus particulièrement, il releva toutefois non seulement son insistance sur la nécessité d'une conception statistique de l'équilibre biocénotique, mais aussi et surtout sa distinction entre « organismes » et « organisations » biologiques, qui avait conduit l'écologue allemand à récuser toute assimilation des biocénoses à des « organismes d'ordre supérieur » au motif qu'elles sont certes comme les organismes des « unités biologiques se maintenant par autorégulation », mais qu'elles ne partagent pas toutes leurs caractéristiques⁴.

C'est justement à l'occasion de ses réflexions à ce sujet (plus précisément, dans leur introduction) que Bertalanffy formula pour la première fois son concept de « système organisé », requalifié par la suite aussi de « système organique », qui reposait sur la combinaison de ses deux « principes organismiques fondamentaux » :

Un « système organisé » se définit en ce que des « composants » y sont réunis par des « relations » en une « totalité » [*Ganzheit*], l'ordre hiérarchique et la conservation dans un état stationnaire (respectivement leur production, rétablissement et reproduction) apparaissant comme des déterminations essentielles de cette totalité⁵.

Une définition qui, nous l'avons vu plus haut, fut reformulée à partir de 1937, un « système organique » devenant alors caractérisé comme un « ordre hiérarchique de systèmes ouverts en équilibre de flux ». Dès 1932 (et plus systématiquement par la suite), Bertalanffy laissa entendre que pouvaient être subsumés sous ce même concept tant les organismes vivants et leurs constituants organiques (cellules, etc.) que leurs associations, justement parce que ces dernières manifestent comme les premiers « les propriétés systémiques caractéristiques que sont la dépendance mutuelle des

¹ Bertalanffy L. von (1937b), p. 59. Voir aussi (1932b), p. 283 et (1940a), pp. 72-73.

² Bertalanffy L. von (1932b), p. 281.

³ *op. cit.*, p. 278.

⁴ *op. cit.*, pp. 278-279 et Friederichs K. (1927), en particulier p. 156.

⁵ Bertalanffy L. von (1932b), p. 275.

parties et des processus, l'autorégulation, l'adaptation à des perturbations, la tendance vers des états d'équilibre, etc. »¹.

Une première ambiguïté qui subsistait en 1932 était que les critères permettant au Viennois de définir les « systèmes organisés » furent ceux-là même qu'il avait alors en parallèle utilisés afin de fournir une « définition du vivant ». Il s'agissait bien d'une ambiguïté et non d'une contradiction : ce que Bertalanffy avait cherché à caractériser par la combinaison de ses deux schèmes théoriques était en fait non la vie au sens propre – auquel cas son concept n'aurait pas été applicable aux associations biologiques – mais le *monde du vivant à tous ses niveaux d'organisation*, c'est-à-dire au fond *toute réalité biologique*, qu'il avait par là-même cherché à distinguer des réalités non biologiques dont traitent la physique et la chimie. Une seconde ambiguïté demeurait aussi en 1932, bien que l'inscription de son concept de « système organisé » dans le prolongement de la distinction opérée par Friederichs ait alors déjà implicitement laissé entendre que le concept d'organisme n'en était pour lui qu'une spécification. Il s'agissait en effet encore de préciser en quoi les organismes vivants se distinguent des associations biologiques, une distinction d'autant plus importante à opérer que, comme l'avait remarqué Friederichs, leur subsomption sous un même concept menaçait ce dernier de vacuité. Bertalanffy ne fournit un premier élément de réponse à ce sujet qu'en 1937, qui focalisait la distinction sur le moment de la hiérarchisation :

On ne saurait bien sûr comparer directement les unités de vie supérieures avec les organismes individuels. Mais l'on peut bien dire qu'ils sont des « systèmes organiques », qui satisfont aux caractéristiques propres à de tels systèmes. Le concept de « système organique », qui embrasse aussi bien les entités situées sous le niveau de l'organisme individuel (cellules, tissus, organes) que les entités situées par-delà ce niveau, est considérablement plus large que celui d'« organisme individuel » ; ce dernier n'en représente qu'un cas assez particulier [...] Il va de soi que les unités de vie supra-individuelles ne sont en général que des entités « lâches » [*locker*], à peine centralisées².

Cette distinction fut réitérée en 1940 et 1941, le critère du degré de centralisation (ou d'unification [*Vereinheitlichung*]) restant alors le seul retenu :

Il est certain qu'en comparaison de la rigoureuse unification de l'organisme individuel, la totalité de la communauté de vie [*Lebensgemeinschaft*] est plus lâche et qu'on ne devrait pas, comme c'est parfois le cas, décrire cette communauté comme un « organisme »³.

Les systèmes écologiques aussi peuvent être considérés comme des totalités de composants en interaction, en dépit du fait évident à prendre en compte que le degré d'unification y est bien moindre que dans les organismes⁴.

Le même critère de distinction fut avancé par Bertalanffy en 1942, mais un tout autre fit alors aussi son apparition ; à savoir, pour reprendre son vocabulaire (qu'il n'employa toutefois pas à ce sujet), l'opposition du caractère « endonome » du développement des organismes individuels et du caractère « exonome » de celui des associations biologiques. L'origine de la prise en compte de ce nouveau critère ne sera pas discutée ici, dans la mesure où elle tient aux études des phénomènes de croissance organique effectuées par Bertalanffy et à son intérêt parallèle pour les modélisations des phénomènes de croissance démographique, qui seront considérés aux chapitres 4 et 5 de cette partie :

La description des communautés de vie comme des « organismes d'ordre supérieur » ne peut être qu'une métaphore ; car on ne peut en aucune façon mettre sur un même plan la communauté de vie et l'organisme individuel [...] Les systèmes organiques peuvent être distingués par leurs divers degrés d'unification, lequel est intimement lié à la division progressive du travail, la centralisation et la subordination à des « parties dominantes ». De ce point de vue, la cohésion [*Zusammenschluß*] des individus dans la communauté de vie est beaucoup plus lâche en comparaison de la cohésion spatiale des cellules et des organes dans l'organisme individuel [... Par ailleurs], il y a *chez les organismes individuels*, qu'ils soient uni- ou pluricellulaires, une *limitation de la croissance par des conditions immanentes* (par exemple la relation entre surface et volume) ; alors que *dans une*

¹ Bertalanffy L. von (1942), p. 321 et (1949e), p. 59.

² Bertalanffy L. von (1937b), pp. 57-58.

³ Bertalanffy L. von (1940a), p. 72.

⁴ Bertalanffy L. von (1941d), p. 257.

*population, la limitation de la croissance est conditionnée par des facteurs externes tels que l'épuisement des réserves nutritives, sans lesquels cette croissance serait illimitée*¹.

Les deux critères furent par la suite toujours simultanément opposés par Bertalanffy à toute velléité d'identification, ce qui montre bien que du point de vue systémique qu'il défendait, la recherche de principes théoriques s'appliquant à des entités de natures très diverses n'excluait aucunement le souci de prendre en compte, justement, leur diversité. Par exemple en 1949 :

Il va de soi que le degré d'unification des communautés de vie est très faible en comparaison de celui des organismes individuels ; ce sont des unités lâches, non centralisées. Et leur développement est déterminé par des conditions externes, alors que celui des organismes l'est par des conditions immanentes. On peut certes parler avec raison des communautés de vie comme des systèmes, mais c'est à tort qu'on parle à leur sujet, comme il arrive souvent, d'« organismes d'ordre supérieur »².

Dans une lettre adressée trois ans plus tard à la biologiste allemande Bernhardine Lustig-Olthuis, Bertalanffy fournit toutefois quelques précisions utiles en conséquence de remarques pertinentes de sa correspondante à ce sujet. En premier lieu, le fait que compte tenu du caractère de système ouvert des organismes, la « détermination » de leur développement par des « conditions immanentes » doit s'entendre non bien sûr au sens où l'organisme se développerait indépendamment de son environnement, mais au sens où dans la mesure où les « conditions externes » sont invariantes, ce sont des « conditions internes » qui sont déterminantes à cet égard. Par ailleurs, Bertalanffy envisagea l'éventualité de deux exceptions à l'impossibilité affirmée plus haut d'assimiler des associations d'organismes à des « organismes d'ordre supérieur » du point de vue du concept de « système organisé ». À savoir d'une part les « États d'insectes », tant leur degré de hiérarchisation et la forte cohésion de leurs membres se rapproche de celle des cellules et des organes d'un organisme vivant. Et d'autre part la « société humaine » ; car tout en prenant soin de souligner qu'elle se distingue radicalement de toutes les associations biologiques précisément en ce qu'elle n'est pas purement biologique (i.e. déterminée par des facteurs de nature organique ou instinctive) mais aussi et surtout fondée sur des univers symboliques, les récents totalitarismes avaient au moins suggéré la « tragique » possibilité de principe qu'elle « devienne une sorte d'État d'insectes où l'individu est dévalorisé en une cellule ou un organe du tout surordonné »³.

2-3-3-9 – *L'ébauche d'une « systémologie biologique »*

Dès 1932, l'aboutissement des considérations de Bertalanffy sur le concept de « système organisé » (ou « organique ») fut en premier lieu la vision globale et « monadologique » d'un monde biologique stratifié en niveaux d'organisation successifs, à concevoir comme un emboîtement de systèmes dont les relations mutuelles sont régies par une logique holistique. C'est en 1937, puis en 1940, qu'il exposa systématiquement cette représentation du monde biologique comme une « construction nivelée » [*Stufenbau*]. Il qualifiait aussi celle-ci de « construction hiérarchique » [*hierarchischer Aufbau*], en raison implicite de l'ubiquité du principe de « codétermination » du « tout » et de ses « parties », qui implique entre « parties » et « tout » aussi bien une relation de détermination du second par les premières qu'une relation de subordination des premières au second :

Il est caractéristique du vivant que des systèmes subordonnés s'y associent en des systèmes d'ordre toujours supérieur : les structures chimiques et colloïdales s'associent en structures cellulaires et cellules ; les cellules en tissus, organes et organismes ; et les organismes en unités de vie supra-individuelles : races, espèces, symbioses, biocénoses, etc. [...] Dans cette construction nivelée vaut le principe de non-sommativité ; il est toujours possible et nécessaire d'y étudier les niveaux subordonnés particuliers ; aucun niveau supérieur ne peut toutefois y être expliqué par simple sommation des propriétés des parties appartenant au niveau immédiatement inférieur telles qu'elles se manifestent à l'état isolé ; il résulte au contraire de l'interaction dynamique de ces parties, réunies

¹ Bertalanffy L. von (1942), pp. 321-322. Les italiques me sont propres.

² Bertalanffy L. von (1949e), p. 59.

³ Lettres de Bertalanffy L. von à Lustig-Olthuis B. du 23/06/1952 et de Lustig-Olthuis B. à Bertalanffy L. von (date inconnue, mais probablement antérieure de plusieurs mois à la précédente), *Archives du B.C.S.S.S.*

d'une manière déterminée dans un système supérieur de telle sorte que le comportement des niveaux inférieurs est essentiellement codéterminé par l'état global du niveau supérieur¹.

L'essentiel ici est qu'à la manière dont N. Hartmann avait, dans sa métaphysique de la « stratification du réel », introduit le principe d'un retour récurrent de certaines catégories dans toutes les strates (sa « loi du retour »), Bertalanffy s'efforça dès 1932 de faire apparaître ses schèmes théoriques du système ouvert en équilibre de flux et de l'ordre hiérarchique comme les deux « principes de construction » communs à tous les « niveaux biologiques » (de la cellule aux biocénoses) – ce qu'il ne fit toutefois de manière systématique que dans les deux essais publiés en 1937 et 1940, où il détailla la structure de cette « construction nivelée »² :

Que ce soit morphologiquement (construction nivelée de l'organique), physiologiquement (équilibre dynamique – hiérarchie des fonctions) ou écologiquement, en chacun des termes de la gigantesque série de niveaux qui va des plus petites unités vivantes jusqu'aux communautés de vie et à la vie sur Terre dans son ensemble, nous trouvons comme lois fondamentales celles de l'ordre hiérarchique et de la conservation de l'équilibre dynamique. Par conséquent, s'il est certain que tout reste à faire dans le domaine d'une théorie du vivant, nous n'en avons pas moins le net pressentiment que ces principes – que nous ne pouvons en l'état actuel que formuler superficiellement et appliquer de manière lacunaire – possèdent vraisemblablement dans le domaine de l'organique une signification fondamentale semblable à celle des lois physiques fondamentales vis-à-vis de la nature inanimée³.

C'étaient rien moins que les « principes (certes non encore mathématiques) d'une philosophie naturelle » que Bertalanffy prétendait ainsi énoncer avec ses deux schèmes théoriques, avec l'ambition affichée d'en faire à terme les analogues biologiques des principes newtoniens de la dynamique (même si l'analogie avec les deux premiers principes de la thermodynamique semble plus pertinente). Il estimait de la sorte ouvrir la voie au « Newton du brin d'herbe » dont Kant avait en son temps prophétisé l'inexistence indéfinie. Une voie « organismique » qui, répondant à l'appel lancé aux biologistes par N. Hartmann en 1912 à reconstruire leur science sur la base du concept de système, cherchait à fonder une telle reconstruction autour du concept de « système organisé », jugé pertinent pour développer une approche théorique de chacun des multiples « problèmes de la vie » en leur conférant une unité tout en respectant leur diversité. Dessinant avec ses « principes » les contours d'une architectonique du monde biologique, il faisait consciemment bien plus que parachever la formulation de son programme scientifique « organismique » en indiquant la voie théorique de son actualisation. Si l'on n'assistait certes pas encore là à la formulation du projet de « systémologie générale », il s'agissait bien de sa préfiguration, sous la forme du manifeste de ce que j'appelle une « systémologie biologique » qu'il aurait pu, pour adapter ses termes ultérieurs, qualifier de *biologische Systemlehre* – mais qu'il préféra appeler *organismische- bzw Systemtheorie des Lebens* (« théorie organismique – ou systémique – de la vie »). Le schème fondamental en était déjà l'affirmation simultanée d'une autonomie des lois s'appliquant à chaque « niveau » de la « hiérarchie du vivant » et de l'existence de « principes » ou « lois générales » ayant valeur universelle dans le monde biologique, qui instauraient une correspondance formelle entre ces différents « niveaux ». Le « système organisé », en tant qu'« analogue conceptuel de certains traits universels d'entités observées » de nature biologique, déclinaît déjà dans le contexte biologique sa définition ultérieure d'un « système général » ; il constituait pour lui ce que j'ai appelé un « objet-modèle » de toutes les entités biologiques, la tâche du programme « organismique » consistant justement à élaborer à chaque « niveau » de la « hiérarchie du vivant » des modélisations adéquates de cet objet-modèle permettant de construire des modèles théoriques des entités impliquées (cellules, tissus, organismes, biocénoses, etc.) ; lesquels, pour reprendre l'expression qu'il utilisa ultérieurement dans le contexte de son projet général, adviendraient en spécifiant ce « système (biologique) général » par « introduction de conditions particulières »⁴.

La « systémologie biologique » constituait en fin de compte une doctrine *duale* de l'interprétation de toute réalité biologique, duale parce qu'à la fois scientifique et philosophique, et donc déjà analogue en cela au projet plus général qui allait lui succéder. Elle constituait en effet d'une

¹ Bertalanffy L. von (1937b), p. 19.

² Bertalanffy L. von, (1937b), pp. 19-60 et (1940a), pp. 7-41.

³ Bertalanffy L. von (1932b), p. 282.

⁴ Bertalanffy L. von, par exemple (1951b), p. 339.

part un cadre conceptuel s'articulant autour de ses deux « schèmes théoriques d'interprétation » et du concept de « système organisé » dérivant de leur combinaison, cadre programmatiquement destiné à engendrer d'authentiques théories scientifiques ayant même, dans l'idéal, un caractère « exact ». Mais le moment de la « conception organismique » la constituait simultanément d'autre part en une *philosophie de la nature biologique* visant quant à elle à fournir tant au cadre théorique en question qu'à ses éventuels produits à venir une interprétation unifiée dégageant leur signification générale, de sorte notamment que soit facilitée une connexion de la « biologie organismique » avec d'autres sciences ou savoirs tels que la médecine, la psychiatrie, la psychologie ou la sociologie, et plus largement avec la culture dans son ensemble (y compris dans ses moments idéologiques). La « systémologie biologique » de Bertalanffy apparaît comme le premier fruit de l'ambition très large, dont le caractère précoce a déjà été discuté, de métamorphoser ce qu'il avait appelé en 1926 la « vision monadologique du monde » en une perspective systémique d'inspiration néo-criticiste faisant certes de la biologie le champ privilégié de sa mise à l'épreuve et de sa justification, mais avec une visée qui la dépassait d'emblée – rappelons qu'il s'agissait ultimement, avec la « biologie organismique », de fournir les fondements sains d'une philosophie adéquate aux problèmes d'une culture perçue comme centrée sur les concepts de « vie » et de « totalité ». Cette « systémologie biologique » était le premier aboutissement de sa volonté de réhabiliter « sur un mode critique » la « tradition » de *Naturphilosophie*, de parachever ce qu'il avait appelé en 1927 la « renaissance fechnérienne » en lui donnant les moyens de s'accomplir véritablement, c'est-à-dire en l'extrayant de son confinement à la métaphysique pour restaurer l'unité des deux voies de description de la nature qui, selon Bertalanffy, avaient coexisté de manière fertile à la Renaissance et engendré la science moderne avant de diverger : la voie physico-mathématique « exacte » et la voie « mythique » remontant aux présocratiques. L'ambition du Viennois qui prenait forme ici était de renouer le dialogue entre science et philosophie, de pointer leurs différences de perspectives pour mieux montrer comment elles peuvent s'enrichir et s'éclairer mutuellement ; au moins autant que de renouveler les perspectives scientifiques en biologie, il s'agissait de restituer sa dignité et sa fécondité à la philosophie, y compris sous ses aspects mystiques et métaphysiques : ces deux aspects étaient indissociables pour le Viennois. C'est pourquoi il put constamment revendiquer une attitude « positive » tout en n'ayant de cesse de s'affilier à des Héraclite, de Cues, Goethe, Fechner et Spengler. Il est d'ailleurs symptomatique à cet égard que ce soit à la suite du premier énoncé (en 1932) de son programme « bio-systémologique » que Bertalanffy ait suggéré l'idée que la métaphysique puisse trouver dans une science de la vie renouvelée par ce programme des fondements solides et l'organe de sa propre régénération – par quoi il reprenait à sa manière le projet de E. von Hartmann qui, tout en « reconnaissant avec acuité la frontière entre science et métaphysique », avait été celui d'une « philosophie inductive qui, émergeant des sciences particulières, vise à atteindre des connaissances sur la nature générale de l'Être »¹ :

La tâche du scientifique est uniquement de fournir des lois objectives à des phénomènes objectifs. La question reste bien sûr légitime pour le psychologue de savoir dans quelle mesure l'« âme » est présente dans la nature organique et dans quelle mesure nous pouvons parler d'une « âme des masses » ; le métaphysicien peut quant à lui demander dans une perspective mythique si l'expression « âme du paysage », qui apparaît au biologiste comme une « organisation », n'est peut-être rien d'autre qu'une métaphore poétique ; il peut finalement apercevoir dans le combat et la coopération que manifestent les membres de toute organisation, qu'il s'agisse d'un organisme individuel ou d'une communauté de vie, une parabole du problème métaphysique le plus profond, à savoir comment le monde est ce qu'Héraclite l'« obscur » appelait une unité des contraires en soi et le Cusain une *coincidentia oppositorum*, dans laquelle les membres se trouvent dans un combat permanent qui conserve en même temps le grand tout dans sa divine harmonie. Il trouvera en définitive à partir de ces problèmes biologiques le chemin vers le problème archétypique de la théodicée et du Mal dans le monde, qui émerge de l'individualisation de la volonté universelle [*Weltwillen*] par un combat mutuel de parties, combat qui signifie pour la partie une négation, mais pour le tout une réalisation, une spiritualisation [*Vergeistigung*] et un épanouissement [*Entfaltung*]. Et il pourra finalement, en observant le combat sanguinaire *sub specie aeternitatis* dans la nature, y gagner la force d'une éthique de l'affirmation, qui voit les oppositions fructueuses se résoudre dans l'harmonie de l'unité globale².

¹ Bertalanffy L. von (1928b), pp. 153-154 et (1932b), p. 80.

² Bertalanffy L. von (1932b), p. 283.

Bertalanffy écrivit quarante ans plus tard, à la veille de sa mort :

Le programme organismique [...] était le germe de ce qui se fit connaître plus tard comme la systémologie générale [*general systems theory*]. Si le terme « organisme » [utilisé dans ce programme] est remplacé par d'autres « entités organisées », telles que les groupes sociaux, la personnalité ou les dispositifs technologiques, c'est le programme de la systémologie générale¹.

Son épouse, qui fut jusqu'à sa mort sa secrétaire et le témoin rapproché de l'évolution de ses idées, confirma cette vision l'année suivante :

Il fut souvent affirmé par Ludwig (et cité par d'autres) que la systémologie générale fut une expansion de la théorie antérieure des systèmes ouverts. Néanmoins, on peut aussi avoir le jugement opposé. La notion de « système » était fondamentale dans la conception organismique depuis ses tout débuts ; en conséquence, la « théorie des systèmes ouverts » et la « systémologie générale » furent des élaborations de la même idée fondamentale. Si une « théorie systémique de l'organisme » fut postulée à un stade précoce, la substitution au terme « organisme » de termes similaires tels que biocénose, comportement social, etc., contient déjà le postulat d'une « systémologie générale » qui, toutefois, devait être élaborée dans sa signification générale et plus spécifiée².

En fait, si deux jugements opposés sur l'évolution de Bertalanffy de sa « systémologie biologique » vers sa « systémologie générale » purent être formulés, c'est qu'ils étaient tous deux partiellement justifiés. Il était tentant de voir dans cette évolution un mouvement « inductif » dont la « théorie des systèmes ouverts » aurait été un moment intermédiaire, comme le firent Klir et Saint-Germain³. Si ces commentateurs invoquèrent exclusivement à l'appui de cette interprétation le fait évident que la première n'avait pas le degré de généralité de la seconde, il est clair aussi que les mathématiques n'y jouaient encore aucun rôle, que le concept fondamental d'isomorphisme n'y était guère qu'ébauché de manière intuitive, et qu'il manquait à cette première « systémologie » une méthodologie de la modélisation systémique.

Mais il est impossible d'en rester à cette interprétation immanquablement fondée sur une connaissance trop parcellaire, voire inexistante, des travaux de Bertalanffy dans la période 1923-1932, qui conduit naturellement à ignorer la précocité de la dimension d'emblée philosophique de ses travaux, de son intérêt pour les « sciences de la culture » et la psychologie, de sa compréhension déjà très générale du concept de « système organisé » et du schéma caractéristique du projet « systémologique » général ultérieurement formulé – y compris, même si Bertalanffy ne fit alors que le suggérer timidement, quant à sa vocation transdisciplinaire⁴. La thèse « inductiviste » se heurte au premier chef au fait problématique que le Viennois exposa dès 1937 ce projet, avant même d'avoir élaboré sa « théorie des systèmes ouverts ». Ce qui ne s'explique au contraire que si l'on prend acte du fait que l'ensemble de ses influences et de ses aspirations dépassaient dès le départ très largement le cadre de la biologie, de sorte que celle-ci fut plutôt le lieu de la maturation et de la sophistication d'une vision que celui de sa naissance. Le problème de Bertalanffy n'était manifestement pas tant d'acquiescer progressivement « l'intuition du cas général » (pour parler en termes gœthéens) à partir de ses études biologiques puis de la rationaliser dans son projet « systémologique » général, que celui de préciser les contours, de fournir une justification et de montrer la fécondité de cette intuition dans le cadre de la discipline scientifique qui, notamment parce qu'elle traite d'une grande diversité de niveaux d'organisation, lui apparaissait comme la plus prometteuse à cet égard. On peut de surcroît envisager la possibilité que Bertalanffy ait jugé que les propositions qu'il avança en 1932 étaient déjà suffisamment hardies dans le seul mais très vaste domaine de la biologie pour que ce jeune chercheur

¹ Bertalanffy L. von (1972a), p. 25.

² Bertalanffy M. von (1973), p. 41. L'expression « systémologie générale » traduit dans cette citation l'expression „*general system theory*“.

³ Klir G. (1969), p. 97 et Saint-Germain M. (1979) (dont l'interview de Klir en annexe 2).

⁴ La thèse « inductiviste », c'est manifeste chez Saint-Germain, tient entre autres (notamment pour des raisons linguistiques) à un manque de prise en compte de l'essai *Theoretische Biologie* (1932). Ainsi Saint-Germain se réfère-t-il le plus souvent à *Das biologische Weltbild* (publié en 1949) pour des idées qui, pour la plupart, n'étaient que des reprises (parfois au mot près) de celles formulées en 1932 (voire dès 1928). Ce qui l'amena par exemple à ne pas apercevoir la précocité du projet de « systémologie biologique » : il ne mentionna pas l'apparition de l'idée d'étendre la légalité systémique à tous les niveaux de la biosphère avant la formulation du projet de « systémologie générale ». On peut noter qu'il en est de même du concept de « statistique d'ordre supérieur », qu'il ne voyait apparaître chez Bertalanffy qu'en 1949, alors qu'il fut introduit dès 1932. Ce manque de prise en compte de la *Theoretische Biologie* le conduisit aussi à écrire de manière erronée que l'expression « système ouvert » n'apparut qu'en 1940. Il est vrai que le point de vue de Saint-Germain n'était pas historique ; mais il eut par là même l'inconvénient de lui suggérer ce jugement très contestable quant au caractère prétendument inductif de la pensée de Bertalanffy.

dont la situation académique était alors tout sauf assurée ne prenne pas le risque d'apparaître comme un spéculateur échevelé en avançant un projet transdisciplinaire sans même encore disposer d'exemples effectifs attestant de la réalité de son potentiel théorique. Même sa « systémologie biologique » restait en 1932 un projet en attente d'une actualisation : elle devait « faire ses preuves ». Et ce n'est pas par hasard que Bertalanffy exposa sa forme généralisée cinq ans plus tard : c'est qu'il avait entre-temps, comme je vais le montrer dans les prochains chapitres de cette partie, accumulé ce qu'il jugeait être de telles preuves.

2-3-4 – *La réception de la biologie « organismique » de Bertalanffy*

Avant de considérer la manière dont il mit lui-même en œuvre son programme dans les années 1930, il est utile pour clore ce chapitre de relater la manière dont sa biologie « organismique » fut reçue dans le monde académique, indépendamment pour l'instant de cette mise en œuvre. En effet, cette réception permet de comprendre plusieurs aspects importants de la pensée de Bertalanffy, notamment l'évolution de sa relation avec les positivismes et la relative prudence avec laquelle il publia son projet « systémologique ». J'ai parfois choisi de considérer cette réception non seulement dans les années 1930, mais aussi beaucoup plus tard, jusqu'au début des années 1960 : la réception de son essai synthétique *Das biologische Weltbild*, publié en allemand en 1949 et en anglais en 1952, occasionna en effet des commentaires très similaires à ceux suscités par ses publications de la période 1926-1937, parfois d'ailleurs par les mêmes auteurs.

2-3-4-1 – *Des réceptions défavorables aux emprunts silencieux de la biologie « organismique » de Bertalanffy parmi les biologistes et philosophes de la biologie*

C'est Bertalanffy lui-même que l'on peut commencer par consulter pour étudier la manière dont fut reçue sa biologie « organismique » : il en a, dans ses écrits tardifs, laissé entrevoir certains aspects ; principalement les plus négatifs. Ce qu'il écrivit en 1968 suggère que ses travaux antérieurs à 1933 furent confrontés à un accueil peu favorable et, peut-être pire encore, à une relative indifférence de la plupart des biologistes :

L'époque ne se montrait guère favorable à une telle évolution. La biologie se réduisait au travail de laboratoire et [j'étais] tombé le bec dans l'eau en publiant *Theoretische Biologie*¹.

Vingt ans auparavant, il avait fourni quelques précisions sur les attaques dont il fut l'objet. Il fit d'abord allusion à celles de biologistes d'inspiration « vitaliste » lui ayant reproché le caractère « mécaniciste » (en fait, physicaliste) de la « légalité organismique » visée par son programme, au motif qu'elle serait connectée aux lois physico-chimiques et n'en serait pas différente du point de vue formel². Wenzl, qui fut sans doute le principal représentant allemand du point de vue néo-vitaliste en biologie dans les années 1930 et 1940, formula effectivement des critiques de ce type en 1937 et 1949. Balayant les critiques bertalanffiennes des vitalismes sans y répondre autrement qu'en réitérant les thèses que le Viennois avait justement cherché à réfuter, il reprocha à ce dernier son refus obstiné d'admettre un « quelque chose d'agissant dans la formation de la totalité organique », une « entéléchie ». Pour lui, Bertalanffy se distinguait essentiellement d'un néo-vitaliste en ce qu'il se limitait à « constater le fait d'une légalité spécifique par rapport à la physique et la nécessité d'introduire des énoncés et des lois holistiques », sans chercher le « facteur holicisant [*ganzheitsmachender Faktor*] », le « porteur de la force formative » à l'œuvre dans les organismes. Ce constat était la cible de son attaque : la biologie « organismique » de Bertalanffy se limiterait à « une pure description » qui « n'explique rien du problème de la vie », son ambition de sortir la biologie du stade « pré-copernicien » sans introduire de « force hypothétique » la laissant en fait « au stade képlerien de l'astronomie ». Un reproche auquel s'ajoutait celui d'une focalisation sur les problèmes d'équilibre qui, selon Wenzl, conduisait non à ouvrir une « troisième voie » par-delà le mécanicisme et le vitalisme (que le néo-vitaliste tenait pour impossible), mais purement et simplement à un

¹ Bertalanffy L. von (1968a), p. 12.

² Bertalanffy L. von (1949e), p. 159.

physicalisme déguisé¹. Le philosophe Carl Fries avait précédé Wenzl en ce sens en 1936, dans un essai entièrement consacré au commentaire de la *Theoretische Biologie* de Bertalanffy : ce correspondant de von Uexküll et fervent partisan de Driesch jugeait que « ce qui est au-delà du monde matériel n'a pas forcément à être exclu du domaine de la recherche scientifique » et considérait que « l'entéléchie peut parfaitement prétendre à une place dans la science » ; et s'il esquissa dans cet essai une nouvelle métaphysique fondée sur la biologie « organismique » de Bertalanffy, par ailleurs jugée très positivement, ce fut donc en critiquant lui aussi son rejet des vitalismes². Remarquons que l'inclination à accuser le Viennois de réductionnisme physicaliste vint aussi d'un tout autre bord, celui du matérialisme dialectique : le philosophe Russe W.G. Afanasjew qui, comme l'a montré Bendmann³, se distinguait surtout par la superficialité de ses lectures de Bertalanffy, jugea ainsi que « ses fréquentes excursions dans la physique et la chimie pour l'explication de la vie, sa tendance à trouver des principes absolus d'organisation qui valent tant dans le vivant que le non vivant, et en définitive sa réduction de la différence entre les deux à la seule quantité, au 'degré d'ordre' », finissaient par aboutir à un mécanisme incarné dans sa théorie de l'organisme comme système ouvert en équilibre de flux, où la différence entre organisme et « machine » était devenue inintelligible⁴.

Bertalanffy évoqua d'autres critiques en 1949, qui provenaient de ce qu'il voyait de manière par trop manichéenne comme le « camp » opposé : celles lui reprochant le « relent de vitalisme » qui s'exprimerait dans son « inquiétante insistance sur des formes et lois d'ordre qui transcendent la physique et la chimie »⁵. Un cas caricatural, mais qui montre bien dans quelles dispositions négatives se trouvaient certains biologistes, est celui de l'Est-allemand Rudolf Rochhausen qui, sur la base d'un contre-sens dans sa lecture d'un texte de Bertalanffy (ce qu'a montré Bendmann), prétendit en 1959 encore que le Viennois aurait introduit en biologie « le règne de facteurs irrationnels »⁶. Toujours dans le contexte du matérialisme dialectique, Afanasjew, là encore à juste titre très critiqué à son tour par Bendmann pour son aveuglement, reprocha quant à lui à Bertalanffy de « faire de l'ordre un absolu élevé au rang d'essence du vivant sans pour autant montrer ce qui est à vrai dire ordonné », de substituer de la sorte au substrat matériel de la vie ainsi négligé des « structures logiques dépourvues de contenu » : il attaquait ainsi son soit-disant « positivisme machien » faisant « disparaître la matière » au profit de constructions purement formelles. Si Afanasjew ne taxa pas explicitement Bertalanffy de vitaliste, il n'en considérait pas moins que sa biologie « organismique » finissait de la sorte par rendre la vie mystérieuse, seulement accessible à un « savoir intuitif » et non à une connaissance scientifique⁷. Bertalanffy fut très tôt confronté à ce genre de critiques, comme en témoigne ce commentaire rétrospectif de 1967 :

Je me souviens des difficultés formidables que je rencontrai en me faisant l'avocat du point de vue organismique en biologie. C'était une spéculation métaphysique extravagante, une philosophie creuse et n'importe quelle mauvaise réputation que des traditionalistes, avec leur vocabulaire par bonheur limité, étaient capables d'imaginer⁸.

Mais il faisait manifestement là surtout allusion aux critiques plus spécifiques qui lui furent adressées dans les années 1930 quant à sa prétention à fournir une version « positive » de la téléologie, scientifiquement acceptable. Le premier à l'attaquer à ce sujet, en 1930, fut le zoologiste J. Groß, qui le décrivit comme un « philosophe de la nature » [*Naturphilosoph*] exagérant grandement la soit-disant « crise de la biologie ». Il reprocha à Bertalanffy d'accorder une signification démesurée pour la biologie aux débats en cours en physique sur le principe de causalité, de n'écouter que les discours révolutionnaires de l'école de Copenhague en privilégiant la « modernité » au lieu de la « vérité », alors que des physiciens comme Planck avaient souligné que « la biologie ne commence comme science à proprement parler que dans la mesure où la loi causale y est introduite »⁹, rien ne prouvant

¹ Wenzl A. (1937), pp. 9-19 et (1949), pp. 208-209.

² Fries C. (1936), en particulier pp. 23-24, pp. 30-32 et p. 76.

³ Bendmann A. (1963).

⁴ Afanasjew W.G. (1962), p. 1046.

⁵ Bertalanffy L. von (1949e), p. 159.

⁶ Bendmann A. (1963), p. 221.

⁷ Afanasjew W.G. (1962), pp. 1036-1038 et pp. 1045-1046.

⁸ Bertalanffy L. von (1967a), p. 113.

⁹ Planck M. (1929), in Groß J. (1930), p. 325.

que l'éventuel indéterminisme des événements microphysiques ait une importance à l'échelle biologique. Pour Groß, qui réitérait les critiques traditionnelles (comment un futur non-existant peut-il dépendre d'un présent existant ?) en négligeant le caractère purement formel des considérations de Bertalanffy à ce sujet, purifier la téléologie de tout anthropomorphisme resterait en tous cas à jamais un « vœu pieux », et le Viennois n'y était certainement pas parvenu¹. Quelques années plus tard, en 1937, ce fut au tour de M. Hartmann, très critique à l'encontre de toutes les tentatives de remettre en cause la légitimité du principe de causalité (efficiente) en biologie, de l'exécuter sommairement sur ce même point. Il rangea Bertalanffy aux côtés de Meyer-Abich et d'Alverdes comme un représentant majeur d'une biologie holistique [*ganzheitlich*] ne constituant jamais qu'une forme sophistiquée de vitalisme, fondée sur une perversion de la conception kantienne, « analytico-synthétique », du concept de « totalité ». Et il dénonça le « danger » que représenterait pour le développement des sciences de la vie la « théorisation superficielle » engendrée par la domination chez ces biologistes d'une « téléologie feignante » et d'un concept de « totalité » réduit à servir de « bouche-trou » pour des pseudo-explications de « phénomènes insuffisamment ou mal analysés »².

Un autre type d'attaque de la biologie « organismique » de Bertalanffy doit encore être évoqué ici. Je ne dispose à cet égard que de deux exemples postérieurs à 1945. Mais il est probable que le type d'attaque en question exista au moins de manière informelle (c'est-à-dire pas sous une forme publiée) dès les années 1930. Notamment parce que la correspondance entre Bertalanffy et Gessner relate une longue inimitié entre Bertalanffy et Bünning datant de cette époque. Or, Bünning en fut justement le principal auteur, dans une revue de *Das biologische Weltbild* publiée juste après la sortie de cet essai, en 1949. Cette attaque était des plus déplaisantes pour Bertalanffy car elle touchait à l'originalité de ses conceptions, un aspect auquel il était particulièrement attaché. Quelle qu'en soit la pertinence – en partie contestée plus loin, elle avait le mérite de pointer l'affiliation de Bertalanffy au « téléomécanicisme » allemand de la première moitié du XIX^e siècle, ou tout au moins à des idées que cette tradition avait un moment imposées dans la philosophie biologique. Bünning y récusait les prétentions du Viennois à avoir formulé avec sa biologie « organismique » une perspective nouvelle en biologie, et lui reprochait le caractère selon lui trop schématique et manichéen de l'opposition entre vitalismes et mécanismes qu'il avait construite afin de mieux prétendre la dépasser. Son seul mérite serait d'avoir remis en lumière des conceptions anciennes dont la pertinence avait fini par être perdue de vue. Sa critique ne portait donc pas sur le contenu de la biologie « organismique », favorablement jugé, mais sur les prétentions novatrices immodestes dont elle était investie par son auteur :

Est-il historiquement vrai que la biologie ait été jusqu'à il y a peu de décennies prisonnière d'une erreur fondamentale et que Bertalanffy, « ait le premier, à partir de 1926, formulé de manière conséquente la nouvelle attitude avec sa conception organismique » ? Les opposants au vitalisme ont-ils vraiment en général commis l'erreur de considérer la perspective analytico-sommative comme l'alternative incontournable au rejet de lutins vitaux particuliers ? Lisons donc ce qu'écrivit un fondateur de la critiquée « théorie cellulaire classique », Schleiden [...] : « Dès que les cellules se rassemblent dans un tissu se manifestent aussi des modifications déterminées dans leur processus vital et il faut particulièrement les prendre en compte ». Dans l'introduction de son livre [*Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik*], Schleiden ne cesse de parler d'interaction. Sa vision n'est certainement pas « analytico-sommative » [...] Elle n'est pas non plus « statique et machiniste », la vie étant au contraire pour lui « un système de forces mouvantes [*bewegend*] s'entretenant lui-même », forces qui sont dirigées vers « la conservation et la destruction » et dans « le jeu desquelles se dévoile la richesse de la vie ». Ce n'est pas par hasard si ce cofondateur de la théorie cellulaire moderne a prôné la « conception organismique », car il a formulé son programme après une étude approfondie de la philosophie de son maître J.F. Fries ; ce dernier – un opposant aussi radical au vitalisme – savait déjà que « [...] le processus organique-chimique ne saurait être pensé en tant que processus physique propre, de manière détachée de l'unité de la vie globale de l'organisme » et que « par la simple composition des parties, personne ne peut ici conceptualiser le tout ». Bertalanffy aurait pu l'écrire. Et pourtant, cela se trouve dans la *Mathematische Naturphilosophie* de Fries, publiée en 1822 [...] Insister de nouveau sur l'« organismique » est indubitablement utile ; mais le

¹ Groß J. (1930), pp. 324-326.

² Hartmann M. (1937), pp. 36-37. Voir aussi la lettre de Gessner G. à Bertalanffy L. von (10/06/1950), où Gessner relate à Bertalanffy une discussion qu'il venait d'avoir avec Hartmann et Bünning à Tübingen et où tous deux lui réitérèrent ces positions. Les fortes et durables inimitiés personnelles entre Bertalanffy d'une part, et Hartmann, Bünning et von Frisch d'autre part, sont évoquées dans une lettre de Bertalanffy adressée à Adolf Butenandt datée du 19/01/1960 (*Archives du B.C.S.S.S.*).

décrire comme quelque chose de nouvellement découvert est une injustice vis-à-vis de ceux qui, il y a cent ans, avaient tant à dire de nouveau et d'important pour la recherche ultérieure qu'ils omettaient de donner leur propre nom à leurs théories¹.

Cette critique, que l'on retrouve plus allusivement chez l'écologue Frank E. Egler quatre ans plus tard dans une revue de la version anglaise du même essai², était pour l'essentiel injustifiée. D'abord parce que Bertalanffy, s'il ne révéla pas toute la diversité de ses sources, en indiqua toujours assez pour ne pas laisser accroire à l'originalité de chacune de ses idées prises séparément ; et l'on pouvait bien, à la manière de Bünning, repérer des prédecesseurs à chacune d'entre elles – comme je l'ai fait tout au long de ma première partie, cela n'impliquait pas *a priori* qu'elles soient dans leur ensemble dépourvues d'originalité, du fait des connexions que le Viennois avait établi entre elles. Et c'est justement de ce point de vue que Bertalanffy comprenait son originalité, à savoir essentiellement le fait d'avoir organisé l'ensemble de ces idées d'une manière et dans un but inédits. Son ami Gessner, dans une lettre où il l'informait de la revue publiée par Bünning, remarqua très justement :

Que des prises de positions organismiques t'aient précédé ici où là, c'est à vrai dire naturel ; mais il y a une grande différence entre écrire quelques phrases à ce sujet dans la préface d'un traité et faire de cette conception un système, mieux, l'élever au rang de programme de recherche³.

Dans cette lettre importante, Gessner encouragea Bertalanffy à répondre à ce type d'attaque. D'une part parce que lui-même s'était vu refuser la publication d'une revue favorable de *Das biologische Weltbild*, probablement en raison de l'influence de M. Hartmann dans le comité de rédaction du journal concerné (*Zeitschrift für Naturforschung*), les « bonzes des anciens instituts Kaiser Wilhelm » tels que ce dernier, qualifiés d'« ennemis » de Bertalanffy, tendant selon Gessner à « imposer l'insécurité aux biologistes qui ne se trouv[ai]ent pas sur les mêmes lignes orthodoxes ». D'autre part et surtout, parce que se faisait jour une tendance, dont Bünning était justement un exemple dans son essai sur les « questions fondamentales de la physiologie » publié la même année⁴, à s'approprier les thèmes de Bertalanffy sans le citer – la même chose pouvant être dite de M. Hartmann⁵ dès 1937 :

D'abord on prétend pendant des décennies que ta conception serait erronée, et lorsqu'on doit enfin y consentir, on la reconnaît comme pertinente puis, comme Bünning qui l'incorpore dans son système lui-même, on déclare que cette conception est très ancienne⁶.

Ici se trouve l'origine de plusieurs réflexions ultérieures de Bertalanffy, suscitées par le fait qu'un nombre croissant de biologistes corroborèrent ce jugement au fil des ans, tout au moins jusqu'au début des années 1970. Il cita Theodosius Dobzhansky⁷, René Dubos et Barry Commoner mais, connaissant leurs travaux, aurait pu ajouter Elsasser et Waddington :

La conception organismique traversa les étapes que William James a admirablement décrites comme caractéristiques du développement d'une idée scientifique. Dans un premier temps, on déclare qu'elle est un non-sens complet et qu'elle n'est pas scientifique ; dans un second temps, qu'elle est peut-être correcte, mais non pertinente ; mais dans un troisième temps, elle est si importante que ses anciens opposants déclarent l'avoir inventée eux-mêmes⁸.

¹ Bünning E. (1949a), p. 288. Sur l'introduction évoquée de Schleiden, son attachement à Kant et ses relations avec Fries, voir Cassirer E. (1940, 1950, 1995), pp. 195-199.

² Egler F.E. (1953), p. 444.

³ Lettre de Gessner F. à Bertalanffy L. von (16/11/1949), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁴ Bünning E. (1949b). On peut notamment citer son idée que les ordres organiques représentent en grande partie des déséquilibres physico-chimiques dont la création et l'entretien n'est rendue possible que par les processus métaboliques (p. 40). Et p. 42 : « le mystère du vivant ne tient pas à des forces supra-physiques, mais à l'ordre particulier des parties, à l'organisation ».

⁵ Hartmann M. (1937), surtout p. 36 où Hartmann expliquait que « la biologie n'est pas de la physico-chimie appliquée, mais une science autonome qui a ses propres lois », et caractérisait celles-ci comme des « lois de complication spécifique ». Qu'il se soit explicitement inspiré de l'essai de philosophie biologique de N. Hartmann publié en 1912 et ait donc cette importante référence en commun avec Bertalanffy n'enlève rien au fait qu'il connaissait pertinemment les conceptions de ce dernier et que, tout en en critiquant certains aspects dans ce même essai, il se garda bien d'admettre l'ampleur de ses convergences avec le Viennois, pourtant à maints égards remarquables.

⁶ Lettre de Gessner F. à Bertalanffy L. von (16/11/1949), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁷ Le reproche d'avoir prôné une approche « organismique » comme s'il s'agissait d'une conception propre fut aussi adressé à Dobzhansky par un biologiste qui se reconnaissait comme un disciple de Bertalanffy : Ross D.M. (1973), p. 53.

⁸ Bertalanffy L. von (1957g), 266. Voir aussi (1967a), p. 123 et (1968a), p. 11.

Bertalanffy accueillit cette situation avec des sentiments ambivalents ; une ambivalence directement liée à sa quête pour ainsi dire maladroite de reconnaissance, dont j'ai montré les multiples manifestations dans la biographie que je lui ai consacré¹. S'il eut quelque satisfaction à voir ses idées progresser, il conçut surtout du ressentiment face à ce qu'il estimait dans une certaine mesure légitimement être un pillage ingrat :

Il est gratifiant pour un scientifique lorsque des idées qu'il a avancées deviennent anonymes, ce qui indique qu'elles sont devenues partie de la pensée contemporaine. C'est irritant lorsque ces idées sont introduites comme si elles étaient nouvelles, leur origine étant opportunément « oubliée »².

On peut néanmoins relativiser la portée du « pillage » allégué à la lumière du témoignage d'un disciple canadien de Bertalanffy qui, tout en confirmant son existence, montre aussi que l'esprit dans lequel le Viennois avait conçu sa biologie « organismique » resta loin de s'imposer. Car s'il est vrai que la « conception organismique » fut largement reprise, il n'est pas exagéré de dire qu'elle resta presque toujours « ornementale » ; cette reprise ne s'accompagna en effet que rarement de celle de son « programme organismique » :

La conception organismique s'est imperceptiblement imposée sans juste reconnaissance à l'égard de ses fondateurs. Elle en vint à être adoptée moins comme un guide de la recherche que comme un principe permettant de se rassurer lorsque les résultats ne se conformaient pas aux préjugés mécanicistes³.

Toujours est-il que ces évolutions suggèrent que le jugement de Bertalanffy initialement cité sur la réception particulièrement défavorable de sa biologie « organismique » tenait au moins autant à la posture du précurseur (voir du génie) incompris qu'il affectait de prendre qu'à une réalité. Il faut certes prendre acte de tendances négatives et d'une certaine indifférence dans sa réception au cours des années 1930 ; des tendances qui, tout au moins en ce qui concerne les biologistes, tenaient certainement au caractère purement formel de ses principes et « hypothèses de travail », un caractère qui était et est largement resté étranger à la pensée de la plupart de ses collègues⁴. Tout cela ne doit toutefois pas masquer les accueils favorables et parfois même particulièrement enthousiastes dont sa biologie « organismique » fut l'objet, accueil qui seront discutés aux 2-3-4-3 et 2-3-4-4.

2-3-4-2 – *Les critiques négatives de la biologie « organismique » de Bertalanffy issues des rangs néo-positivistes*

Il me faut poursuivre au préalable l'examen de ses réceptions défavorables en considérant le cas particulièrement important des critiques formulées au sein du Cercle de Vienne, que ce soit dans sa période autrichienne ou lorsque ses membres eurent émigré aux États-Unis : elle permettent très largement de rendre compte de l'inimitié que Bertalanffy développa tout au long des années 1930 à l'encontre des néo-positivistes. Il s'agit de critiques très détaillées, qui furent en fin de compte parmi les plus sévères à avoir été formulées. Même si elles n'étaient que très partiellement fondées dans la mesure où les arguments avancés pour l'attaquer avaient en fait déjà été pris en compte par Bertalanffy en 1932 (mais certes pas encore clairement en 1927 ni en 1928) et qu'ils occultaient la plupart des dimensions essentielles de sa réflexion ayant trait à la philosophie de la connaissance, elles le touchèrent certainement d'autant plus que leur principal auteur n'était autre que Franck, qui avait pourtant largement inspiré la conception de la théorisation de Bertalanffy.

En 1932 puis en 1935, Franck attaqua en effet lui aussi les efforts de ce dernier pour faire de la téléologie une « forme de pensée scientifiquement légitime »⁵. Le néo-positiviste récusait d'abord sa manière de conclure à une crise de la causalité de la nécessité pour la mécanique quantique de ne travailler qu'avec des lois statistiques : il soulignait que dans la mesure où la causalité se comprend au sens de Mach comme une dépendance fonctionnelle et non comme une action, les lois statistiques

¹ Pouvreau D. (2009b).

² Bertalanffy L. von (1967a), p. 126.

³ Ross D.M. (1973), p. 57.

⁴ Cet aspect a été souligné à propos des difficultés analogues éprouvées par Elsasser pour faire accepter ses travaux chez les biologistes. Voir Elsasser W.M. (1987), p. xiii.

⁵ Voir Hofer V. (1996), pp. 279-297, où ces critiques sont relatées dans le détail.

restent causales, la seule conséquence étant le rôle plus grand donné au hasard par rapport à la mécanique classique. La nouvelle physique était « mathématique et non mécaniciste ». Elle était causale tout en ayant rompu avec la conception non relationaliste de l'entité matérielle donnée en tant que telle dans un espace absolu ; et elle avait déjà incorporé l'idée soit-disant holistique qu'un élément d'un système ne se comprend qu'en relation avec l'ensemble du système. Aucun argument ne pouvait donc selon Franck en être tiré en faveur d'une réhabilitation de la téléologie ou de l'action de facteurs immatériels, et encore moins pour l'affirmation d'une autonomie des lois des systèmes biologiques par rapport à la physique. Mais son argument principal était, conformément à l'idée que « le sens d'un énoncé est la méthode de sa vérification » empirique, que la biologie « organismique » ne fournissait aucune proposition opérationnelle. Il remarquait par exemple – mais Bertalanffy n'affirma jamais le contraire – qu'il est épistémologiquement nécessaire d'introduire artificiellement et intentionnellement une certaine fermeture (conditions aux frontières) pour analyser de manière féconde un système ouvert. Il jugeait que la biologie « organismique » n'avait au mieux qu'une valeur d'orientation superficielle dans la recherche, celle d'une interprétation philosophique procédant par analogie, qui restait bien incapable de fournir des théories scientifiques spécifiques dignes de ce nom. Comme tous les néo-vitalismes, elle ne dirait en fait « absolument rien sur la réalité », ses énoncés n'étant du point de vue scientifique ni vrais ni faux, mais tout simplement « sans contenu ». Elle ne serait pas plus scientifique que tous les vitalismes l'ayant précédée, ces derniers étant même préférables dans la mesure où ils ne prétendaient pas à une telle scientificité. Franck reconnaissait certes que Bertalanffy avait cherché à purifier la téléologie du concept d'action et de toute intentionnalité, mais considérait que son interprétation holistique de la finalité, au lieu de la délivrer de la métaphysique, la rendait triviale, tautologique et dépourvue de sens :

Par sa purification positiviste du concept de finalité, Bertalanffy perd d'une manière générale tout ce qui faisait son attrait pour beaucoup de scientifiques et de philosophes¹.

Le problème était surtout à ses yeux qu'aucune caractéristique des processus organiques ne pouvait en être concrètement déduite ; en d'autres termes, qu'elle était stérile. Franck, exploitant les approximations lexicales, les ambiguïtés et le relatif manque de systématisme de Bertalanffy, chercha de plus à montrer que c'était en fait non une « finalité purifiée », une « téléologie positive », mais bien la « finalité anthropomorphe usuelle » qui s'imposait immanquablement dans son approche des questions biologiques. Et c'était selon lui inévitable, car en interprétant les événements organiques à l'aune de la « conservation et de la régénération de la totalité », Bertalanffy aurait hypostasié l'ordre, le « système », contredisant finalement l'identification de la causalité à une pure dépendance fonctionnelle sous laquelle il prétendait s'abriter pour justifier le caractère non vitaliste (métaphysique) de ses conceptions.

Ces critiques de Franck n'étaient pas le fait d'un membre isolé du Cercle de Vienne, mais bien une tendance de fond traduisant la farouche opposition de ses membres aux mystiques de la « totalité » et autres « philosophies de la vie », qui allait de pair avec des positions idéologiques aux antipodes de celles que ces dernières contribuaient en général à légitimer. Un essai publié par Mainx en 1955, apparemment tenu pour la position commune du Cercle de Vienne en exil sur les questions biologiques, confirme l'existence de cette tendance de fond². Mainx y répéta en effet l'argument de Franck concernant le « vide de sens » des énoncés « organismiques », qui serait lié à leur indétermination, à une équivocité dérivant de leur découplage total de la recherche empirique, et qui se manifesterait par leur capacité à interpréter chaque résultat empirique sans que soit pour autant indiquée la moindre « expérience cruciale » permettant de les justifier vis-à-vis d'autres énoncés. Leur caractère tautologique, qu'ils partageaient selon Mainx avec toutes les propositions énoncées dans des cadres mécanicistes ou vitalistes, tiendrait à ce que les prétendues définitions générales de Bertalanffy seraient ainsi construites que ce qu'il s'agit d'expliquer y est déjà inclus comme condition préalable. Par ailleurs, indépendamment de ses conceptions « organismiques », l'ambition même de Bertalanffy consistant à construire une biologie théorique était tenue par Mainx pour « injustifiée ». Il rejetait en effet le parallèle avec la physique théorique au motif quelque peu dogmatique (que je critiquerai au prochain chapitre) que les mathématiques auraient en biologie une autre signification qu'en physique

¹ Franck P. (1932), in *op. cit.*, p. 296.

² Voir encore Hofer V. (1996), pp. 300-310, où les arguments de Mainx sont relatés dans le détail. Voir aussi Ungerer E. (1966), p.p. 52-53.

(i.e. un rôle non « constitutif »), les théories biologiques dérivant d'une étroite relation avec la recherche empirique sans que l'on y dispose d'un appareil mathématique sophistiqué. La biologie théorique au sens où l'entendait selon lui Bertalanffy, c'est-à-dire comme une « science indépendante » déconnectée de la recherche empirique (conception qui n'était pas celle du Viennois !), ne pourrait que signifier « un déclin intellectuel ou même un encouragement des tendances spéculatives » constituant un obstacle au progrès scientifique.

L'existence de telles critiques explique largement pourquoi Bertalanffy en vint dès 1933 à prendre toujours plus ses distances avec le Cercle de Vienne, jusqu'à rompre toute relation en 1937, manifestement en conséquence des violentes critiques néo-positivistes qu'il essuya à Chicago lors de la présentation de son projet « systémologique » général. Les réticences néo-positivistes vis-à-vis de sa biologie « organismique » se confirment d'ailleurs après-guerre avec les commentaires qu'en fit Nagel, d'autant plus que celui-ci faisait avec Hempel figure d'exception par sa relative et durable ouverture vis-à-vis des travaux de Bertalanffy. Comme celles de Franck et de Mainx, les critiques de Nagel laissent en effet transparaître le refus d'admettre que les conceptualisations de type holistique telles que celles proposées par Bertalanffy puissent avoir un caractère opérationnel, « constitutif », et un quelconque potentiel nomothétique. Tout au plus pouvait-on selon lui leur accorder le mérite d'être des constructions heuristiques provisoires. Nagel, dont la plupart des critiques à l'encontre de Bertalanffy ne lui étaient en fait pas opposables parce qu'elles reposaient sur une confusion entre « mécanicisme » et physicalisme le conduisant à une compréhension superficielle et en fin de compte erronée du Viennois¹, fut assez clair en ce sens :

Aucun des arguments avancés par les biologistes organismiques n'établit l'impossibilité inhérente d'explications physico-chimiques des processus vitaux. Néanmoins, l'insistance des biologistes organismiques sur les faits de l'organisation hiérarchique des êtres vivants et sur la dépendance mutuelle de leurs parties n'est pas sans valeur. Car bien que la biologie organismique n'ait pas démontré ce qu'elle se propose de prouver [i.e. selon lui « l'autonomie absolue » de la biologie, son « irréductibilité » aux sciences physico-chimiques], elle a réussi à montrer le point heuristiquement précieux que l'explication des processus biologiques en termes physico-chimiques n'est pas une condition nécessaire pour une étude féconde de tels processus [...] Une stratégie large de recherche peut en fait requérir qu'une discipline donnée soit cultivée comme une branche autonome de la science, au moins pendant une certaine période de son développement [...] La protestation de la biologie organismique contre le dogmatisme fréquemment associé aux approches mécanicistes en biologie est salutaire. Mais d'un autre côté, les biologistes organismiques écrivent parfois comme si toute analyse des processus vitaux visant le comportement de parties distinctes des organismes impliquait une distorsion radicale de notre compréhension de tels processus [...] Il y a là] une tendance qui semble beaucoup plus dangereuse encore que le dogmatisme des mécanicistes intransigeants. Car *il est hors de doute que les progrès en biologie comme dans d'autres branches de la science n'adviennent que par l'analyse, l'usage de la méthode dite « abstractive » qui procède par l'étude d'aspects divers du comportement organique en isolement relatif d'autres aspects*. Les biologistes organismiques procèdent eux aussi de cette manière en dépit de tout ce qu'ils affirment, car ils n'ont pas d'alternative efficace².

2-3-4-3 – Les réceptions favorables de la biologie « organismique » de Bertalanffy dans le monde germanophone

En dépit des critiques évoquées dans les deux précédentes sous-sections, Bertalanffy ne prêcha pas dans le désert. Il bénéficia au contraire très vite de soutiens majeurs, tant du point de vue de la publicité faite à ses idées que du point de vue de sa promotion au sein de l'université. Ce fait peut être illustré avant même la publication de sa *Theoretische Biologie* en 1932. Dans le cadre de l'université de Vienne, les soutiens de Versluys et von Wettstein, tous deux très réputés dans leurs domaines respectifs de la morphologie et de la botanique, furent précoces. C'est notamment le second qui permit à Bertalanffy d'obtenir entre 1930 et 1932 une bourse de recherche³. Du côté des philosophes, il est au moins certain qu'il jouissait aussi des soutiens de Schlick et Reininger (le second ayant d'ailleurs

¹ Nagel E. (1961), p. 430 pour sa définition d'un « mécaniciste en biologie » comme « un chercheur qui croit comme Loeb que tous les processus biologiques peuvent être expliqués en termes physico-chimiques », une définition inadéquate pour critiquer Bertalanffy.

² Nagel E. (1960, 1968), pp. 140-141 et (1961), pp. 444-446. Les italiques me sont propres.

³ Bertalanffy M. von (1973), pp. 37-38 et Bertalanffy L. von (1932b), p. IX.

manifestement incorporé les analyses de son élève dans ses cours¹). Schlick et Versluys furent un moment, aux côtés du psychologue Karl Bühler et du paléontologue Abel, des habitués de rencontres organisées au domicile de Reininger². Il n'y a aucun hasard dans le fait que Bertalanffy les ait tous cités dans ses travaux. Ni dans le fait que Schlick, Reininger et Versluys firent partie de la commission qui, en 1933, l'habilita en « biologie théorique » (sa *Theoretische Biologie* faisant office de thèse), le caractère alors inédit de ce type d'habilitation en Autriche allant de pair avec la conviction que l'approche proposée par Bertalanffy était devenue nécessaire³.

En Allemagne, l'existence de soutiens précoces à Bertalanffy parmi les biologistes se marque déjà par le fait que Schaxel ait choisi de publier sa « théorie critique de la morphogenèse » en 1928, à la suite de ses articles publiés au cours des deux années précédentes. Il en va dans une certaine mesure de même pour Goldschmidt : le très réputé théoricien de l'hérédité publia deux des premiers articles de Bertalanffy dans le *Biologisches Zentralblatt* qu'il dirigeait. Mais c'est surtout avec sa *Theoretische Biologie* que le Viennois se fit connaître, ne tardant pas à recevoir de multiples soutiens parmi les nombreux avocats d'une rupture avec le paradigme « mécaniciste ». Parmi eux, Bethe, le doyen de la neurophysiologie allemande, lui rendit hommage en 1933 dans une revue de son essai :

Nous avons affaire à un auteur qui, malgré son jeune âge eu égard à une tâche aussi gigantesque, manifeste une connaissance et une profondeur de compréhension étonnantes des problèmes⁴.

Ungerer fit naturellement partie des plus fermes et durables soutiens de Bertalanffy dans le monde germanophone. En 1942 surtout et en 1973 encore, Ungerer résuma en ces termes l'originalité de son collègue et son apport spécifique du point de vue de la philosophie biologique – la première citation étant issue de l'introduction historique au *Handbuch der Biologie*, œuvre collective dont la direction avait été confiée au Viennois :

Bertalanffy souligne l'indécidabilité provisoire de la question mécanicisme-vitalisme et met l'accent sur la détermination de lois propres au domaine biologique [...] Avec ses « principes organismiques » sont fournies non pas encore une « explication », mais une caractérisation plus précise du problème biologique effectif, ainsi qu'une démonstration des limites atteintes par la conception unicausale-mécaniciste et une voie ouverte pour une progression vers une explication proprement dite au moyen de lois holistiques hypothétiques [...] La différence entre la conception organismique et la théorie de la stratification (et la conception fondamentale du holisme) tient surtout au fait d'éviter de fonder (métaphysiquement) la science expérimentale sur une forme déterminée d'interprétation de la réalité et de se limiter consciemment à ce que l'on peut connaître empiriquement. La doctrine des niveaux de l'Être s'en rapprocherait considérablement par une limitation « ontologique » des différentes strates ou niveaux de l'Être à une simple caractérisation provisoire des différentes « domaines de l'Être » – dont le nombre et l'extension doivent encore être soumis à l'étude – et en maintenant ouvert le problème de l'explication⁵.

L'importance de Ludwig von Bertalanffy pour la science contemporaine est particulièrement due à deux aspects de son œuvre. Il fut d'abord libre d'un dogmatisme étroit et en conséquence très sensible aux potentialités et aux erreurs se trouvant des deux côtés de chaque argument. Et deuxièmement, il fut constamment mû par une approche empirique de l'unité ultime et de l'ordre dans la réalité [...] Dès le départ, von Bertalanffy combina l'exigence d'une explication empiriquement significative, qu'il reliait à l'approche mécaniciste, et l'exigence vitalistiquement acceptable que justice soit rendue au type spécifique d'ordre que l'on trouve dans la vie organique⁶.

Bertalanffy bénéficia très vite aussi d'un soutien appuyé d'Alverdes, qui s'aligna sur sa perspective et son programme théorique « organismiques » et publia d'ailleurs un article en ce sens en 1936 dans la revue national-socialiste *Der Biologe*, qui fut très précieux pour le Viennois non seulement quant à la conformité idéologique de ses travaux, mais aussi du point de vue de la légitimation de leur pertinence

¹ Reininger R. (1978), pp. 225-229 en particulier.

² Nawratil K. (1969), p. 65.

³ Hofer V. (1996), p. 14.

⁴ Bethe A. (1933), in Bertalanffy M. von (1973), p. 37.

⁵ Ungerer E. (1942), pp. 83-84.

⁶ Ungerer E. (1973), pp. 101-102.

scientifique – second aspect dont j’ai souligné au 1-5-3-6 l’importance croissante par rapport au premier, justement à partir de cette période¹.

Que l’écho de la biologie « organismique » de Bertalanffy ait été limité parmi les biologistes germanophones et n’ait été favorablement significatif que dans certains cercles assez restreints (ceux des tenants d’une biologie holistique et des avocats d’une biologie théorique) ne l’empêcha de surcroît pas de s’assurer en général une solide réputation de compétence, qui se confirma sans doute avec ses travaux ultérieurs en biologie expérimentale concernant la croissance organique et le métabolisme. En fait, même ses détracteurs semblent lui avoir en général au moins reconnu une bonne maîtrise et une vision synthétique, digne de considération, des problèmes de la biologie. Ainsi Bünning put-il assortir ses critiques de *Das biologische Weltbild* d’un commentaire qui rejoignait celui de Bethe :

Il n’y a aucun doute : avec ses formulations [« organismiques »], Bertalanffy a bien restitué les vues de beaucoup de biologistes et son livre contient des précisions utiles sur les résultats de la biologie moderne ainsi que des discussions qui démontrent la pertinence de ses formulations [...] Il est dommage qu’il ait grevé d’une erreur historique son livre stimulant, qui laisse transparaître une bonne maîtrise des problèmes contemporains de la biologie et un bon pouvoir de jugement².

Il est clair en particulier que si Bertalanffy n’avait pas au moins joui de cette réputation, personne n’aurait songé à lui confier la responsabilité d’assumer pendant la guerre la coordination de dizaines de biologistes autrichiens et allemands en vue de l’édition de la vaste encyclopédie *Handbuch der Biologie* : une telle responsabilité à l’âge de quarante ans suppose un réseau de relations et une réputation qu’il n’aurait pas pu avoir s’il était réellement « tombé le bec dans l’eau » en 1932 avec sa *Theoretische Biologie*. Un autre témoignage sur sa réputation scientifique, formulé en 1943, est intéressant à cet égard, d’autant plus qu’il est le fait non d’un biologiste, mais d’un psychologue autrichien, à savoir Thumb :

Le Viennois L. von Bertalanffy est l’un de nos biologistes éminents et internationalement reconnus³.

Par sa nature même, l’entreprise de Bertalanffy attira en Allemagne au moins autant l’attention des philosophes que celle des biologistes. Il y eut certes des réserves, voire des réticences, chez la plupart de ceux qui étaient portés vers le néo-positivisme. Mais il semble que bon nombre de philosophes soutinrent les vues de Bertalanffy et contribuèrent à leur promotion, le plus remarquable étant que ce fût en dépit d’orientations parfois très différentes. Theodor Ballauff, qui publia en 1940 une étude comparée très pertinente de la métaphysique de la stratification de N. Hartmann et de la biologie « organismique » de Bertalanffy en montrant leurs profondes convergences, confia au Viennois que sa conviction que son œuvre pavait la voie d’une compréhension renouvelée et plus profonde des « mystères de la vie » l’avait amené à se servir de ses essais comme base de ses cours en philosophie de la biologie⁴.

Sa proximité avec le Cercle de Vienne n’empêcha pas la « Société de philosophie empirique » de Berlin, dirigée par Reichenbach, de manifester quant à elle beaucoup d’ouverture à l’égard des travaux de Bertalanffy (une tendance déjà remarquée à propos de la « théorie de l’amplification » de Jordan). Ce fut d’ailleurs par l’intermédiaire de cette société que le Viennois se fit connaître des psychiatres Goldstein et Herzberg, et de théoriciens de la *Gestalt* tels que Köhler et Lewin – celui-ci animant même à la fin des années 1920 et dans ce cadre un séminaire sur sa « théorie critique de la morphogenèse »⁵ : tous fréquentaient cette société où Bertalanffy lui-même eut au moins une occasion attestée, en octobre 1929, d’exposer ses vues en personne⁶ – sa correspondance avec Woodger⁷ suggérant en fait plusieurs voyages à Berlin en 1929-1930. Il témoigna à la fin de sa vie de sa relation

¹ Alverdes F. (1936).

² Bünning E. (1949a), p. 288.

³ Thumb N. (1943), p. 140.

⁴ Lettre de Ballauff T. à Bertalanffy L. von (23/10/1949), *Archives du B.C.S.S.S.* ; voir aussi Ballauff T. (1940).

⁵ Hofer V. (2000), pp. 153-154.

⁶ Bertalanffy L. von (1930/1931), p. 361.

⁷ Lettres de Bertalanffy L. von à Woodger J.H. du 24/01/1930 au 15/12/1930, *Archives du B.C.S.S.S.*

privilegiée avec la « Société de philosophie empirique », l'opposant même explicitement à celle, plus conflictuelle, qu'il eut avec le Cercle de Vienne¹.

Par ailleurs, et c'est tout naturel, Bertalanffy put aussi jouir de solides soutiens parmi les philosophes néo-kantiens. La réception très favorable de sa biologie « organismique » par Cassirer, qui se rallia sans réserve à ses vues, est à cet égard emblématique. Il est très probable que ces soutiens furent au moins dans un premier temps induits et facilités par sa proximité avec Vaihinger et Reininger, qui fut peut-être à l'origine au moins indirecte des opportunités qui lui furent données, en 1929, de publier dans les *Kantstudien* et de tenir une conférence devant la section de la *Kantgesellschaft* de Karlsruhe².

Dans les rangs des philosophes de la connaissance, il faut encore noter le soutien apporté par Bavink, peut-être le plus appuyé. On ne saurait en effet trouver de commentaire plus élogieux que celui qu'il formula en 1933 dans sa revue de la *Theoretische Biologie* :

Ce livre est de loin le meilleur, le plus fondamental et le plus élaboré que j'aie jamais lu à propos des problèmes essentiels de la biologie³.

C'est dans le même article que Bavink (que Bertalanffy s'empressa bien sûr de citer à ce propos) plaida aussi pour la création de chaires de biologie théorique, en suggérant que le Viennois méritait au premier chef de s'en voir attribuer une :

Il est temps que de telles chaires [de biologie théorique] soient créées, car les chercheurs, qui travaillent presque tous actuellement dans le domaine expérimental, n'ont tout simplement plus le temps de travailler à un tel matériel théorique approfondi [*umfassend*] pour lui-même. Ceci exige ce que j'appellerais, disons : de nouveaux spécialistes⁴.

Bertalanffy suscita par ailleurs et pour d'autres raisons un grand enthousiasme chez au moins un métaphysicien situé aux antipodes des philosophes critiques de la connaissance, à savoir Fries. Même s'ils sont les seuls dont j'ai connaissance, les commentaires très favorables de ce dernier, qui n'était certainement pas par hasard professeur à l'université de Berlin à l'époque du III^e Reich, montrent que le Viennois fut aussi tenu à l'époque pour l'un des prophètes majeurs de la « totalité » [*Ganzheit*] et que la parfaite résonance de sa pensée avec le *Zeitgeist* joua sans surprise beaucoup en sa faveur. Fries publia en 1935 un premier article le portant aux nues, qui rejoignait d'ailleurs les exigences formulées par Bavink :

Bertalanffy est surtout le pionnier d'une biologie théorique, dont il a traité dans beaucoup d'écrits et pour laquelle il réclame avec raison une chaire spécifique dans nos universités⁵.

Fries célébrait d'une manière générale dans cet article une « renaissance de la *Naturphilosophie* » reléguant dans le passé « l'époque d'une vision athée, mécaniciste et matérialiste du monde », qui prenait selon lui surtout sa source dans les philosophies d'Husserl, N. Hartmann et Scheler d'une part, et dans les biologies anti-mécanicistes de Driesch, Becher, Spemann, Gurwitsch et Uexküll. Il considérait que Bertalanffy était celui qui venait, avec sa *Theoretische Biologie*, de « faire la décision » en faveur de cette renaissance. Fries ne tarissait pas d'éloges à l'égard de sa « théorie organismique », et livra une toute autre version de sa réception que celle fournie par le Viennois :

Il s'agit d'une théorie à laquelle on ne peut que difficilement dénier une clarté convaincante, et qui a aussi été très favorablement reçue⁶.

Fries attribua alors à Bertalanffy le grand mérite d'avoir, avec son dépassement du conflit entre mécanicismes et vitalismes, clarifié les relations entre biologie et métaphysique ; d'avoir strictement séparées celles-ci dans leurs tâches respectives tout en leur permettant de ne pas s'exclure

¹ Bertalanffy L. von (1968a), p. 11 : « L'intérêt que je portais manifestement au mysticisme allemand, au relativisme historique de Spengler, à l'histoire de l'art et à d'autres sujets aussi peu orthodoxes excluait que je devins un bon positiviste. Je me sentais plus proche de la « société de philosophie empirique » des années 20, dans laquelle se trouvaient le philosophe-physicien Hans Reichenbach, le psychologue A. Herzberg et l'ingénieur Parseval ».

² Bertalanffy L. von (1929d) et (1930/1931), p. 361.

³ Bavink B. (1933), in Bertalanffy M. von (1973), p. 37.

⁴ Bavink B. (1933), in Bertalanffy L. von (1934b), p. 365.

⁵ Fries C. (1935).

⁶ *op. cit.*

mutuellement, en particulier d'avoir restauré les « pleins droits » de la seconde à « valoriser » le « matériel » fourni par la première. Fries consacra l'année suivante un essai au commentaire de ses idées et à l'esquisse d'une métaphysique fondée sur sa biologie « organismique », que Fries prétendait ainsi « compléter » après que le Viennois eût selon lui opéré les clarifications méthodologiques permettant non seulement au biologiste de travailler sur des « fondements sains », mais aussi au métaphysicien d'« œuvrer sereinement » :

Nous voulons écouter le langage de la nature et il nous faut à cette fin d'abord l'apprendre, ce pour quoi L. von Bertalanffy est notre meilleur maître à penser¹.

Fries interprétait légitimement le message bertalanffien comme l'idée que la vocation nomothétique de la science n'est pas exclusive de l'ambition de fournir une vision unifiée de la nature ; que le scientifique doit considérer son travail comme une « partie de la philosophie » et non se contenter de s'enfermer dans une spécialisation toujours plus poussée. Il ne se lassait pas de se réjouir d'une œuvre qui, au lieu de refuser à la manière néo-positiviste sa signification à la métaphysique, la faisait selon lui apparaître en fin de compte comme une « partie de la science » ayant pour mission de la « compléter de l'intérieur » afin d'« appréhender l'esprit de la nature, sa totalité », tout en combattant avec raison « la fantaisie creuse qui se pare des atours de la science et ne peut qu'être trompeuse et dommageable »². Pour Fries, qui n'avait pas attendu Prigogine et Stengers pour utiliser cette expression, Bertalanffy laissait envisager une « nouvelle alliance entre science et philosophie », dont ses références aux présocratiques étaient des symptômes caractéristiques³. Il le remerciait en définitive d'avoir rendu le précieux service non seulement de « montrer quels chemins mènent au progrès » de la connaissance biologique, mais encore d'avoir simultanément mené la pensée aux « frontières de la biologie et de la métaphysique » et « indiqué le lieu précis » où cette dernière peut s'édifier inductivement sur les bases « organismiques » qu'il avait posées⁴.

2-3-4-4 – *Les réceptions favorables de la biologie « organismique » de Bertalanffy hors du monde germanophone*

L'écho de la biologie « organismique » de Bertalanffy se fit vite entendre aussi dans le monde anglo-saxon. La première manifestation semble en être une référence de Woodger à sa « théorie critique de la morphogenèse » dans ses *Biological Principles*⁵. C'est le biologiste londonien qui fit connaître les travaux du Viennois dans le *British Theoretical Biology Club*, dont il fut le premier organisateur ; un cercle sur lequel je reviendrai au 2-4-6, dont Whitehead peut légitimement être tenu pour le « père spirituel » et dont Needham et Waddington furent d'autres représentants majeurs. Par-delà même ce cercle, la traduction par Woodger, publiée en 1933 sous le titre *Modern Theories of Development*, de la *Kritische Theorie der Formbildung* et d'une partie de la *Theoretische Biologie* (la première, consacrée à la biologie théorique « au premier sens »), joua un rôle décisif dans la promotion des conceptions de Bertalanffy hors du monde germanophone, en particulier au Canada et aux États-Unis. S'il est peut-être exagéré de dire qu'il devint dès 1933-1934 une figure mondiale de la biologie, il semble au moins permis d'affirmer que ses travaux, dans leur première phase biophilosophique, furent dès cette époque assez largement connus de par le monde. L'un de ses disciples (qui le décrivit admirativement comme « celui des biologistes du XX^e siècle méritant le plus d'être considéré comme le théoricien majeur de notre temps ») a fourni un témoignage intéressant à cet égard :

J'ai pour la première fois rencontré le nom de Ludwig von Bertalanffy lorsque j'étais étudiant dans la ville canadienne d'Halifax au début des années 1930. J'eus la chance d'être membre d'une classe prenant un cours hautement stimulant sur l'histoire et la philosophie de la biologie. La conférencière, Dr Dixie Pelluet, nous mit en contact avec les grands problèmes de la biologie et communiqua à la plupart de ses étudiants un intérêt durable pour de tels problèmes. Elle nous introduisit au « point de vue organismique », soulignant le rôle d'A.N. Whitehead (1925) dans la promotion du concept d'organisme. Mais nous fûmes aussi renvoyés à *Modern Theories of*

¹ Fries C. (1936), pp. 37-38.

² *op. cit.*, pp. 46-48.

³ *op. cit.*, p. 55 et pp. 72-73.

⁴ *op. cit.*, p. 69 et pp. 79-80.

⁵ Woodger J.H. (1929), p. 484.

Development, la traduction de Bertalanffy par Woodger récemment publiée, qui constituait le premier énoncé explicite de l'« organicisme » par un biologiste¹.

Un autre témoignage de ce type se trouve dans la correspondance de Bertalanffy ; l'un de ses collègues canadiens lui écrivit en effet qu'il fut vers 1935 imposé à chacun des meilleurs étudiants de son département de biologie de lire son *Modern Theories of Development*². Les traductions de Woodger n'auraient toutefois pas eu un impact aussi significatif sans la publication en parallèle, dans des revues très diffusées, de plusieurs articles en anglais commentant très favorablement les idées de Bertalanffy.

C'est dans un article publié en 1932 par Needham dans la prestigieuse revue *Scientia* que l'on trouve les premiers commentaires des conceptions de Bertalanffy en langue non allemande. Des commentaires enthousiastes qui contrastaient avec les vues néo-mécanicistes défendues par le biologiste anglais jusqu'en 1929. Needham reconnut en fait par la suite que son idée selon laquelle l'organisation ne pouvait être étudiée scientifiquement et qu'elle resterait un concept philosophique dérivait d'une « confusion entre naturalisme scientifique et matérialisme mécaniciste », et qu'il révisa son jugement vers 1930, justement au contact des écrits de Woodger et de Bertalanffy³. Ses réticences vis-à-vis de ce qu'il appelait l'« organicisme » furent levées dès lors qu'il comprit que la forme assez stérile, non opérationnelle, qu'il avait prise chez J.S. Haldane, n'était pas la seule possible. Lui qui avait identifié la biologie scientifique à la biochimie et à la biophysique en vint à se faire l'apôtre d'une biologie théorique autonome et à considérer que certains problèmes biologiques restaient « complètement insolubles tant que l'on tente de les réduire à des termes capables de fusion avec la physique et la chimie classiques » ; et que la vie fut à l'origine une « réelle émergence de quelque chose de nouveau, une réelle floraison de relations d'organisation qui n'avait rien de miraculeux, car ce que l'on nomme matière attendait de les produire lorsque l'opportunité s'en présenterait »⁴. C'est dans ces conditions que Needham, qui avait entamé une correspondance durable avec Bertalanffy dès 1929 (laquelle dura jusqu'en 1946)⁵ et lu *Kritische Theorie der Formbildung* avant même sa traduction par Woodger, en vint à louer cet essai comme « admirable ». Bertalanffy y avait selon lui démontré que l'organisation est « un problème que la science doit prendre en compte et résoudre » et « non un mot magique autorisant les biologistes à cesser d'expérimenter et de penser », problème qui « nécessitera[it] probablement un élargissement et une extension des concepts classiques de la physique et de la chimie et non leur abandon ». Son grand apport, aux côtés de Woodger, aurait donc été d'établir clairement le fait qu'« accepter l'organisation en tant que problème central de la biologie n'a absolument rien à voir avec le vitalisme » :

Telle est la grande différence entre des biologistes du type de Haldane d'un côté et de Bertalanffy et Woodger de l'autre. Pour les premiers, il semble être suffisant pour expliquer un événement biologique de l'attribuer à l'organisation du système en question ; pour les seconds, il est nécessaire de rechercher en quoi consiste l'organisation et de déterminer ce que sont essentiellement des relations d'organisation⁶.

La meilleure et la plus efficace publicité faite à Bertalanffy vint encore de Needham l'année suivante, lorsque le biologiste de Cambridge fit publier dans la très prestigieuse revue *Nature* une revue extrêmement favorable de la *Theoretische Biologie* : on peut considérer que c'est à partir de ce moment, donc fin 1933, que la réputation de Bertalanffy devint vraiment internationale. Félicitant la qualité et le caractère « stimulant » d'une « synthèse qui n'avait jamais été tentée auparavant », Needham appelait tous les biologistes à s'y référer :

En le reconnaissant comme quelque chose de nouveau dans la littérature biologique, les biologistes de tous horizons accueilleront chaleureusement le nouveau livre du docteur Bertalanffy sur la biologie théorique [...] Le livre dans son ensemble mérite la plus large circulation possible et il en bénéficiera sans aucun doute⁷.

¹ Ross D.M. (1973), pp. 53-54.

² Lettre de Earl R.O. à Bertalanffy L. von (05/01/1950), *Archives du B.C.S.S.S.*

³ Needham J. (1941, 1948), pp. 20-21.

⁴ Needham J. (1932a), p. 85 et p. 87.

⁵ Haraway D.J. (1976), p. 130.

⁶ Needham J. (1932a), pp. 88-89 et p. 92.

⁷ Needham J. (1933), p. 986.

Needham expliqua dans cet article que Bertalanffy avait démontré de manière convaincante la stérilité des controverses entre mécanismes et vitalismes, tout en exposant la perspective pertinente qu'il convenait de leur substituer. Il avait en effet selon lui posé le véritable problème fondamental de la biologie, à savoir celui de la « rationalité de l'ordre » organique, au lieu d'« accepter cet ordre axiomatiquement ». Et s'il avait par là-même mis en évidence l'« irréductibilité » des catégories biologiques, ce fut en reconnaissant la valeur autant que les limites de l'analyse physico-chimique et en montrant simultanément que cette « irréductibilité » n'a « rien à voir avec l'introduction de concepts vitalistes ». Needham tenait en définitive Bertalanffy pour le fossoyeur du vitalisme :

Le service rendu par le vitalisme dans le passé tenait à ce qu'il dirigeait continuellement l'attention vers la complexité réelle du phénomène [biologique] ; le Docteur Bertalanffy a maintenant liquidé la vieille firme [old firm] et rend le même service sans l'ancien obscurantisme¹.

Toujours en 1933, deux autres revues des essais de Bertalanffy furent publiées dans la revue anglaise *Science Progress*. L'une fut rédigée par le zoologiste et neurophysiologiste John Z. Young et concernait *Modern Theories of Development*. Young y retint surtout l'originalité et l'intérêt de la « théorie de l'indétermination biologique ». Il prédit, sans nul doute avec raison, que beaucoup de biologistes ne voudraient « pas admettre que les possibilités d'analyse dans une perspective physico-chimique sont aussi limitées » que Bertalanffy ne l'avait suggéré. Mais il reconnut le « mérite de ce livre », qui tenait selon lui à ce qu'il « dirige[ait] l'attention vers des sujets trop souvent éludés par les biologistes » en « questionnant la capacité de la méthode de l'analyse physico-chimique à fournir le type d'information requis par le biologiste »². L'autre revue évoquée concernait comme celle de Needham la *Theoretische Biologie* et fut rédigée par Edmund S. Russell. Compte tenu de la philosophie holistique de la biologie que Russell avait défendue depuis plusieurs années, il n'est pas surprenant que son commentaire ait été très nettement élogieux. Son intérêt est d'abord qu'il rattachait « officiellement » Bertalanffy à l'organicisme anglo-saxon :

L'œuvre du Docteur Ludwig von Bertalanffy sur la méthode biologique n'est pas suffisamment connue dans ce pays. Il fait partie d'un petit groupe de personnes qui pavent le chemin d'une nouvelle conception de l'organisme, d'une nouvelle orientation de la pensée biologique. Ritter en Amérique, J.S. Haldane et Woodger en Angleterre, peuvent être mentionnés comme des pionniers dans cette voie. Ils exposent tous sous une forme ou une autre une vision « organismique » de l'objet vivant, qui est offerte comme un moyen d'échapper au dilemme mécanisme-vitalisme³.

Russell avoua éprouver « beaucoup de sympathie » pour les positions de Bertalanffy, estimant qu'elles ouvraient « la meilleure voie pour un progrès de la théorie et de la pratique en biologie ». Il conclut d'ailleurs son article par cette injonction adressée à tous les biologistes :

Aucun de ceux qui sont intéressés par la théorie et la méthode de la biologie ne peut se permettre de négliger la *Kritische Theorie der Formbildung* et la *Theoretische Biologie* de Bertalanffy⁴.

La seule critique que Russell adressa à Bertalanffy est très intéressante ; elle portait sur la question de l'extension de la conception « organismique » à la psychologie, que Russell reprocha au Viennois de s'être selon lui refusé à se poser :

Je serais enclin à aller plus loin que le Docteur Bertalanffy en incluant en tant que partie intégrante de la biologie l'étude du comportement. Bertalanffy élimine la psychologie de la biologie au motif qu'elle introduit les « faits privés » de l'expérience directe. Je ne crois pas que cette objection soit entièrement fondée.

En effet, le behaviorisme n'était pas selon Russell la seule possibilité offerte pour construire une psychologie scientifique – Bertalanffy lui en déniait d'ailleurs même la capacité :

Le comportement montre, peut-être plus clairement que toute autre activité organique, ces totalité et directivité dans le temps qui excluent la possibilité d'en traiter adéquatement sur une base analytico-sommative ; c'est *par excellence* l'activité qui se prête aisément au traitement organismique et il est

¹ *op. cit.*, p. 987.

² Young J.Z. (1933), pp. 567-568.

³ Russell E.S. (1933), p. 363.

⁴ *op. cit.*, p. 364.

dommage de le reléguer à une science séparée, comme le préconise Bertalanffy [...] Selon moi, une théorie organismique satisfaisante de l'organisme doit inclure quelques éléments de sociobiologie¹.

Le Viennois, qui eut connaissance de ce compte rendu², trouva certainement que cette critique manquait l'un des points essentiels de la perspective « systémologique » qu'il cherchait à développer. Il avait certes choisi, pour des raisons méthodologiques déjà précisées, de nettement séparer la psychologie de la biologie, mais cela ne signifiait pas pour autant que sa conception et même ses « principes » « organismiques » n'étaient pas transposable à la psychologie. Bien au contraire, il insista très tôt sur les convergences entre sa biologie « organismique » et d'autres développements holistiques en médecine, en psychologie et en psychiatrie, ceux-là même que j'ai considérés dans ma première partie³. Une claire séparation des objets et des méthodes n'excluait pas selon lui l'existence de principes formels et de modèles conceptuels communs pertinents, une conception qui avait manifestement échappé à Russell. C'est ce que Thumb avait par contre compris lorsqu'il s'efforça au début des années 1940 de développer une théorie de la « construction de la personnalité » conçue comme un « problème de biologie du développement », qui accordait un rôle central aux « équilibres dynamiques entre l'organisme et son milieu d'une part, et dans sa structure fonctionnelle interne d'autre part » : l'article que le psychologue autrichien consacra en 1943 à Bertalanffy, dont celui-ci reconnut la pertinence et auquel il ne manqua pas de se référer par la suite, visait à montrer la « signification profonde de sa conception organismique » pour la psychologie dans cette perspective, au moins « comme modèle et hypothèse de travail »⁴.

2-3-4-5 – Bilan de la réception de la biologie « organismique » de Bertalanffy

Les considérations entreprises dans cette section permettent de dégager un bilan contrasté de la réception de la biologie « organismique » de Bertalanffy, compréhensible dans la mesure où ses écrits restèrent jusqu'en 1932 cantonnés au domaine de la philosophie, se limitant du point de vue scientifique à déboucher sur des clarifications théoriques et sur un programme de recherche. Si un nombre significatif de biologistes et de philosophes prirent très tôt acte de la pertinence et de la fécondité potentielle de ses conceptions, la construction d'une « biologie nomothétique exacte » sur des bases « organismiques » restait entièrement à réaliser afin que les promesses de la philosophie biologique de Bertalanffy ne restent pas lettre morte et que les espoirs qu'elle suscitait ne soient pas déçus ; une réalisation qui s'imposait aussi afin de réduire à néant les critiques adressées aux ambitions du Viennois.

Dans la période qui s'étend de 1933 à 1944, ce dernier consacra justement une part importante de ses travaux à l'actualisation de sa « systémologie biologique » en s'efforçant de montrer comment elle pouvait effectivement constituer le cadre de théories dignes de ce nom. Caractéristique de cette période est le rôle croissant joué par les mathématiques dans cette entreprise, ce que l'on pourrait appeler le glissement de l'« exact » vers le « mathématique », dont nous avons vu qu'il n'allait pas encore de soi pour Bertalanffy en 1932. L'émergence contemporaine de la biologie mathématique, à laquelle je vais montrer qu'il contribua significativement, joua ici un rôle crucial à deux égards : d'une part en lui donnant les moyens de dépasser ses dernières résistances « goethéennes » vis-à-vis de la mathématisation du vivant ; et d'autre part en lui fournissant des clefs qui s'avèreront décisives dans la transition de sa « systémologie biologique » ainsi infléchie vers son projet de « systémologie générale » formulé en 1937. Une transition dont la rapidité fut remarquable et dont les ressorts ne peuvent, précisément pour cette raison, s'expliquer sans considération des travaux biomathématiques auxquels Bertalanffy prêta au cours de ces années une attention soutenue parallèlement à la mise en œuvre de son programme « organismique ».

¹ *op. cit.*, p. 364.

² Bertalanffy M. von (1973), p. 37.

³ Notamment dans Bertalanffy L. von (1930a), pp. 30-35 et pp. 44-45.

⁴ Thumb N. (1943), notamment pp. 145-148.

2-4 – L’impact des premiers développements d’une biologie mathématique sur la genèse du projet de « systémologie générale »

Afin de lever d'emblée toute ambiguïté quant à ce dont il sera question dans ce chapitre, une définition s'impose au préalable : j'appelle « biologie mathématique » (ou « biomathématique ») ce qui se veut le parfait analogue pour la biologie de la physique mathématique : une entreprise de *construction mathématique de concepts et de lois biologiques*, où les mathématiques sont vouées à entretenir avec la biologie un rapport « non plus descriptif, mais formateur » (Bachelard), ou mieux encore, « constituant » (Lévy-Leblond)¹. En ce sens, on ne peut parler de biologie mathématique ni dans le cas où les mathématiques n'ont pour fonction que de résumer statistiquement ou d'ajuster des données empiriques, ni dans celui où elles ne s'introduisent que par le biais des principes et lois physico-chimiques tels qu'on peut les mettre en œuvre dans l'analyse des objets biologiques.

Il s'agira ici de discuter non pas bien sûr l'ensemble des travaux biomathématiques publiés des années 1910 à l'orée des années 1940, mais uniquement ceux qui, diversement mais significativement, étaient congruents avec le programme « organismique » de Bertalanffy et furent d'ailleurs étudiés et maintes fois cités par lui ; c'est-à-dire ceux qui jouèrent un rôle, parfois décisif, pour la compréhension que le Viennois eut de son programme et, en arrière-plan, dans la genèse de son projet de « systémologie générale » – certains d'entre eux ayant déjà été partiellement évoqués au 1-4-5.

J'ai montré aux 2-2-1-5 et 2-3-1-4 que Bertalanffy restait en 1932 confronté au problème de savoir dans quelle mesure des mathématiques adéquates à l'appréhension de l'ordre « organismique », de la « totalité organique », pouvaient être construites et utilisées en biologie. J'ai alors mis en évidence le fait qu'il ne consentait encore à attribuer une vocation « mathématique » à son programme d'une biologie systémique « exacte » que dans la mesure où « mathématique » était interprété au « sens large » de « système d'ordre hypothético-déductif ». Il ne faisait que commencer à prendre conscience de l'existence de travaux à caractère mathématique « au sens étroit » et néanmoins en adéquation avec son programme « organismique ». À savoir principalement ceux de D'Arcy Thompson, Przibram, Rashevsky, Lotka, Volterra, Donnan et Woodger : il s'agira donc pour cette raison d'étudier ces travaux dans ce chapitre. Je serai en particulier conduit à examiner leurs relations avec plusieurs formes holistiques de pensée, pour dégager leur impact sur les idées de Bertalanffy.

C'est en raison de cette spécificité de ma problématique que certains travaux très importants, peut-être même emblématiques de l'histoire de la biologie mathématique, ne seront pas considérés ici, leurs liens avec le programme « organismique » et la genèse du projet « systémologique » n'étant pas significatifs. Il s'agit au premier chef de la théorie mathématique de la sélection naturelle de John B.S. Haldane, Sewall Wright et Ronald A. Fisher. Mais aussi d'une partie importante de la volumineuse et foisonnante « biophysique mathématique » de Rashevsky : seules la position épistémologique et certaines productions spécifiques du physico-mathématicien seront considérées ici, pour la raison que bon nombre de ses études par ailleurs, notamment en raison de leur physicalisme, ne furent pas congruentes au programme « organismique » de Bertalanffy – et ne firent d'ailleurs pas l'objet de l'intérêt de ce dernier. Quant à la biométrie, elle ne sera guère abordée non plus, si ce n'est en ce que les biomathématiciens s'y sont opposés : elle ne se conforme pas à ce qui est désigné ici par l'expression « biologie mathématique ».

J'ai montré que Bertalanffy se refusa à accepter jusqu'en 1930 la possibilité d'un « rapport constituant » entre biologie et mathématiques. Il s'accordait de ce point de vue avec l'immense majorité de ses collègues, à une époque où l'expression « biologie mathématique » relevait de l'oxymore. Deux obstacles majeurs devaient être levés pour qu'il en aille autrement. Il fallait d'abord, ce que n'avait pas encore fait Bertalanffy, dépasser une conception « romantique » où la césure entre « mécanique » et « organique » se doublait d'une identification du premier à ce qui est réductible au calcul ou à la géométrie et d'une dénonciation vigoureuse des vellétés d'enfermer le second dans le carcan des mathématiques, supposées incapables d'appréhender la « créativité » du vivant². Un second obstacle, que Bertalanffy avait d'emblée surmonté mais qui s'exerçait puissamment encore chez la

¹ Lévy-Leblond J.M. (1982), pp. 196-199.

² Outre Goethe déjà largement évoqué à ce sujet, voir Bergson H. (1907, 2003), p. 20 : « Le calcul a prise, tout au plus, sur certains phénomènes de *destruction* organique. De la *création* organique, au contraire, des phénomènes évolutifs qui constituent proprement la vie, nous n'entrevoions même pas comment nous pourrions les soumettre à un traitement mathématique ». Plus généralement pp. 196-251.

plupart de ses collègues, tenait à l'attachement souvent dogmatique à l'empirisme qui s'imposa dans la seconde moitié du XIX^e siècle en réaction aux dérives spéculatives antérieures.

2-4-1 – *Éléments historiques sur les obstacles opposés à la rencontre entre biologie, mathématiques et modes holistiques de pensée*

Mettre en évidence les enjeux du développement d'une biologie mathématique et, en particulier, des efforts entrepris par des chercheurs comme Bertalanffy afin de connecter ce développement à celui d'un « holisme scientifique », impose un bref retour historique préalable sur les enracinements des obstacles qui viennent d'être évoqués. C'est nécessaire afin de comprendre aussi bien l'originalité des travaux des premiers biomathématiciens que les difficultés auxquelles ils furent confrontés et leurs manières de les surmonter.

2-4-1-1 – *Fechner, premier avocat d'une biologie mathématique ?*

Fechner semble avoir été le premier, dans un article publié en 1849, à démontrer avec des arguments non-mécanicistes la faiblesse de ceux opposés à l'idée d'une biologie mathématique. Malgré sa bonne connaissance des œuvres majeures de Fechner, Bertalanffy ne semble pas avoir connu cet article isolé : il ne le cita jamais alors que ce dernier aurait, au moins à partir de 1932, bien servi ses propres thèses. Fechner s'y attaquait à deux arguments souvent utilisés contre la prétention au « traitement mathématique des relations organiques ». À savoir d'une part que les mathématiques ne pourraient avoir d'emprise que dans les domaines d'« événements soumis à des lois portant un caractère nécessaire » et que la détermination mathématique contredirait la « liberté » manifeste du vivant ; et d'autre part que la variabilité infinie des formes, développements et mouvements organiques les rendrait déjà par elle-même « incommensurables à la déterminabilité mathématique ».

Fechner opposa au premier argument que même à supposer l'existence d'une indétermination essentielle de l'événement organique, « tout n'y est pas indéterminé » ; et qu'il y a de plus dans l'« inorganique » d'innombrables cas où les conditions des événements ne sont que partiellement connues sans pour autant empêcher que les mathématiques y soient appliquées avec succès. Que « l'indétermination des causes et des effets » provienne d'une « liberté » ou d'un manque de connaissance était selon Fechner « indifférent à la mathématique », qui pouvait bien de toutes façons la prendre en compte par l'introduction de « coefficients indéterminés » sans pour autant rester impuissante¹. Quant au second argument, Fechner y opposa une réflexion d'une importance fondamentale qui, tout en balayant la pertinence de la dichotomie entre « organique » et « inorganique » quant au problème de la mathématisation, lui substituait celle des exigences d'idéalisation et d'abstraction :

L'incommensurabilité à la déterminabilité mathématique revient aussi bien aux formes naturelles et mouvements inorganiques qu'à l'organique. Elle revient aux formes naturelles et aux mouvements en général et conformément au même principe : le purement mathématique ne se trouve partout que dans notre idée [*Vorstellung*] [...] S'il y a donc ici une limitation pour la mathématique, elle ne forme en tous cas aucune différence entre l'organique et l'inorganique. De surcroît, la mathématique a le moyen de minorer cette limitation dans l'indéterminé [... car] il est dans le pouvoir de la mathématique d'élaborer des formules qui poussent toujours plus loin l'approximation².

L'« organique » comme l'« inorganique » satisfieraient au principe d'« impossibilité d'une détermination totalement précise mais de possibilité d'une approximation toujours poursuivie jusqu'à un degré arbitraire », les méthodes ne manquant par ailleurs pas pour y parvenir. Fechner posa finalement le problème de la mathématisation en biologie par-delà les paradigmes mécanicistes et vitalistes, tout en suggérant déjà que la seule question pertinente était de savoir quelle forme de mathématisation est adéquate à l'« organique » :

La déterminabilité mathématique est aussi bien présente dans le domaine de l'organique que dans celui de l'inorganique, et soumise dans ce dernier à des limitations de même type ou équivalentes

¹ Fechner G.T. (1849), pp. 51-55.

² *op. cit.*, p. 56.

que dans le premier ; c'est seulement dans la mesure où les formes inorganiques et l'événement inorganique s'approchent plus que les organiques d'une légalité simple que l'approximation dans le domaine inorganique peut être entreprise plus facilement et de manière plus poussée que dans l'organique. Ceci me semble être la seule différence, et elle est purement relative [...] Tout ce qui concerne des grandeurs, distances ou situations matérielles, et avec elles des relations de formes, de poids ou de mouvements, ainsi que la transition temporelle de telles relations vers d'autres et toutes les lois qui s'y appliquent, sont en soi mathématiquement déterminables ; et l'on ne voit absolument pas en quoi le domaine inorganique présenterait à cet égard un avantage par rapport à l'organique. En conséquence aussi, il est totalement indifférent pour l'applicabilité de la mathématique que les règles selon lesquelles l'organique se forme, se développe et devient s'accordent à celles qui valent pour l'inorganique [...] Il peut bien y avoir ou non une liberté au sens indéterministe, l'organique peut bien ou non être soumis à des lois tout-à-fait identiques à celles auxquelles est soumis l'inorganique ; c'est en tout état de cause seulement la forme de l'application, non l'applicabilité de la mathématique elle-même qui peut être concernée¹.

2-4-1-2 – *Biologie scientifique, mathématiques et holisme : improbables mariages*

Que Fechner ait anticipé là certaines des idées communes à tous les fondateurs de la biologie mathématique, c'est ce qui va apparaître. Cela ne l'empêcha toutefois pas de prêcher dans le désert, la raison étant essentiellement celle que Bertalanffy ne se lassait pas de dénoncer. À savoir que jusqu'aux années 1910, la pensée théorique autonome fut au mieux jugée comme prématurée en biologie, les mathématiques y restant donc inévitablement circonscrites au rôle d'auxiliaire permettant de contrôler ou de résumer des observations. La résistance de la grande majorité des biologistes à admettre que la construction idéale de la nature est nécessaire et fertile et que les mathématiques n'ont donc pas à y être condamnées à ce rôle d'auxiliaire a d'ailleurs persisté jusqu'à nos jours, comme si les biologistes restaient fidèles dans leur méfiance à une vieille remarque de Bernard le Bouyer de Fontenelle :

Accordez à un mathématicien un petit principe et il en tire immédiatement une conséquence à laquelle vous devez nécessairement acquiescer ; et de cette conséquence à une autre, jusqu'à ce qu'il vous mène si loin (que vous le vouliez ou non) que vous éprouvez beaucoup d'embarras pour le croire².

Lorsque la biologie mathématique commença à se développer dans l'entre-deux-guerres, ce fut sous le feu de critiques dont l'entomologiste William R. Thompson formula bien la teneur générale en 1937, en dépit du fait qu'il avait dans un premier temps été favorable aux approches mathématiques dans son domaine – au motif de leur valeur heuristique. Selon lui, les relations causales dont traitent les sciences biologiques ne peuvent être découvertes que par expérimentation et induction ; le raisonnement déductif des mathématiques ne serait à cet égard d'aucun secours ; il présenterait au contraire le *danger* de détourner le chercheur des minutieuses études empiriques nécessaires et, en fin de compte, d'obscurcir les « faits » biologiques. Thompson tourna en dérision la prétention à saisir les éléments « essentiels » d'un problème au moyen d'abstractions mathématiques :

Nous ne pouvons montrer en considérant un animal imaginaire pourquoi des animaux réels sont ce qu'ils sont. La seule voie possible pour le découvrir est de considérer les animaux réels eux-mêmes³.

Il estimait typiquement que les mathématiques peuvent tout au mieux être utiles comme moyens de description, mais pas pour comprendre des relations causales ; que l'on ne peut donc jamais interpréter des relations mathématiques comme l'expression de processus naturels, et par conséquent pas non plus comme des explications de ces processus. Et ce non seulement à cause de la différence de complexité entre les constructions mathématiques et le monde « réel », mais parce que l'intrication des facteurs causaux impliqués dans la production de chaque phénomène biologique est si forte qu'elle le rend imprédictible et donc incommensurable à la détermination mathématique – un argument que Fechner avait justement attaqué⁴. Fox Keller a en fait bien montré comment et pourquoi l'intégration de la biologie mathématique aux sciences de la vie s'est heurtée et se heurte encore à une « différence de

¹ *op. cit.*, pp. 63-64.

² Fontenelle B. Le Bouyer de (1686), in Kingsland S.E. (1985), p. 127.

³ Thompson W.R. (1937), in *op. cit.*, pp. 137-138.

⁴ Voir Kingsland S.E. (1985), pp. 139-140.

cultures épistémologiques » entre biologie et sciences mathématiques, dont je pointerai d'autres illustrations. Cette différence tient selon elle avant tout au fait que la plupart des biologistes considèrent que la preuve expérimentale, bien que faillible, donne une voie d'accès à la vérité plus sûre que l'argument mathématique, la nécessité logique étant presque dénuée de pertinence : ces biologistes tendent à ne pas tolérer les mathématiques même comme outil heuristique, rejetant surtout l'idée d'accorder une valeur à des modèles reconnus comme fictifs et ne prétendant pas au réalisme. À ce type de résistance se sont selon Fox Keller ajoutés d'autres facteurs : le manque traditionnel de compétence mathématique des biologistes et la méfiance qui en dérive ; le manque de connaissance des faits expérimentaux par certains « bio-mathématiciens » ; et enfin, la compétition disciplinaire entre physique et biologie, combinée au fait que de grandes figures de la biologie mathématique (comme Rashevsky) soient venues en « intrus » d'une « culture étrangère » à la biologie¹.

Si déjà la rencontre entre biologie et mathématiques, au moins à l'époque du jeune Bertalanffy, se révèle hautement problématique et improbable, celle entre biologie « organismique » et mathématiques l'était plus encore, et pour deux raisons. Elle l'était d'abord parce qu'un programme holistique tel que celui de Bertalanffy (on pourrait aussi citer la *Gestalttheorie*) avait déjà beaucoup à faire pour établir la preuve de sa légitimité scientifique (raison pour laquelle tant de littérature holistique fut consacrée aux questions épistémologiques), dans un contexte où même si elle investissait quasiment tous les domaines scientifiques y compris celui de la physique mathématique, la « totalité » restait trop souvent le fer de lance d'une démission de la rationalité scientifique au profit de la métaphysique ou de la mystique : si l'alliance entre science et holisme restait problématique (surtout dans un domaine comme la biologie où le second, de Goethe à Driesch, avait traditionnellement été solidaire de vitalismes métaphysiques), que dire de la crédibilité de toute prétention à construire une science holistique à caractère mathématique ?

Pour une autre raison, holisme et mathématiques apparaissaient comme antinomiques et donc leur association comme « contre-nature » dans le contexte biologique de l'époque. La conception que la quasi-totalité des biologistes se faisaient de la place des mathématiques dans leur discipline (l'inspiration vitaliste ou mécaniciste ne faisant aucune différence ici) rejoignait en effet, en pratique si ce n'est en principe, la vision réductrice et dogmatique des relations entre sciences et mathématiques de Spann. En effet, la tendance générale était de ne concevoir l'introduction des mathématiques en biologie, tout au moins lorsqu'elles ne faisaient pas office d'outil d'analyse statistique, que comme un sous-produit de l'analyse physico-chimique du vivant. En conséquence, les mathématiques apparaissaient intimement liées aux perspectives méristiques. Légitimer et promouvoir des « mathématisations holistiques » d'événements biologiques imposait donc la lourde tâche soit de montrer que les mathématiques existantes permettaient des mathématisations ne dérivant plus d'analyses physico-chimiques, soit de construire des mathématiques (plus) adéquates à cette fin.

Je me propose de montrer dans ce chapitre que loin de constituer trois paires d'oxymores irrémédiables, biologie scientifique, holismes et mathématiques furent au contraire les objets d'importantes interactions dans l'entre-deux-guerres, où chacun joua en fin de compte le rôle de médiateur entre les deux autres et dont l'aboutissement majeur fut ce que j'interprète comme une fécondation mutuelle entre holismes et biologie mathématique. Que Bertalanffy ait été un acteur significatif de cette histoire apparaîtra surtout au chapitre suivant, où ses propres travaux biomathématiques seront étudiés. Mais l'étude entreprise ici permettra déjà de préciser dans toute son étendue l'impact qu'elle eut sur ses conceptions et les raisons de son importance dans la genèse de sa « systémologie générale ». Le problème est en effet de comprendre comment celle-ci a pris forme dans la courte période qui sépare 1933 et 1937, justement au contact de cette histoire.

2-4-2 – Défenses et illustrations d'une morphologie mathématique

Dans son article de 1849 évoqué plus haut, Fechner affirma que « le domaine de la morphologie organique » était l'un de ceux où la mathématique portait la « promesse » de « grands résultats »². D'Arcy Thompson ne l'ignorait pas, lui qui dans son fameux essai « sur la croissance et la

¹ Fox Keller E. (2002), pp. 1-5, 12-13 et 76-81.

² Fechner G.T. (1849), p. 60.

forme » se réfère à cet article et en cita même l'un des passages caractéristiques¹. L'idée qu'une telle approche fût possible était en fait née dès le XVIII^e siècle, et avait justement déjà été mise en œuvre à l'époque de Fechner avec la « théorie de la spirale génératrice » des feuilles, qui restait toutefois une pure description arithmétique de l'arrangement foliaire (au moyen de la suite de Fibonacci), dépourvue du moindre fondement physico-chimique ou même biologique. Mais de telles tentatives étaient restées marginales, non systématiques et pour ainsi dire anecdotiques², dans un contexte où les arguments opposés à la mathématisation du vivant, notamment ceux combattus (sans succès) par Fechner, restaient largement dominants, D'Arcy Thompson en relatant d'ailleurs encore la prégnance³ en 1917. Ce n'est justement qu'avec ce dernier que l'idée d'une morphologie mathématique fut systématiquement argumentée et entreprise. Si, pour des raisons qui vont être discutées, ses travaux eurent eux aussi un impact marginal sur ses collègues biologistes et ne constituèrent même une biologie mathématique qu'en un sens très partiel, il n'en demeure pas moins que leur impact fut important dans l'évolution des idées de Bertalanffy et évidemment dans l'histoire de la biomathématique en général. Leur examen est donc incontournable, comme l'est celui d'un essai de Prziham publié en 1923 dont l'influence sur Bertalanffy, même si ce fut manifestement de manière différée, fut certainement loin d'être négligeable – qu'il s'agisse de son approche ultérieure de la morphologie ou plus généralement de sa conception de la biologie théorique et de sa vocation mathématique. Dans cet essai qui constitua l'un des volumes des *Schaxels Abhandlungen zur theoretischen Biologie*, non seulement, en effet, le biochimiste et zoologiste viennois commenta les travaux de son collègue écossais et contribua ainsi à les faire connaître dans le monde germanophone ; mais des considérations sur la légitimité et la possibilité d'une morphologie mathématique y débouchèrent plus généralement sur une réflexion quant à la possibilité de construire une biologie mathématique compatible avec la prise en compte des traits holistiques du vivant.

*2-4-2-1 – Du type morphologique à la « similitude topologique » :
les mathématiques comme instrument du holisme chez D'Arcy W. Thompson*

J'ai déjà fait allusion au 1-4-5-3 au fait que pour D'Arcy Thompson, qui entendait conformer la morphologie au fameux critère kantien de scientificité, les mathématiques étaient non ces constructions que Goethe avait répugné à voir investir l'étude du vivant en général, mais au contraire des outils nécessaires afin de mener à son terme le projet morphologique goethéen. Sa « théorie des transformations », emblématique de ses travaux, fut élaborée dans cette perspective. Elle partait du constat que chaque forme organique peut avoir une représentation plane (R), nécessairement bornée, dans un système de coordonnées rectangulaires cartésiennes $(x; y)$; et que si ce système (et plus généralement tout l'espace plan incluant (R)) est soumis à une transformation ponctuelle du type $X = f(x; y)$ et $Y = g(x; y)$, où f et g sont telles que l'application $T: (x; y) \mapsto (X; Y)$ soit bijective, continue et à réciproque continue (c'est-à-dire un homéomorphisme), on obtient une figure (R') homéomorphe à (R) , qui la « représente sous un rapport de déformation plus ou moins homogène »⁴. L'idée de D'Arcy Thompson fut d'utiliser de telles homéomorphies pour faire apparaître certaines formes existantes, ayant existé ou pu exister comme des déformations d'autres formes existantes ou ayant existé. Il n'explicita toutefois pas les homéomorphismes qu'il avait utilisés, sauf dans quelques cas simples d'affinités géométriques. Par exemple, lorsque il dériva la représentation de poissons existants à partir de poissons de genres voire de familles différents⁵, il ne fournit que de vagues indices sur sa méthode de transformation, ne précisant guère les applications f et g (donc T) que par leur figuration. Un cas typique (dont les représentations ci-dessous sont tirées de son ouvrage) est le suivant, où il se limita à faire allusion à une « déformation des coordonnées rectangulaires en un système de cercles (approximativement) co-axiaux » :

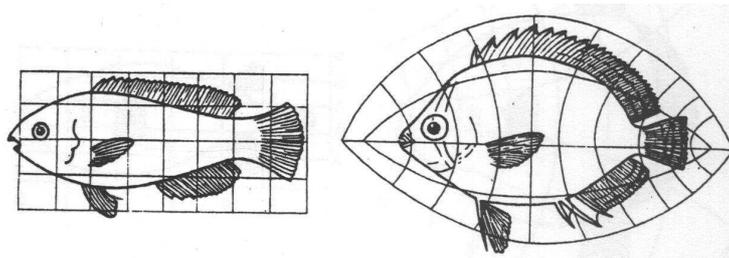
¹ Thompson D'Arcy W. (1917, 1942, 1961), p. 269.

² Varenne F. (2004), pp. 2-6.

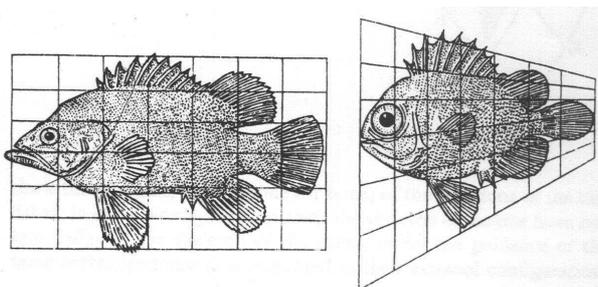
³ Thompson D'Arcy W. (1917, 1942, 1961), p. 2.

⁴ *op. cit.*, pp. 271-272.

⁵ *op. cit.*, pp. 299-301.



De même, il n'évoqua dans l'exemple suivant qu'une « substitution d'un système de coordonnées triangulaires (ou radiales) aux rectangulaires » :



D'Arcy Thompson restreignait chaque transformation à un « type simple » et chaque représentation devait constituer un « système harmonieux et plus ou moins symétrique ». Il s'agissait pour lui de rester conforme à la Nature, en se limitant à la comparaison d'organismes « manifestement apparentés et appartenant à la même classe zoologique ». Il rejoignait en ce sens Aristote, qui avait fondé sa définition du « genre » sur l'idée que les différences entre « espèces » ne sont que de proportion ou de grandeur relative : la limite était pour l'Écossais l'existence de ce qu'il appelait une « base invariante pour une transformation », absente entre animaux de « classes » différentes¹.

Un premier point essentiel ici eu égard au projet « systémologique » est que D'Arcy Thompson prétendait ainsi substituer une parenté mathématique à une parenté phylogénétique. Il entendait en effet fonder l'unité de chaque « classe » sur l'existence d'une structure sous-jacente, d'un « invariant » qui induirait ce qu'il nomma une « similitude topologique » : tel fut le principal moment de son ambition de réhabiliter l'archétype goethéen dans une version mathématisée. D'Arcy Thompson tenait d'ailleurs chaque application de sa « théorie des transformations » pour une illustration de la fameuse « loi d'équilibre des organes »². Mais à quoi référait-il exactement lorsqu'il parlait ainsi de « base invariante » et de « similitude topologique » ? Si l'invariant d'une similitude géométrique est le rapport constant entre la longueur d'une courbe et celle de sa transformée, non seulement l'invariant en jeu ici était trop allusivement évoqué mais il n'avait pas, en définitive, un sens purement mathématique : il s'agissait certes d'une classe d'équivalence induite par la relation « être homéomorphe à », mais cette classe ne prenait elle-même son sens que relativement à un modèle implicite, une figure de « base ». De sorte que D'Arcy Thompson ne mathématisait pas, en fin de compte, l'archétype goethéen : il se limitait, ce qui restait certes en soi très original, à exposer une méthode mathématique d'opération sur cet archétype.

Un second point essentiel est que sa « théorie », j'y ai fait allusion au 1-4-5-3, peut légitimement être interprétée comme l'expression et la justification de sa conception holistique de la forme organique. Elle constitua en effet son arme principale contre la vision méristique de l'organisme alors en général commune au darwinisme et à la génétique, ou tout au moins perçue comme telle par les avocats d'un holisme biologique :

Lorsque le morphologiste compare un animal avec un autre, point par point ou caractère par caractère, ceux-ci ne sont que trop souvent que le simple produit d'une dissection et d'une analyse artificielles. Le corps vivant est plutôt un tout intégral et indivisible [...] Les caractères que nous avons différenciés insistent pour s'intégrer de nouveau ; et des aspects de l'organisme sont vus

¹ *op. cit.*, p. 273 et pp. 321-322. IL opérait ses transformations à l'intérieur d'un ordre, voire d'une famille zoologique déterminée.

² *op. cit.*, p. 271, pp. 319-321 et p. 324.

conjointement, alors que notre analyse mentale les avait mis en pièces. *Le diagramme de coordonnées met en relief la solidarité intégrale de l'organisme*¹.

D'Arcy Thompson s'appuya notamment sur sa « théorie » pour attaquer le darwinisme, certes d'une part en soulignant des discontinuités entre « classes » qui plaidaient – dans une certaine mesure seulement, j'y reviendrai plus loin – contre l'idée darwinienne de transformations résultant de petites variations continues (il parla même de mutations)²; mais surtout en laissant entendre que les métamorphoses au sein d'une famille sont indifférentes à la fonction et à l'adaptation, moins « utiles » au sens de l'hypothèse de sélection naturelle que résultant de « forces mécaniques » – des arguments analogues à ceux que nous avons vu Bertalanffy utiliser³, à la substitution décisive près des « lois systémiques » aux dites « forces » :

Si l'on peut référer comme tous des poissons divers et dissemblables à des fonctions identiques de systèmes de coordonnées très différents, ce fait constituera en lui-même une preuve que la variation a procédé selon des voies déterminées et régulières, qu'une « loi de croissance » globale a investit toute la structure dans son intégrité, et qu'un système de forces plus ou moins simple et reconnaissable en a eu le contrôle⁴.

On touche ici au cœur de l'approche de D'Arcy Thompson. Dans la lignée de la « morphologie idéaliste », elle opérerait un renversement radical par rapport aux conceptions dominantes :

Ce que Bergson appelle la « parenté idéale » est claire et certaine, alors que l'« affiliation matérielle » est problématique et obscure ; et en définitive, il ne me semble absolument pas certain que le mode usuel de raisonnement du biologiste soit approprié à la situation, ou que le concept d'évolution historique continue doive ou puisse nécessairement être employé sans danger et légitimement⁵.

Le fait caractéristique est que D'Arcy Thompson se limitait à inférer d'une homéomorphie entre les représentations de formes organiques l'action de forces physiques analogues, sans chercher à les préciser – pas plus qu'on ne le fait en calcul des variations. Il se satisfaisait d'une description mathématique et de son exploitation pour suggérer la possibilité et le caractère suffisant d'une explication « mécanique » de la forme organique, sans la fournir lui-même. C'est pourquoi son physicalisme resta en fin de compte de principe, comme un cadre philosophique sans portée effective. C'est pourquoi aussi la plupart de ses collègues biologistes virent dans ses travaux une curiosité intéressante aux confins de l'art et de la science, mais scientifiquement inutilisable⁶.

Par-delà le problème de la croissance organique, la grande importance de D'Arcy Thompson dans la genèse des conceptions « systémologiques » de Bertalanffy tient au fait qu'il substituait de la sorte l'homomorphie mathématique à la causalité efficiente comme principe d'explication. Interprétant l'homomorphie comme la traduction mathématique du concept morphologique d'homologie, il renouvelait ainsi la forme d'un moment caractéristique des « philosophies de la nature » allemandes et de leurs inspiratrices, dont l'importance a été dégagée aux 1-4-1-4 et 1-4-1-5 : la promotion du raisonnement analogique au détriment des recherches causales. Il a en ce sens été vu avec raison dans ses travaux « des mathématiques navigant pour le compte de la morphologie, mais non encore ancrées dans les sciences physiques »⁷. Le fait est qu'en invoquant les empiristes anglais, D'Arcy Thompson se plut à souligner « les difficultés qui entourent le concept de causalité ultime ou 'réelle' » et celle, « insondable », qu'il y a à rendre compte de la relation entre cause et effet. La rupture avec Aristote était ici radicale, même si l'on peut y voir une expression somme toute naturelle d'une antinomie générale entre l'application des catégories causales d'Aristote et l'objectivation mathématique. Parler de « cause » n'était pour D'Arcy Thompson qu'une « manière de s'exprimer » et il en réduisait le concept aux liens de précession ou de contiguïté :

¹ Thompson D'Arcy W. (1917, 1942, 1961), p. 275.

² Voir Fox Keller E. (2002), p. 60.

³ Voir les 1-4-5-2 et 2-3-2-5.

⁴ Thompson D'Arcy W. (1917, 1942, 1961), p. 275.

⁵ *op. cit.*, p. 201. Les italiques me sont propres.

⁶ Fox Keller E. (2002), p. 62 et pp. 69-74.

⁷ Hutchinson G.E., in Fox Keller E. (2002), p. 69.

En tant qu'étudiants de la physique mathématique et expérimentale nous nous satisfaisions de traiter les antécédents ou les concomitants des phénomènes sans lesquels le phénomène [que nous étudions] ne se produirait pas – en résumé, de causes qui, rattachées les unes aux autres et enchaînées par un lien nécessaire, ne sont ni plus ni moins que des conditions *sine qua non*.

Et cette réduction était solidaire d'une formidable promotion du raisonnement analogique, pareille à celle de Goethe. D'Arcy Thompson louait à cet égard aussi bien Kepler que Hume, Mill et Mach. La force de la pensée scientifique était pour lui sa capacité à « corrélérer » des phénomènes, il disait alors à les « mettre en équation », et à « tisser » ainsi un « réseau de connexion et d'interdépendance ». De ce point de vue, causalité et analogie ne différencieraient pas essentiellement ; toutes deux ne seraient que des « liens » établis entre les phénomènes :

Nous nous rapprochons de ce que les scolastiques appelaient une *ratio cognoscendi*, bien que la véritable *ratio efficiendi* soit toujours enveloppée de beaucoup de mystères. Et ainsi traitée, la quête des causes physiques fusionne avec un autre grand thème aristotélicien – la recherche de relations entre des choses apparemment sans rapport, et de similitudes entre choses communément tenues pour différentes.

Il invoquait Newton pour se justifier : le physicien n'aurait pas discriminé la cause de la chute des pommes, mais essentiellement exhibé une analogie entre pommes et étoiles¹. Si cette interprétation est justifiée, il reste que contrairement à celle de Newton, sa « théorie des transformations » n'en était pas une au sens où Bertalanffy, par exemple, entendait le terme « théorie » : elle restait incapable de procéder à la déduction *a priori* de formes existantes et se limitait en fait à une reconstruction *a posteriori* sur un mode inductif². La seule fécondité à laquelle elle pouvait prétendre était de prévoir la possibilité de l'existence passée d'espèces inconnues. A condition de se placer sous l'hypothèse de continuité des variations morphologiques certes incompatible avec la théorie mutationniste de l'hérédité, mais qu'il devait au moins partiellement retenir à cette fin au sein de chaque « classe » pour que l'hypothèse de continuité constitutive de sa mise en œuvre d'homomorphies mathématiques fût satisfaite. Si l'on peut bien dire que D'Arcy Thompson avait interprété et même construit mathématiquement le concept *biologique* d'homologie, on ne peut donc pas affirmer qu'il ait vraiment fourni une biologie mathématique : il ne fournissait aucune *loi* morphologique dont des conséquences pourraient être mises à l'épreuve de l'observation et du test empirique, ni même (mais Newton n'avait pas fait mieux...) d'indication sur le moyen d'en établir. Le plus important ici me semble toutefois être non pas tant la nature effective de la morphologie que D'Arcy Thompson s'efforça d'édifier que le fait que toutes ses conceptions s'enracinaient dans l'idée qu'il se faisait du rôle et de la signification des mathématiques dans la connaissance en général, biologique en particulier, et dans l'intime connexion de cette idée avec son holisme.

D'Arcy Thompson voyait la première fonction des mathématiques dans la « qualité de précision » qu'elles apportent à la description des formes naturelles. Mais il attribuait leur fécondité et leur puissance à leur fonction symbolique. Il considérait que les symboles mathématiques « sont si riches de signification que la pensée elle-même est [avec eux] économisée ». Une « économie de pensée » qui se comprenait toutefois bien moins chez lui au sens « phénoménaliste » de Mach que dans une perspective sur ce point voisine de celle de Poincaré (auquel il se référa justement en ce sens) et, plus encore peut-être, de celle de Cassirer. Le symbole mathématique constituait en effet à ses yeux l'outil le plus puissant pour démêler un enchevêtrement de relations concrètes ; pour inférer les causes qui, combinées, produisent un effet déterminé. Et de cette vertu « analytique » accoucherait une vertu « synthétique », en ceci que le symbole mathématique condense de manière si abstraite et générale un réseau de relations qu'il offre la possibilité de rapprocher des entités en apparence hétérogènes et de dévoiler les « homologies » qui les unissent, voire leurs « identités », ce « même » qui resterait sinon dissimulé sous une apparence d'altérité :

Nous atteignons par l'analyse mathématique à la synthèse mathématique. Nous découvrons des homologies ou des identités qui n'étaient pas évidentes auparavant, et que nos descriptions masquaient plus qu'elles ne les révélaient.

¹ Thompson D'Arcy W. (1917, 1942, 1961), p. 6.

² Przigram H. (1923), pp. 13-14, bien qu'étant l'un des premiers zéloteurs de Thompson, développa ce genre de critique.

D'Arcy Thompson trouva en particulier ici le ressort d'une réfutation d'un argument que son dynamicisme avait conduit Goethe à opposer à la mathématisation du vivant. Ce serait en effet justement grâce à ce pouvoir de synthèse que l'on peut « passer rapidement et aisément du concept mathématique de forme dans son aspect statique à la forme dans ses relations dynamiques » : chaque homologie permettrait de « discerner la grandeur et la direction des forces qui ont suffi pour convertir une forme en l'autre ». D'Arcy Thompson en tira argument afin d'affirmer la compatibilité de la mathématisation et de l'« axiome » scholastique tout droit issu des *Mécaniques* d'Aristote ou, tout au moins, de ses disciples : « qui ignore le mouvement ignore la nature »¹. Il est remarquable à cet égard qu'il se soit aussi, dans la réédition de son essai en 1942, référé à Boltzmann et à Lotka en écrivant :

La morphologie n'est pas seulement l'étude des choses matérielles et de la forme des choses matérielles ; elle a son aspect dynamique, sous lequel nous traitons de l'interprétation en termes de forces des opérations de l'Énergie².

Cet effort pour montrer la compatibilité des mathématiques et de l'appréhension de la forme vivante dans son dynamisme fut un moment parmi d'autres de la sorte de « rédemption » des mathématiques qu'il opéra (au moins aux yeux de certains biologistes) en les sortant finalement de leur confinement au domaine du « mort » pour en faire l'organe d'une esthétique du vivant ; une rédemption qui constitue une raison majeure de l'admiration, voire de la fascination que son œuvre exerça durablement même chez des non biomathématiciens³.

Le plus important pour mon propos reste toutefois à mon sens que D'Arcy Thompson ait tenu les mathématiques pour un instrument essentiel pour comprendre les « totalités » que le scientifique, au premier chef le zoologiste, est conduit à prendre pour objets :

Chaque phénomène naturel, quelle qu'en soit la simplicité apparente, est en réalité composite ; et chaque action, chaque effet visible, est une somme d'innombrables actions sous-jacentes. C'est ici que se manifeste le pouvoir particulier des mathématiques : celui de combiner et de généraliser [...] La croissance et la forme sont entièrement de cette nature composite ; nécessairement, les lois des mathématiques en seront donc le fondement, et leurs méthodes seront particulièrement adaptées pour les interpréter.

Invoquant Galilée, il voyait en outre l'« excellence de la méthode des mathématiques » dans son art d'« éliminer » et de « négliger », de faciliter une compréhension supérieure que n'entravent pas les « imperfections de la matière ». C'est cet art qui, associé à leur « pouvoir de combiner et de généraliser », ferait des mathématiques le moyen de mener à son épanouissement la morphologie goethéenne. Caractéristique est la manière dont D'Arcy Thompson fit écho à la maxime déjà citée que Goethe avait mise à son fondement (« l'esprit doit embrasser l'ensemble et en déduire par abstraction le type général »⁴), en la ré-interprétant dans une optique que l'on peut effectivement bien qualifier de « galiléenne » puisqu'elle renvoyait au principe de « défalcation des empêchements » sur la base duquel le père de la mécanique moderne avait justifié son approche mathématique de la nature :

Nous devons apprendre du mathématicien à conserver le type à l'esprit et à délaissier le cas particulier, avec tous ses accidents⁵.

Parce qu'il les concevait comme les révélatrices des harmonies du monde, qu'il s'agisse du caractère de « totalité » des formes naturelles ou des correspondances qui les unissent, les mathématiques apparaissent finalement chez D'Arcy Thompson comme le moyen privilégié d'ériger un holisme en cadre épistémologique légitime de la science en général : sa morphologie ne constituait à ses yeux qu'une introduction à une « Science de la Forme » traitant, par-delà le monde organique, des « formes prises par la matière dans tous les aspects et conditions et, en un sens plus large encore, des formes théoriquement imaginables »⁶.

¹ Thompson D'Arcy W. (1917, 1942, 1961), pp. 269-270.

² Thompson D'Arcy W. (1942, 1961), p. 14.

³ Fox Keller E. (2002), p. 82.

⁴ Goethe J.W., in Callot E. (1971), p. 142.

⁵ Thompson D'Arcy W. (1917, 1942, 1961), pp. 270-271.

⁶ *op. cit.*, p. 269.

Si D'Arcy Thompson a souvent été et reste considéré comme le père de la biologie mathématique¹, y compris et d'abord par des chercheurs dont les travaux se conforment plus que les siens à ce qui est entendu ici par « biologie mathématique », cela ne saurait tenir aux formalismes mathématiques qu'il aurait mis en œuvre pour appréhender les problèmes de la forme et de la croissance organiques. Car son œuvre, qui se distingua à cet égard de celle de ses successeurs en ignorant l'analyse et l'algèbre au profit de la seule topologie naissante, en était quasiment dépourvue, cherchant à emporter la conviction du lecteur non au moyen de chaînes d'inférences logiques au sein d'un système de symboles mathématiques, mais par la figuration, par le pouvoir évocateur et de persuasion de l'image : il privilégiait la vision et l'illustration sur la formulation et la démonstration proprement mathématiques. Contrairement aux travaux biomathématiques ultérieurs, sa morphologie ne s'inscrivait pas dans un cadre formel hypothético-déductif : les mathématiques, purement descriptives, y constituaient une force de suggestion, non d'explication². C'est manifestement avant tout l'état d'esprit de D'Arcy Thompson qui eut valeur d'exemple chez les biomathématiciens, sa manière de légitimer et de promouvoir une alliance entre mathématiques et science du vivant. D'autant plus, et cela concernait Bertalanffy au premier chef, dans la mesure où il donnait par la même occasion à voir la possibilité d'une compatibilité entre perspective holistique et approche mathématique.

Que le Viennois ne se soit apparemment intéressé de près à D'Arcy Thompson qu'à partir de 1933 et qu'il n'en ait très probablement eu auparavant qu'une connaissance de seconde main s'explique d'abord par son investissement, à partir de cette année-là, dans l'élaboration d'une autre théorie mathématique de la croissance organique. Mais cela s'explique probablement aussi par une perception auparavant déformée du contenu des travaux de D'Arcy Thompson et très incomplète eu égard à leur portée pour ses propres conceptions, dérivée d'une lecture superficielle qui en fut souvent faite dans le contexte de controverses entre « mécanicistes » et « vitalistes » ; à savoir qu'ils auraient constitué une nouvelle tentative anti-vitaliste pour expliquer les organismes vivants par des principes purement mécaniques³ : un projet que le Viennois n'était certainement pas enclin à considérer avec sympathie. Les contacts que Bertalanffy eut avec le *Theoretical Biology Club* et l'importance jouée par D'Arcy Thompson dans les conceptions développées dans ce groupe (sur lesquels je reviendrai au 2-4-5-3) jouèrent certainement un rôle décisif dans l'intérêt de Bertalanffy pour le zoologiste écossais. Il ne s'y référa certes qu'assez tardivement, à partir de 1937. Ce fut alors sur la base d'une connaissance directe de ses travaux, qu'il s'agisse de sa mention de l'essai de D'Arcy Thompson en bibliographie ou des exemples et illustrations spécifiques qu'il en reprit directement⁴. L'important ici est surtout qu'il ait, avant la formulation de son projet « systémologique » général, pu prendre toute la mesure de la signification de sa morphologie à cet égard.

2-4-2-2 – La « bionomie » comme science mathématique des formes organiques

Il n'est pas anodin que D'Arcy Thompson ait puisé une part de son inspiration dans les productions du *Prater Vivarium* de Vienne⁵ dirigé par Przibram, avec lequel Bertalanffy fut en relation étroite au moins dans les années 1924-1926 lorsqu'il termina ses études dans la capitale autrichienne. J'ai déjà exposé au 1-4-5-6 l'originalité de cet institut expérimental que caractérisait la recherche, dans un esprit interdisciplinaire, d'explications causales des formes organiques, aussi bien physico-chimiques que physiologiques, et la mise de cette approche au service d'une conception holistique de l'organisme. Les influences furent réciproques entre Przibram et D'Arcy Thompson. Cette réciprocité se marque notamment par le fait mentionné au 1-4-5-12 que le premier, stimulé aussi en ce sens par la théorie des « *Gestalten* physiques », envisagea au moins à partir de 1923 l'édification d'une « morphologie générale » susceptible de formuler des principes et lois s'appliquant tant aux formes organiques qu'inorganiques, qui rejoignait clairement l'idée d'une « Science de la forme » avancée par D'Arcy Thompson. Les orientations de recherche au *Prater Vivarium*, ainsi que les analyses de son directeur sur la légitimité de la « construction d'une biologie mathématique » (titre d'un essai qu'il

¹ Fox Keller E. (2002), p. 54, p. 61 et p. 79.

² Il attribuait d'ailleurs respectivement aux mathématiques et à la physique des rôles descriptif et explicatif (*op. cit.*, p. 8).

³ Fox Keller E. (2002), p. 63.

⁴ Bertalanffy L. von (1937b), pp. 96-98. Il s'agit surtout du premier exemple concernant les poissons reproduit plus haut, de certaines illustrations de Dürer ou du cas paléontologique des titanothères (voir aussi Thompson D'Arcy W., *op. cit.*, pp. 290-291 et p. 311).

⁵ Coen D.B. (2006), p. 494.

publia en 1923) et sur la possibilité de la concilier avec une perspective holistique, furent en fait au moins autant que les travaux de D'Arcy Thompson susceptibles de nourrir significativement les réflexions de Bertalanffy quant aux rapports de principe entre son programme « organismique » et les mathématiques, et son épistémologie effective de la mathématisation. Przibram avança d'autres arguments que l'Écossais en faveur d'une biomathématique, dont les conceptions de Bertalanffy portèrent indubitablement l'empreinte dès le tournant des années 1930, bien qu'il ne se les soit pas encore pleinement appropriés à l'époque.

Il était d'une manière générale typique de la recherche expérimentale entreprise dans le cadre du *Prater Vivarium* que le holisme s'y combinait avec la préoccupation de faire systématiquement reposer l'étude des organismes sur des mesures quantitatives précises, afin de comprendre leur dépendance à leur environnement et les processus physico-chimiques sous-jacents à leur développement : la généralisation du recours aux mathématiques en biologie et l'édification d'une biologie quantitative « exacte » y étaient pour ainsi dire paradigmatiques. Przibram s'en fit l'avocat le plus systématique. Il considérait qu'il s'agissait d'une réponse nécessaire à la situation contemporaine d'une biologie où les « slogans » se substituaient au travail des concepts et où l'expérience n'était pas guidée par une vision théorique. Pour lui, l'état insatisfaisant de la biologie tenait avant tout à ce qu'elle s'était jusqu'alors satisfaite de décrire ses objets *qualitativement*, négligeant le fait que « seuls les concepts éprouvés quantitativement permettent leur composition en formules » et que seules ces formules, ces « lois », permettent d'accomplir la vocation de la science : la « maîtrise intellectuelle de la nature »¹. Une biologie *quantitative* s'imposait donc selon lui, dont la vocation serait la détermination des « lois de la nature vivante ». Ce qui passait en particulier par la compréhension, qu'il jugeait insuffisante chez la plupart des biologistes, de la fameuse distinction déjà discutée au 2-2-1-2 entre « lois » et « règles » empiriques.

Przibram ne se satisfaisait dès lors pas de la réduction du rôle des mathématiques en biologie à un outil servant ponctuellement à la description de phénomènes isolés, limité au traitement statistique de données quantitatives (comme dans la biométrie d'un Pearson) ou à un ajustement de telles données par des formules empiriques². Il considérait que même les travaux de D'Arcy Thompson, s'ils avaient le mérite de montrer que la morphologie *peut* être érigée sur « le sol ferme des mathématiques », restaient insuffisants : ils laissaient dans l'ombre les « facteurs de transformation » et fournissaient non une « théorie », mais une simple « méthode » dépourvue de force déductive et explicative³. Il s'agissait pour Przibram de transformer radicalement le rapport des mathématiques à la biologie ; on peut bien dire que sa position, très originale pour l'époque, était que d'instrumental, ce rapport devait devenir « constituant ». Selon Przibram, la biologie ne pouvait progresser – notamment vers son unité – qu'en suivant une voie analogue à celle qui vit l'astronomie « remplacer » l'astrologie :

Nous devons tendre à transformer la « biologie » en une « bionomie » [...] Ce changement de nom sera justifié dès lors que nous serons en mesure de substituer à des spéculations plus ou moins hasardeuses des théories mathématiques du vivant⁴.

Comme Fechner l'avait fait en son temps, il voulait en finir avec l'idée restée dominante selon laquelle il serait impossible à la mathématique de s'introduire dans la représentation des processus biologiques : on le pouvait bien, pourvu que soient élaborées et mises en œuvre des conceptions et des techniques appropriées. Przibram alla en conséquence jusqu'à prôner l'introduction *obligatoire* de travaux quantitatifs dans les thèses doctorales en biologie et une formation solide en mathématiques (ainsi qu'en sciences physico-chimiques) : au moins dans une certaine mesure, « le biologiste devrait lui-même être mathématicien »⁵.

Il n'ignorait bien sûr pas que l'introduction de mathématiques dans l'étude du vivant s'était depuis longtemps révélée possible par le biais de l'analyse biochimique et biophysique. Mais, et l'argument était là encore d'une grande originalité à l'époque, la biochimie et la biophysique resteraient en cela de la chimie et de la physique. C'est-à-dire qu'il ne pourrait y avoir de biologie mathématique à proprement parler tant que la mathématisation ne dérive que d'une analyse de

¹ Przibram H. (1923), pp. 1-3.

² Przibram H. (1923), pp. 4-5 et 32-34.

³ *op. cit.*, pp. 13-14.

⁴ *op. cit.*, p. 47.

⁵ *op. cit.*, pp. 54-58.

processus organiques isolés, pour la raison qu'une telle analyse fait abstraction du problème biologique en tant que tel, que Przibram n'attendit pas Bertalanffy pour identifier comme étant celui de la « totalité » organique et de ses lois. C'est pourquoi il lia étroitement la construction d'une biologie mathématique à une conception holistique des organismes. On peut même dire qu'il inscrit ladite construction dans ce cadre holistique :

Par l'analyse, par l'étude de faits isolés, s'élimine le biologique à proprement parler [...] Il en résulte que nous ne pouvons pas seulement prétendre au droit d'appréhender par le calcul la totalité de l'organisme, mais que nous avons précisément la tâche de rechercher des méthodes qui rendent possible une telle appréhension quantitative des phénomènes de la vie¹.

Contrairement à ce que pourrait laisser entendre la fin de cette citation, Przibram ne pensait toutefois pas que la biologie contemporaine avait besoin à cette fin de mathématiques sophistiquées, et encore moins de se créer des mathématiques adéquates². Il jugeait surtout essentiel de voir que la mathématisation n'a pas nécessairement à procéder d'une analyse des processus sous-jacents aux phénomènes biologiques ; en particulier en morphologie, où les formulations mathématiques du cours temporel de la croissance organique globale disponibles à cette époque (que je discuterai au 2-5-1) en fournissaient déjà des exemples :

Il n'est absolument pas toujours nécessaire de connaître le nombre ou la nature des composants impliqués dans la morphogenèse pour parvenir à des lois formulables mathématiquement et théoriquement applicables³.

Nous retrouverons des formulations quasiment identiques chez Bertalanffy lorsque sera considérée au 2-5-1 l'élaboration de sa propre théorie de la croissance. Cette conception s'enracinait dans la vision statistique de la nature en vogue chez les physiiciens viennois (dont j'ai dit au 1-4-2-3 l'impact sur Bertalanffy), avec laquelle Przibram se familiarisa par ses nombreux échanges avec Exner. Il pensait qu'en montrant que l'indétermination individuelle se concilie avec des lois exactes du comportement de masse, la physique statistique indiquait la voie à suivre en biologie ; et qu'elle privait de fondement l'un des arguments opposés à la biologie mathématique auquel Fechner s'était déjà attaqué : celui selon lequel les mathématiques ne s'appliquant qu'aux phénomènes individuellement prédictibles, elles seraient incompatibles avec la variabilité irréductible de l'individu biologique⁴. Il est clair que ces réflexions préfigurent le concept bertalanffien de « statistique d'ordre supérieur ».

Et en ce qui concerne spécifiquement la morphologie, j'ai déjà dit au 1-4-5-6 que Przibram formula dans le prolongement de Hering l'idée que la connexion entre morphologie et physiologie reposerait sur la conception de l'organisme comme système en équilibre dynamique. Il considérait d'ailleurs comme bon nombre de ses collègues que l'absence d'une telle connexion constituait la faiblesse majeure des travaux de D'Arcy Thompson. Bien que critique à l'égard de ses travaux, il s'accorda au moins avec Frédéric Houssay pour qualifier comme l'avait fait le zoologiste français en 1910 de « morphologie dynamique » la science qui en résulterait⁵. Weiss (élève de Przibram) parla en 1926 de « morphodynamique » et Bertalanffy, une décennie plus tard, de « morphologie dynamique » : la filiation est claire. Mais eu égard au projet bertalanffien d'une biologie « organismique exacte », l'anticipation est encore plus frappante si l'on remarque aussi que Przibram voyait déjà dans la conception systémique en question le meilleur moyen de mettre la morphologie sur la voie de la détermination de lois mathématiques. Il la tenait même pour l'unique voie adéquate afin d'appréhender de manière à la fois non vitaliste et « exacte » les propriétés de la « totalité » organique, en particulier afin de rendre compte de la téléologie apparente des phénomènes de régulation :

L'influence du « tout » sur les « parties » devient sur la base de cette conception accessible à un traitement mathématique [...] La morphologie et la physiologie mènent par la considération de

¹ Przibram H. (1923), p. 21.

² *op. cit.*, p. 53.

³ *op. cit.*, p. 25.

⁴ Coen D.B. (2006), pp. 500-503.

⁵ Przibram H. (1923), p. 9.

l'être vivant comme un système holistique [*Gestaltssystem*] à une formulation mathématique unitaire¹.

La multiplicité des arguments de Przibram susceptibles d'être intégrés au programme « organismique » de Bertalanffy et notamment de l'infléchir d'emblée dans une optique résolument biomathématique pose inévitablement une question : pourquoi Bertalanffy ne s'orienta-t-il vraiment dans la voie indiquée par Przibram que dix ans après la publication de son essai, alors qu'il le connaissait ? Une question complémentaire est de savoir pourquoi il se référa maintes fois à certains travaux de Przibram jusqu'en 1932 sans jamais ne serait-ce que citer une seule fois son essai sur la « construction d'une biologie mathématique », que ce soit avant ou après cette date. Le fait qu'aucune véritable biologie mathématique ne fut élaborée ni par Przibram, ni plus généralement au *Prater Vivarium*, peut constituer un premier élément de réponse, même compte tenu du caractère programmatique et essentiellement épistémologique des travaux de Bertalanffy jusqu'en 1932. Ses réflexions sur la nécessité de construire des mathématiques conformes à son programme montrent en effet qu'il restait même alors dubitatif quant à la possibilité effective d'une mathématisation de type holistique des événements biologiques. De sorte que les arguments de Przibram peuvent lui être apparus insuffisamment convaincants, faute d'exemples significatifs à leur appui. Si l'on se penche de plus près sur les références de Bertalanffy à Przibram entre 1926 et 1932, on constate de plus que ce fut le plus souvent pour s'attaquer à ses inclinations physicalistes, notamment à sa foi en la valeur des analogies cristallographiques du vivant. Rappelons qu'il rangeait le zoologiste et biochimiste aux côtés de Köhler dans la catégorie des défenseurs d'un « mécanisme de la *Gestalt* ». De même qu'au sujet de D'Arcy Thompson, il est donc déjà très probable que Bertalanffy ait pour ainsi dire tenu Przibram pour un « faux ami », au sens d'un holiste partisan d'un monisme physicaliste antinomique à l'exigence d'autonomie logique et méthodologique de la biologie dont lui-même se faisait l'avocat. Si les arguments de Przibram ne le laissèrent très probablement pas indifférent, leur force fut tout aussi probablement amoindrie à ses yeux du fait qu'ils allaient de pair chez leur auteur avec la conviction que « la cristallographie et la biologie devraient pouvoir profiter l'une de l'autre » et qu'il fallait « s'attendre à des progrès mathématiques communs », même si Przibram reconnaissait par ailleurs honnêtement que la cristallographie n'avait encore apporté « aucun gain » à la biologie du point de vue mathématique². Ajoutons encore, plus spécifiquement peut-être pour la période 1932-1941 où il n'est pas une seule des thèses de Przibram exposées plus haut que Bertalanffy n'ait en fin de compte reprise, que le mutisme de ce dernier peut certainement aussi être mis en parallèle avec la grande sélectivité déjà évoquée avec laquelle il se référa aux travaux de Weiss, les plus pertinents d'entre eux eu égard à son programme « organismique » n'ayant justement pas non plus été cités (ou seulement très tardivement, après-guerre) par Bertalanffy. J'ai déjà dit à ce sujet au 1-4-5-6 qu'une rivalité s'était instaurée entre lui et Weiss au moins à partir de 1927-1928, qui permet de rendre compte de cet état de fait. Une hypothèse analogue semble pertinente quant à ses relations avec Przibram, surtout si l'on se rappelle que la promotion de Bertalanffy en tant que « maître de conférence » à l'université de Vienne en 1940 fut largement liée à l'éviction de Przibram en 1938 du fait de sa judéité – un fait qui suggère au moins une rivalité objective. Remarquons enfin que cette judéité pourrait expliquer à elle seule le mutisme de Bertalanffy à partir de 1933 : comme bien d'autres à l'époque, il ne se référa en effet à aucun biologiste juif à partir de cette date (jusqu'en 1945), en particulier à aucun de ceux, tels Goldschmidt et Przibram, auxquels il s'était pourtant souvent référé auparavant.

S'il est incontestable que les essais de D'Arcy Thompson et Przibram contribuèrent, surtout après 1932, à l'évolution des idées de Bertalanffy non seulement quant à la possibilité de ce que l'on pourrait appeler une « biomathématique organismique », mais aussi (surtout de la part de D'Arcy Thompson) quant à la genèse de son projet de « systémologie générale », il apparaît donc aussi qu'ils ne purent jouer ce rôle qu'en conjonction avec d'autres. Il était d'abord important que Bertalanffy ait connaissance de l'existence de véritables constructions biomathématiques à caractère théorique au sens où il entendait ce terme. Mais il était aussi important qu'il puisse mettre au moins certaines de ces éventuelles constructions en connexion avec ses deux grands « principes organismiques », à commencer par le plus fondamental, celui du « système ouvert en équilibre de flux ». Il est intéressant à cet égard de constater qu'outre les domaines de la croissance organique et du métabolisme, qui

¹ *op. cit.*, pp. 23-24.

² *op. cit.*, p. 19 et p. 21.

seront considérés au prochain chapitre de ce point de vue, Przibram avait dès 1923 prophétisé que deux autres domaines de la biologie seraient prochainement « accessibles à un traitement mathématique », dans lesquels (entre autres) Bertalanffy eut justement l'opportunité après 1932 de s'instruire de la possibilité de telles connexions : ceux de la division cellulaire et de l'excitation nerveuse¹. Il va donc s'agir maintenant de considérer ces travaux, avec surtout en ligne de mire la figure de Rashevsky et son programme d'une « biophysique mathématique ».

2-4-3 – *L'avènement d'une « biophysique mathématique » et de modèles mathématiques de systèmes ouverts en physiologie*

Que ces derniers soient incontournables dans l'histoire du projet « systémologique » de Bertalanffy tient à plusieurs raisons. Nous avons déjà vu le Viennois invoquer dès 1932 les premiers travaux biomathématiques du physico-mathématicien d'origine ukrainienne² afin de justifier la légitimité d'une approche « galiléenne » des problèmes biologiques. Durant toute la période 1933-1937, la formulation du programme d'une « biophysique mathématique » par Rashevsky, ainsi que les multiples modèles mathématiques de processus physiologiques qu'il construisit alors, ne purent que continuer à susciter son vif intérêt. Il s'agissait en effet, contrairement à celle de D'Arcy Thompson, d'une entreprise ayant un véritable caractère théorique, à la fois très argumentée et concrétisée ; d'autre part, Bertalanffy n'eut aucune difficulté à percevoir avec raison dans cette entreprise, en dépit de son orientation physicaliste résolue et assumée, un ensemble d'approches et d'outils mathématiques pertinents pour la mise en œuvre de son propre programme « organismique » : c'est de ce point de vue que les travaux de Rashevsky vont être considérés ici. Nous verrons par ailleurs au dernier chapitre de cette partie que la rencontre de Bertalanffy avec Rashevsky et ses élèves en 1937-1938 à Chicago joua un rôle significatif dans l'élaboration de sa « théorie des systèmes ouverts ». Enfin, outre son importance non négligeable dans l'histoire de la cybernétique, celle qu'eut Rashevsky quant au projet de « systémologie générale » en tant que tel est également significative, non seulement parce que deux de ses élèves d'après-guerre, Rapoport et Rosen, en furent des figures majeures, mais aussi parce qu'il apporta lui-même sa pierre à son actualisation – des apports qui seront évoqués au 4-1-3-5.

C'est en travaillant à la fin des années 1920 sur le problème thermodynamique de la fission spontanée de particules colloïdales que Rashevsky remarqua les similitudes entre ce phénomène et celui de la division cellulaire. Lui qui, selon Rosen, fut « toute sa vie un mécaniciste dévot », fut amené à émettre l'hypothèse que ce dernier phénomène est justiciable d'une explication purement physique. Il fut d'autant plus stimulé dans la recherche d'une telle explication qu'il n'y en avait à l'époque aucune, pas même « purement biologique ». Son intérêt pour la biologie ne cessa dès lors de croître. Il se focalisa dans un premier temps sur ce problème cytologique, puis rapidement aussi sur celui des bases physiques de l'excitation et de la conduction nerveuses. Outre celles des biologistes Wright et R. Lillie, ses travaux attirèrent l'attention du physicien Arthur H. Compton. Leur lien avec le problème de la fission nucléaire fut remarqué et utilisé par la suite dans l'étude de ce dernier. C'est sur la recommandation du biologiste et des deux physiciens précités que Rashevsky bénéficia d'une bourse de la fondation Rockefeller lui permettant de venir travailler à l'université de Chicago. Il y fut nommé en 1935 assistant de « biophysique mathématique » au département de psychologie, avant d'être intégré la même année au département de physiologie par Anton J. Carlson³. À ses conférences assistaient en particulier dans cette période de brillants étudiants qu'il ne tarda pas à réunir autour de lui et dont les deux premiers devinrent plus tard des grands noms de la cybernétique : Herbert D. Landahl, Alston S. Householder, John M. Reiner et Alvin M. Weinberg. C'est ce groupe que rejoignit en 1940 le plus célèbre des étudiants de Rashevsky, à savoir Pitts⁴. Dans le prolongement de ses

¹ *op. cit.*, p. 51.

² Rosen R. (1972b), pp. xi-xii: Rashevsky obtint un doctorat en physique théorique à l'université de Kiev en 1919. Du fait de ses origines bourgeoises et de son ralliement aux « blancs » dans la marine au cours de la révolution de 1917, il fut contraint d'émigrer à peine son diplôme obtenu. Après une année passée à Istanbul et trois autres à Prague en tant que professeur de physique théorique, il émigra définitivement aux États-Unis en 1924, où il trouva dans un premier temps un poste de physicien à l'université de Pittsburgh.

³ *op. cit.*, pp. xi-xii. Abraham T.H. (2004), pp. 338-339.

⁴ Rashevsky considérait Pitts comme « un autre Evariste Galois ». C'est dans la revue qu'il fonda (*Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, pp. 115-133) que Pitts publia en 1943 avec MacCullough sa retentissante théorie des réseaux de neurones, intitulée « Un calcul logique des idées immanent à l'activité nerveuse », que l'on peut tenir pour l'un des textes fondateurs de l'intelligence artificielle. Voir le 3-3-2-4.

premiers travaux, c'est avec eux que Rashevsky travailla à la théorisation physico-mathématique de la croissance et de la division cellulaires, de l'excitation et de la conduction nerveuses, des réseaux de neurones ainsi que des bases neuronales de l'apprentissage et de la reconnaissance des formes¹. La nouveauté de ces recherches et leur écho quasiment nul parmi les biologistes, dont les raisons seront discutées dans cette section, contraignirent Rashevsky à fonder en 1939 une revue appropriée (trimestrielle) qui leur serve de véhicule, dont les articles furent durablement le fait quasi-exclusif de son groupe de recherche : le *Bulletin of Mathematical Biophysics*. Malgré leur marginalité dans le monde de la biologie, l'intérêt des travaux de Rashevsky et de ses élèves fut suffisamment reconnu pour qu'une chaire de « biophysique mathématique » soit créée en 1940 à son intention. La guerre vint toutefois au moins provisoirement mettre un terme à la dynamique qu'il avait initiée : la plupart de ses élèves s'intégrèrent au programme de recherches sur l'énergie atomique².

2-4-3-1 – *Les modèles de croissance et de division cellulaire de Rashevsky*

La première approche par Rashevsky du problème de la division cellulaire, dans les années 1920, fut électrophysiologique : elle était fondée sur une analyse de la résistance électrique des tissus organiques. Mais elle se révéla vite « intenable quantitativement »³ et il l'abandonna au début des années 1930 au profit d'une toute autre approche qui posait certes désormais le problème en des termes et concepts (substances colloïdales, tension superficielle, pression osmotique, perméabilité, etc.) voisins de ceux des cytophysiologistes contemporains tels que R. Lillie et le Français Pierre Lecomte du Nouÿ, mais qui s'en distinguait radicalement du point de vue épistémologique : il ne s'agissait pas pour lui d'effectuer une analyse de la biophysique de cellules observables où les mathématiques n'auraient qu'un rôle d'organisation des données expérimentales en termes quantitatifs, mais d'analyser mathématiquement des cellules idéalisées sur la base de lois physiques⁴. Rashevsky partageait déjà avec Bertalanffy l'idée que postuler une « unité dans la diversité » constitue un « prérequis pour la possibilité de l'existence de toute science ». L'universalité du phénomène de division cellulaire lui suggérait par conséquent l'existence d'une cause commune sous-jacente à tous les cas de division cellulaire, qui soit la principale « force » la produisant. Cette cause commune, aussi universelle que la division elle-même, Rashevsky la rechercha dans le métabolisme cellulaire⁵. Toute cellule étant soumise à un flux de substances dont le transport est principalement assuré par diffusion et toute membrane au travers de laquelle diffuse une substance exerçant une force de résistance dirigée en sens contraire au flux qui la traverse (puisque d'après le principe d'action et de réaction, ce flux induit lui-même une force dirigée dans son sens), le problème posé par Rashevsky était de savoir si le système des forces s'exerçant sur les différentes parties de la cellule en vertu de son métabolisme, des échanges entre « nutriments » et « sécrétions », peut suffire à rendre compte de sa division⁶. Autrement dit en termes bertalanffiens, si celle-ci pouvait être expliquée par le seul caractère de « système ouvert » de la cellule. Bien sûr, la grande diversité des cellules, notamment quant à leur composition chimique et à leur mode de division (simple fission, bourgeonnement en levures, mitotique, amitotique), rendait apparemment ce problème d'une « complexité sans espoir ». Rashevsky jugeait pourtant qu'une étude mathématique en est tout-à-fait possible, pourvu que l'on procède « par abstraction », en « extrayant les caractéristiques essentielles » de ces phénomènes. Il ne recula pas devant les simplifications drastiques pour se construire une cellule idéalisée en tant qu'objet-modèle prêt à être mathématiquement modélisé :

Bien que la plupart des cellules aient un noyau distinct, d'autres ne semblent pas en avoir un en tant que structure unique séparée. Donc l'existence d'un noyau distinct n'est pas une chose absolument essentielle. La même chose vaut pour les vacuoles, les plastides, etc. On ne peut pas non plus considérer comme essentiel un mode particulier de métabolisme cellulaire. Et la même chose vaut eu égard aux différents types de division cellulaire. Ne retenant que les choses qui sont communes à toutes les cellules connues, nous concluons qu'une cellule est essentiellement un petit système

¹ Rashevsky N. (1938, 1948).

² Rosen R. (1972b), p. xii ; Abraham T.H. (2004), pp. 354-369 ; Rashevsky N. (1948), p. xix.

³ Varenne F. (2004), pp. 78-79.

⁴ Abraham T.H. (2004), pp. 341-342 et p. 361.

⁵ Rashevsky N. (1940), pp. 1-2.

⁶ Rashevsky N. (1938, 1948), pp. 83-136 et (1940), pp. 2-68.

liquide, une goutte, dans laquelle se produisent des réactions chimiques dont le résultat est la croissance. Les substances nécessaires pour ces réactions diffusent dans la cellule depuis l'extérieur, et certains des produits de réaction diffusent depuis l'intérieur. Cette goutte en croissance, chaque fois qu'elle atteint une taille critique, se divise en deux [...] Nous sommes ainsi menés à une théorie physico-mathématique de telles gouttes en tant que première approximation d'une théorie de la cellule. Et ce n'est plus une tâche sans espoir¹.

Pour un tel système en métabolisme, la concentration des substances impliquées n'est pas uniforme, et ce indépendamment des conditions particulières de réactions et de diffusion. La concentration des substances formées dans la « cellule », des « sécrétions », supposée supérieure à leur concentration dans l'environnement, diminue à mesure que l'on s'approche par l'intérieur de la « membrane » de la « cellule », et il en va de même de même à l'extérieur à mesure que l'on s'en éloigne. Par contre, celle des substances diffusant depuis l'extérieur, des « nutriments », supposée supérieure dans l'environnement, diminue à mesure que l'on s'approche du « centre » de la « cellule », et il en va de même à mesure que l'on s'approche par l'extérieur de sa périphérie. Ces gradients de concentration impliquent des différences de pression osmotique, hétérogénéité qui induit à son tour l'existence de forces mécaniques s'exerçant sur la « cellule »². Dans tous les cas, la différence entre les concentrations moyennes d'une substance à l'intérieur et à l'extérieur de la « cellule » croît avec sa taille. Et les conditions de croissance de la « cellule » peuvent en principe être établies mathématiquement sous l'hypothèse que par unité de temps, la quantité de « nutriments » assimilés excède celle des « sécrétions » rejetées dans l'environnement de la « cellule ». Dériver mathématiquement les conséquences de ces principes posait toutefois d'emblée à Rashevsky des difficultés considérables. En effet, ceci suppose au moins la connaissance de la taille et de la forme de la « cellule », des taux de production et de consommation des substances considérées, ainsi que des coefficients de diffusion caractérisant sa « membrane ». De plus, puisque la distribution des flux de diffusion dépend de la forme de la « cellule », une infime variation de cette forme modifie les expressions analytiques décrivant les distributions de concentrations et de flux ; de sorte que toute solution exacte éventuellement trouvée dans un cas de « cellule » donné ne vaudrait que pour ce cas et n'aurait donc guère d'intérêt. Rashevsky contourna (dans un premier temps seulement³) ces difficultés d'une manière alors caractéristique de son approche modélisatrice, qu'il résuma en ces termes :

Résoudre le problème *exactement* dans un cas simple et espérer que les conclusions ainsi tirées vaudront, à un certain degré d'approximation, pour les cas réels et plus complexes qui ne dévient pas trop du cas idéal simple choisi⁴.

La sphère constituant par sa symétrie l'une des rares formes pour lesquelles les équations de diffusion peuvent être résolues de manière exacte, Rashevsky privilégia dans un premier temps l'étude de ce cas idéal. Il justifia ce choix par le fait que les cellules de forme quasi-sphérique sont assez répandues pour qu'une comparaison des résultats théoriques avec l'observation soit possible. Une autre hypothèse simplificatrice y fut adjointe dans un premier temps : que la « cellule » constitue un système monophasé, homogène tant à l'intérieur qu'en ce qui concerne le milieu extérieur. Tant que la « cellule » a une forme parfaitement sphérique, toutes les forces s'exerçant sur elle présentent une symétrie parfaite par rapport au centre et n'impliquent aucune déformation. Rashevsky examina ce qui se passe lors de la survenue d'une déformation, même infinitésimale. Il montra que tant que la taille de la « cellule » est assez petite, les forces de tension superficielle (qui tendent à maintenir la forme sphérique en l'absence de prise en compte d'autres facteurs comme la gravitation) l'emportent sur les forces osmotiques induites par le métabolisme, de sorte qu'aucune division ne peut advenir. Mais les effets osmotiques étant proportionnels au volume et ceux de tension superficielle l'étant à la surface, si les seconds dominent pour de petites valeurs du rayon, c'est le contraire pour de grandes valeurs. Et

¹ Rashevsky N. (1934a), pp. 182-183.

² La force mécanique produite par l'hétérogénéité de la pression osmotique s'exprime par unité de volume par la formule : $\vec{F} = -\frac{RT}{M}\vec{\nabla}(c)$, où R est la constante des gaz parfaits, T la température absolue, M la masse molaire de la substance dissoute et $\vec{\nabla}(c)$ le gradient de concentration

³ Entre 1938 et 1940, Rashevsky développa une autre approche du problème de la division cellulaire qui ne cherchait plus, comme cela va être le cas ici, à résoudre exactement les problèmes mathématiques associés à une forme spécifique de « cellule » ; une approche dont l'inadéquation évidente tient au fait que cette forme se modifie au cours de la division et change donc en principe les conditions d'application des équations exprimant l'évolution du système : Rashevsky N. (1940), pp. 4-5 puis les développements qui suivent.

⁴ Rashevsky N. (1940), p. 3.

comme la différence de concentrations des substances impliquées dans le métabolisme entre l'intérieur et à l'extérieur de la « cellule » croît avec celle-ci, il en va de même de l'importance des forces osmotiques, qui finissent par l'emporter sur les forces de tension superficielle, et tendent donc à faire se diviser la « cellule » afin de minimiser cette différence. Rashevsky montra l'existence d'un rayon critique à partir duquel toute déviation de la forme sphérique implique la survenue spontanée d'une élongation qui conduit inexorablement à la division de la « cellule », ce rayon ainsi que le temps nécessaire pour une division pouvant être calculés en fonction des constantes de diffusion, de la perméabilité, de la température, de la tension superficielle et du taux de métabolisme. Même sous les hypothèses drastiquement simplificatrices constitutives de ce modèle, la comparaison des valeurs théoriques ainsi déterminées avec les valeurs observées se révéla cohérente (par exemple autour de 30 μm pour le rayon théorique, avec un spectre de tailles observées entre 1 μm et 100 μm)¹.

Ce cas idéal ayant été réglé, Rashevsky et ses élèves s'efforcèrent de montrer que les conclusions demeureraient valides dans leur principe si les deux hypothèses simplificatrices étaient modifiées. Gale Young résolut ainsi le cas de l'ellipsoïde de révolution, toujours sous l'hypothèse d'une « cellule » monophasée. Mais cette dernière hypothèse n'étant pas du tout réaliste, il s'agissait aussi d'examiner le cas des « cellules » bi- ou polyphasées. Un cas naturellement beaucoup plus difficile à traiter et où des résultats moins précis furent obtenus. Rashevsky parvint toutefois à montrer dans le cas biphasé que les gradients de concentrations induisent des forces qui tendent à arranger les deux phases soit de manière concentrique, soit de manière excentrée ; et que dans certaines conditions mathématiquement formulables, une division complète survient nécessairement, avec une égale distribution des phases entre les deux « cellules » filles. Toujours dans le cas biphasé, il élaborait aussi une théorie mathématique de la « division indirecte » où la phase intérieure (le « noyau ») se divise spontanément conformément au modèle précédent et où l'énergie ainsi libérée est utilisée pour diviser la phase extérieure (le « cytoplasme »), dont la division s'ensuit à son tour ; une possibilité étant alors une division incomplète menant à des cellules polynucléées².

Ainsi les seules forces de diffusion induites par le métabolisme se révélaient-elles *susceptibles* d'expliquer la croissance et la division cellulaire ou au moins de contribuer à leur explication. Mais Rashevsky prétendit avoir montré plus. Il conserva quelques précautions en 1934 en se limitant à affirmer qu'il avait établi que toute cellule est « contrainte de se diviser au-delà d'une taille critique à cause du simple fait de sa croissance par intussusception » et en reconnaissant son incapacité à dire si la cause de la division qu'il prétendait avoir mise en évidence était la seule. Mais il fut par la suite explicite sur sa conviction profonde :

Les forces de diffusion dues au métabolisme, qui sont par nature toujours présentes dans toute cellule en métabolisante, produiront un certain nombre de phénomènes caractéristiques de la division cellulaire. Il apparaît *très probable* que nous avons avec ces forces trouvé la cause générale de la division cellulaire, car l'on peut dire que même si aucune autre force n'était présente, les cellules se diviseraient dans des conditions propres du fait des forces de diffusion en présence³.

Rashevsky, anticipant une critique ultérieure de Wiener⁴ sans pour autant avoir entre temps fait taire sa pertinence, resta néanmoins toujours très critique vis-à-vis de ses modèles. Non pas certes du point de vue de leur pertinence biologique, mais d'un point de vue strictement physico-mathématique. Un problème de principe grevait en effet fondamentalement la pertinence de ses modèles, du fait qu'ils reposaient sur des principes thermodynamiques « classiques » inapplicables à des systèmes tels que la cellule, et ce précisément en raison de ses échanges avec son environnement. Cette auto-critique figura déjà dans l'introduction à la première édition de sa *Mathematical biophysics* :

La thermodynamique est un outil très puissant pour appréhender les systèmes statiques. Peut-être même devrait-on plutôt l'appeler « thermostatique ». Mais lorsque nous traitons d'un système dans lequel, comme c'est le cas de la cellule vivante, de l'énergie est consommée, produite et transformée continuellement et qu'un *flux d'énergie* continu est maintenu, l'application de la thermodynamique est pour le moins risquée.

¹ Rashevsky N. (1934a), pp. 183-187 ; (1938, 1948), pp. 24-53 et pp. 137-169 ; (1940), pp. 37-68.

² Rashevsky N. (1934a), pp. 187-189.

³ Rashevsky N. (1940), p. 67 ; voir aussi (1934a), p. 187. Les italiques me sont propres.

⁴ Wiener N. (1948, 1961), p. 13 : pour lui, Rashevsky et ses élèves étaient « trop dominés par les problèmes d'énergie et de potentiel et par les méthodes de la physique classique » pour étudier au mieux des systèmes biologiques « loin d'être énergétiquement fermés ».

Rashevsky envisagea la possibilité que la thermodynamique puisse être « généralisée aux systèmes non-conservatifs » et rendre ainsi intelligibles des systèmes non-conservatifs voire éventuellement non-stationnaires (*nonsteady*) maximisant leur entropie¹... mais il laissa ce soin à d'autres. Cette auto-critique est intéressante à plusieurs titres ici. D'abord parce qu'elle fut rédigée après la rencontre entre Bertalanffy et Rashevsky, et qu'il n'est donc pas à exclure qu'elle ait été suscitée par des critiques formulées par le Viennois lui-même. Il apparaîtra dans le dernier chapitre de cette partie que des échanges constructifs eurent en fait lieu au sujet de la thermodynamique des « systèmes ouverts » entre Bertalanffy et sinon Rashevsky, tout au moins plusieurs de ses élèves (Reiner et Householder). La réciprocité des influences est en tous cas déjà manifeste dans cette remarque du Viennois formulée quinze ans après la réflexion de Rashevsky, mais d'une similitude troublante :

La thermodynamique classique s'applique, par définition, aux seuls systèmes fermés. Elle traite presque exclusivement des états d'équilibre, des processus dans des systèmes isolés et des processus irréversibles. Pour cette raison, elle devrait plus adéquatement être qualifiée de thermostatique².

Il n'en demeure pas moins que par-delà ce problème, que Bertalanffy n'évoqua d'ailleurs pas dans ses publications, les modèles de croissance et de division cellulaire de Rashevsky l'impressionnèrent et eurent un impact important sinon sur l'élaboration exactement contemporaine de sa théorie mathématique de la croissance organique, tout au moins sur sa conviction de la pertinence générale de son « premier principe organismique » du « système ouvert en équilibre de flux » dans la perspective d'une théorisation « exacte » en biologie : abstraction faite de leur physicalisme, les travaux de Rashevsky étaient en ses propres termes l'exemple type de la possibilité « de gagner une compréhension des phénomènes de la vie par des modèles conceptuels sous la forme de systèmes plus simples du type 'ouvert' »³ ; mais il est clair que leur mérite était plus spécifiquement pour lui d'avoir montré la possibilité de formuler mathématiquement des « lois » caractéristiques d'un système ouvert. Rien ne permet à ma connaissance de savoir quand exactement, entre 1932 et 1936, Bertalanffy prit connaissance de ces modèles. Et il n'est même pas certain qu'il ait eu connaissance de leurs détails mathématiques avant de rencontrer Rashevsky, puisqu'en 1937 il ne fit sur le sujet référence qu'à l'article synthétique et dépourvu de formules publié en 1934 par le physico-mathématicien. Reste donc par exemple sans réponse la question de savoir si le fait que des équations de Bernoulli⁴ apparaissent dans la formalisation du système ouvert « cellule » tel que pensé par Rashevsky⁵ a ou non influencé Bertalanffy dans son propre usage (étudié au prochain chapitre) de telles équations dans son traitement de la croissance organique à partir de 1934. Par contre, les exposés que le Viennois consacra aux modèles en question de Rashevsky dans les deux essais majeurs qu'il publia en 1937 et 1942 montrent par leur longueur et les maints détails fournis tout l'intérêt qu'il y voyait et la portée qu'il leur assignait. Reste que Bertalanffy ne surestimait pas pour autant la signification des travaux de Rashevsky eu égard à sa propre problématique ; car à ses yeux, leur approche physicaliste laissait en fait intacte la question proprement biologique de l'ordre holistique :

Le résultat de ces considérations et calculs théorético-physiques est ainsi qu'à partir de conditions physiques très générales, en dernière analyse à partir du fait élémentaire que la cellule est une goutte métabolisante, on peut avec nécessité physique et de manière calculatoire rendre compte de ces caractéristiques que l'on tient pour des phénomènes vitaux essentiels : la croissance et la division périodique, la forme non sphérique, les caractéristiques les plus générales de la division cellulaire et de la signification du noyau, etc. Ce qui ne doit naturellement en aucun cas autoriser à ignorer le fait que le problème de l'événement cytologique qui se trouve précisément être le plus important, à

¹ Rashevsky N. (1938, 1940), p. xi.

² Bertalanffy L. von (1954a), p. 361.

³ Bertalanffy L. von (1942), p. 42.

⁴ C'est-à-dire des équations différentielles non linéaires du premier ordre du type : $\frac{dy}{dt} = a(t)y + b(t)y^m$, où a et b sont des fonctions continues fixées et m une constante donnée. Le principe de leur résolution exacte est d'effectuer le changement de variable $z = y^{1-m}$: on obtient alors $\frac{dz}{dt} = (1-m)a(t)z + (1-m)b(t)$, équation linéaire en z du premier ordre dont le principe de résolution exacte est bien connu. Un cas particulier important d'équation de Bernoulli est l'équation dite « logistique » déjà discutée dans ma première partie et dans l'annexe 1-4-5-7 : c'est le cas où a et b sont des fonctions constantes de signes contraires et où $m = 2$.

⁵ Rashevsky N., par exemple (1940), p. 73 où l'évolution du rayon r d'une « cellule » apparaît comme une solution d'une équation de Bernoulli de paramètre -1 puisque satisfaisant une relation du type $\frac{dr}{dt} = \frac{a}{r} - br$, où a et b sont des constantes.

savoir l'ordre conservateur de la totalité d'une multiplicité innombrable de processus dans la cellule, reste à ce jour totalement inaccessible à un traitement physique exact¹.

2-4-3-2 – *Des modèles mathématiques de l'excitation et de la conduction nerveuses*

J'ai déjà mentionné le fait qu'outre les problèmes de la croissance et de la division cellulaires, ceux de l'excitation (sous la forme d'une impulsion électrique) et de la conduction nerveuses constituèrent un domaine de recherche de prédilection pour Rashevsky et ses élèves. Bertalanffy s'intéressa tout autant à leurs travaux sur ce sujet, qui furent d'ailleurs élaborés en connexion directe avec ceux discutés plus haut. Mais les raisons profondes de cet intérêt, si elles recoupaient largement celles qui viennent d'être considérées, ne s'y identifiaient probablement pas. L'épistémologie de la mathématisation ici mise en œuvre par Rashevsky présentait en effet au moins une dimension particulièrement congruente avec la perspective « organismique », mais absente de celle dont ses modèles de croissance et de division cellulaires furent issus : on peut envisager que le Viennois y ait été très sensible. Par ailleurs, plusieurs approches mathématiques de ces problèmes avaient été mises en œuvre avant Rashevsky et Bertalanffy fut naturellement amené à s'y intéresser tout autant, pour des raisons similaires. Il s'agit donc ici de prendre en compte l'ensemble de ces divers travaux afin d'en dégager leur impact sur ses conceptions.

Un traitement mathématique de l'excitation et de la conduction nerveuses fut initié dès la dernière décennie du XIX^e siècle et les premières années du XX^e par trois électrophysiologistes dont l'approche fut décrite par Rashevsky lui-même comme « phénoménologique », au sens où ils établirent des équations décrivant certains aspects de ces phénomènes sans en chercher d'interprétation physique : il s'agit de Jan L. Hoorweg, Keith Lucas et Louis Lapique². Une approche différente, physico-mathématique, fut entreprise en parallèle entre 1899 et 1908 par Nernst, puis complétée par Archibald V. Hill en 1910. Ces travaux furent des références par la suite, en particulier pour Rashevsky. Nernst s'intéressa à l'excitation nerveuse induite par un courant électrique. Il montra que si un tel courant est appliqué sur une membrane imperméable aux ions se trouvant sur sa surface, il induit des différences de concentrations ioniques sur cette membrane et dans son voisinage qui génèrent une « excitation » (une impulsion électrique) dès lors qu'elles atteignent une valeur seuil – l'hypothèse d'imperméabilité étant nécessaire car sinon la diffusion tendrait à réduire les différences de concentration. En résolvant les équations aux dérivées partielles décrivant la diffusion des ions concernés, Nernst établit que l'intensité du courant nécessaire pour provoquer cette excitation est inversement proportionnelle à la racine carrée du temps d'exposition de la membrane à ce courant³. Un premier apport de Rashevsky fut d'établir en 1933 une relation entre les lois caractérisant la stimulation du courant électrique et la vitesse de conduction de l'excitation qu'il induit. L'important est peut-être surtout ici, j'y reviendrai plus loin, qu'il reprit alors sur les problèmes considérés une perspective suggérée et mise en œuvre par Hill, à savoir qu'une théorie de l'excitation et de la conduction nerveuses plus générale que celle initiée par Nernst pouvait être établie, qui ne soit ni purement physico-mathématique, ni purement « phénoménologique », mais « phénoménologique » tout en étant susceptible d'être interprétée physiquement : au lieu de parler de concentrations ioniques, il s'agissait désormais de formaliser (au moyen d'équations différentielles linéaires du premier ordre) les relations entre des « facteurs (ou substances) excitateurs » et des « facteurs inhibiteurs » dont la nature physique n'était pas spécifiée, la focalisation se portant sur la valeur à partir de laquelle le rapport entre leurs concentrations détermine l'excitation⁴.

L'intérêt de Bertalanffy pour les travaux de Hill et de Rashevsky dans la seconde moitié des années 1930 fut d'autant plus marqué que ces derniers commencèrent dans la même période à analyser l'excitation et la conduction nerveuse en relation avec des processus métaboliques, une relation dont la possibilité tient au fait qu'un stimulus électrique augmente le métabolisme de la cellule nerveuse à laquelle il est appliqué (augmentation de l'assimilation d'oxygène et de la dissimilation de gaz carbonique avec une production infime de chaleur) : leurs théories (formellement identiques)

¹ Bertalanffy L. von (1937b), p. 38. Voir aussi pp. 36-37 ainsi que (1942), pp. 42-45 pour l'exposé des modèles de Rashevsky.

² Abraham T.H. (2004), pp. 344-345.

³ Rashevsky N. (1940), p. 103 ; Bertalanffy L. von (1937b), pp. 124-125 ; Abraham T.H. (2004), pp. 343-345.

⁴ Rashevsky N. (1933) (« esquisse d'une théorie physico-mathématique de l'excitation et de l'inhibition ») ; voir aussi Rashevsky N. (1940), pp. 110-118 ; Bertalanffy L. von (1937b), p. 125 ; et Abraham T.H. (2004), pp. 345-346.

reposaient sur l'idée de mécanismes métaboliques induits par un facteur stimulant impliquant « substances excitatrices » et « inhibitrices »¹. Bertalanffy² fut frappé par la convergence d'une telle approche avec les théories physico-mathématiques de l'irritabilité respectivement élaborées par Pütter entre 1918 et 1920, et par le physiologiste autrichien Selig Hecht à sa suite, en 1931. Hering avait dès la fin du XIX^e siècle développé l'idée qu'il résulte de l'application d'un stimulus à un organisme une perturbation réversible de l'équilibre dynamique entre les processus métaboliques qui y ont normalement cours, perturbation qui prend la forme d'une dissimulation accrue (i.e. d'une augmentation du catabolisme) suivie, conformément aux principes de la cinétique chimique, d'une assimilation accrue permettant au système organique de rétablir son état normal. C'est ce schéma, qui s'était déjà révélé fécond pour une approche quantitative des phénomènes de stimulation, que reprisent Pütter et Hecht. Leur hypothèse fondamentale était l'existence, dans les cellules des organes des sens, de « substances sensibles » qui se décomposent sous l'action d'un stimulus pour produire des « substances excitatrices » et qui, au-delà d'une concentration déterminée, rendent possible une stimulation. Partant de l'antagonisme entre production et destruction de « substances excitatrices » et du postulat que tous les processus chimiques sont dans l'organisme soumis à la loi d'action de masse, leurs théories permettaient de déduire des principes de la cinétique chimique tout un ensemble de relations quantitatives empiriquement testables, pour la plupart déjà connues comme simples « règles » : les phénomènes de seuil d'excitation, d'adaptation à la lumière et à l'obscurité, la sensibilité aux différences d'intensité, le domaine de validité de la « loi » de Weber-Fechner (proportionnalité de l'intensité de la sensation au logarithme de l'excitation), etc. Il faut remarquer que, comme dans le cas du modèle de croissance cellulaire de Rashevsky, le traitement mathématique des problèmes en question consistait pour l'essentiel à résoudre des équations différentielles non linéaires mais intégrables de manière exacte, en particulier des équations du type Bernoulli (plus précisément le cas de l'équation logistique) ou du type Riccati³, qui interviennent naturellement en cinétique chimique dès que la loi d'action de masse est mise en œuvre. Si la première mention des travaux de Pütter et Hecht par Bertalanffy date de 1937, le fait qu'ils aient été antérieurs à ses premiers travaux sur la croissance organique ajouté au fait que Hecht était également autrichien rend envisageable une influence quant au choix des formalismes utilisés par Bertalanffy et à l'évolution de ses idées quant à la possibilité de mettre des mathématiques « classiques » au service de son programme « organismique ».

Si l'on s'en tient aux exposés et aux commentaires de Bertalanffy sur tous ces travaux concernant l'excitation et la conduction nerveuse, il apparaît explicitement que son intérêt pour eux tenait à la fois aux caractères mathématiques de leurs diverses approches de systèmes ouverts, aux possibilités d'unification permises par ces approches dans le domaine d'étude en question, mais encore aux connexions entre domaines d'étude biologique jusqu'alors relativement séparés (en l'occurrence, ceux du métabolisme et de l'excitation nerveuse) qu'elles semblaient permettre de réaliser⁴. Certes, mais un retour spécifique sur la « semi-phénoménologie » mathématique de Rashevsky s'impose ici, car il est probable que son impact sur le Viennois fut tout aussi significatif. Si l'on se rappelle le qualificatif de « mécaniciste dévot » (mieux vaudrait dire « physicaliste ») utilisé par Rosen pour décrire son ancien directeur de recherches, on est tenté de voir une sorte de « schizophrénie » dans son approche de l'excitation et de la conduction nerveuses. En effet, son inspiration physicaliste se heurtait plus manifestement à la complexité du vivant quant à ces problèmes que dans son étude de la croissance et de la division cellulaires, son approche de la morphogenèse des métazoaires la confrontant d'ailleurs aux mêmes difficultés⁵. Et s'il n'adopta là un point de vue « phénoménologique » qu'en le considérant comme provisoire, il n'en reste pas moins qu'il rejoignait

¹ Bertalanffy L. von (1940b), p. 530 et (1942), p. 51.

² Pour tout ce qui suit, voir Bertalanffy L. von (1937b), pp. 100-105.

³ Les équations de Riccati sont des équations différentielles non linéaires du premier ordre ; ce sont des équations de Bernoulli de paramètre $m = 2$ avec « second membre », donc de la forme : $\frac{dy}{dt} = a(t)y + b(t)y^2 + c(t)$. Une solution particulière u en étant connue, le changement de variable $z = y - u$ donne une équation de Bernoulli de paramètre 2 en z , dont la résolution est connue. Un exemple chez Hecht est son équation décrivant l'évolution de la concentration y d'une « substance excitatrice » dans le cas d'une stimulation lumineuse : $\frac{dy}{dt} = kJ(s - y) - Ky^2$, où k et K sont des constantes, J l'intensité lumineuse et s la concentration initiale de la « substance sensible ».

⁴ Bertalanffy L. von (1937b), p. 100 et p. 125.

⁵ Varenne F. (2004), p. 88.

en pratique les préceptes épistémologiques que Bertalanffy avait (surtout en 1932) mis au fondement de son programme « organismique », avec des arguments et des exemples pour ainsi dire identiques. Ainsi répéta-t-il plusieurs fois en 1940 à propos de ses études de l'excitation nerveuse qu'être en mesure de préciser les causes sous-jacentes à un phénomène n'est pas un préalable nécessaire à sa théorisation mathématique :

Jusqu'à présent, on ne dispose que de peu d'indications générales sur la manière dont le phénomène d'excitation peut être réduit à d'autres plus généraux. La solution réelle du problème est toujours en attente. Ceci ne devrait toutefois pas nous interdire *une étude mathématique purement formelle des propriétés de l'excitation, bien que nous ne sachions pas quelle est sa véritable nature*. Dans le premier développement de la physique, les phénomènes de chaleur, d'optique et d'électromagnétisme étaient traités comme des branches séparées. Désormais, nous savons que les phénomènes optiques ne sont qu'un cas particulier d'électromagnétisme. Mais bien longtemps avant que les physiciens ne le sachent, ils furent capables de développer la théorie mathématique des phénomènes optiques, en dépit du fait que la véritable nature de la lumière leur était inconnue. Et, lorsque cette véritable nature fut révélée par les travaux de Maxwell, toutes les études d'optique mathématique furent automatiquement incorporées dans la théorie électromagnétique générale de la lumière. Nous nous proposons de suivre la même procédure quant aux phénomènes d'excitation, dans l'attente de leur réduction à des phénomènes plus fondamentaux de la biophysique cellulaire¹.

Lorsqu'il obtint une formalisation de l'interaction de deux « neurones » à l'aide d'équations différentielles du premier ordre, c'est en se référant avec pertinence à la théorie analytique de la chaleur de Fourier qu'il justifia la possibilité d'obtenir des résultats aussi simples :

Les *détails* du mécanisme d'interaction de deux neurones peuvent être tout-à-fait non pertinents du moment que nous disposons d'une expression quantitative qui décrive le *résultat net* de cette interaction. Et, tandis que les détails peuvent être très complexes, ces résultats nets peuvent être décrits par des équations relativement simples [...] Au temps de Fourier, qui fonda la théorie mathématique de la propagation de la chaleur, rien n'était connu des complexités de la théorie cinétique. Pourtant, sans attendre de disposer des mécanismes sous-jacents à [l'équation de la chaleur], la théorie du flux de chaleur atteignit un haut degré de perfection théorique et pratique. De manière similaire, [nos équations], qui forment l'essence de notre théorie de l'excitation et de l'inhibition centrales, peuvent être utilisées pour développer la théorie sans attendre une interprétation physiologique détaillée du mécanisme sous-jacent. Incontestablement, elles sont très grossières et approximatives, mais il en va de même de l'équation fondamentale du transfert de chaleur. Néanmoins, ces équations peuvent être assez précises pour beaucoup de buts pratiques.

Et Rashevsky d'ajouter que dans la mesure où les facteurs dont ses équations formalisaient les relations n'avaient pas encore d'interprétation physiologique ou physique déterminée et qu'on ne pouvait guère qu'« espérer » en fournir une « dans le futur », il était plus approprié de qualifier ses propres travaux de « neurologie mathématique » que de « biophysique mathématique du système nerveux »². Rashevsky semble en fait s'être progressivement résolu à faire de nécessité vertu en se rapprochant du point de vue de Bertalanffy pour *l'ensemble* de son approche de la biologie, le réductionnisme physicaliste lui apparaissant de plus en plus comme méthodologiquement inadéquat et des formalisations mathématiques « directes », non fondées sur la physique, devenant simultanément à ses yeux la seule approche alternative prometteuse. En témoigne ce commentaire rédigé en 1948 dans la seconde édition de sa *Mathematical biophysics*, qui constitue une bonne introduction à la perspective dans laquelle furent développés ses travaux biomathématiques après-guerre :

Nous pouvons dire, ou au moins espérer, que toutes ces interactions complexes [internes à l'organisme] sont en dernière analyse réductibles à des forces chimiques métaboliques d'une immense complexité. Mais cette complexité même rend douteux que nous puissions *en pratique* réussir quoique ce soit par une telle réduction [*a priori*]. Quelque chose d'autre doit être entrepris. Des situations de cette nature sont familières au physicien. Ce dernier ne doute pas que même les phénomènes mécaniques ou électromagnétiques les plus complexes sont ultimement réductibles aux activités des atomes individuels. Néanmoins, en étudiant par exemple un circuit électrique complexe, un physicien ne se ramène pas aux équations de la théorie de l'électron mais utilise certains principes *formels* généraux dans ses calculs [...] Souvenons-nous par exemple de la théorie

¹ Rashevsky N. (1940), pp. 101-102. Les italiques me sont propres.

² *op. cit.*, pp. 126-127.

de la conduction de la chaleur de Fourier, de la loi d'Ohm, etc. Nous proposons donc d'introduire dans la biologie mathématique quelques principes formels qui pourraient être utilisés avec avantage pour le développement d'une théorie des phénomènes biologiques plus complexes, indépendamment *pour le moment* de leur réductibilité aux principes [physiques] utilisés jusqu'à présent. Il faut conserver à l'esprit que l'adoption de tels principes formels n'entre aucunement en compétition avec l'usage des premiers, qui sont de nature plus *physique* et moins formelle. Les deux sont ensemble tout à fait compatibles. L'introduction de principes formels ouvre néanmoins de nouveaux horizons, jusqu'à présent non entrevus¹.

Que la rencontre entre Bertalanffy et Rashevsky en 1937-1938 ait influencé ce détachement progressif du second vis-à-vis de l'épistémologie physicaliste de ses premiers travaux est une hypothèse plausible que je ne souhaite toutefois pas discuter. L'objet est plutôt ici de savoir dans quelle mesure cette réorientation déjà perceptible au milieu des années 1930 au moins quant aux problèmes spécifiques de l'excitation et de la conduction nerveuses a pu contribuer à l'évolution des idées de Bertalanffy concernant les relations entre son programme « organismique » et les mathématiques. Et il apparaît de ce point de vue que Rashevsky contribua non seulement, parmi d'autres, à montrer à Bertalanffy la possibilité de formaliser l'évolution de systèmes ouverts au moyen d'équations différentielles de types bien connus (Bernoulli, etc.), mais aussi les raisons de la compatibilité de telles mathématiques « classiques » avec sa conception des « lois systémiques » comme « statistiques d'ordre supérieur » et sa « théorie de l'indétermination biologique », ainsi que le caractère pleinement opérationnel des premières en vue de l'actualisation des secondes. Rashevsky n'eut certes pas ici une influence décisive, puisque Bertalanffy commença à développer sa théorie de la croissance organique dans cette perspective avant que lui-même ne l'adopte dans sa « neurologie mathématique ». Mais il était certainement important pour le Viennois que la pertinence de son approche soit corroborée dans d'autres domaines d'étude biologique, de surcroît par un physico-mathématicien. Il semble donc très probable, d'autant plus compte tenu du caractère quasiment contemporain des travaux en question de Bertalanffy et de Rashevsky, que le premier fut conforté dans ses vues par le second et encouragé à se libérer définitivement de ses résistances initiales vis-à-vis de la pertinence des mathématiques « classiques » pour son programme « organismique ».

2-4-3-3 – *La philosophie de la mathématisation de Rashevsky dans son programme d'une « biophysique mathématique »*

Par-delà les problèmes biologiques spécifiques considérés dans les deux précédentes sous-sections, la philosophie de la mathématisation que Rashevsky mit entre 1934 et 1938 au fondement de son programme d'une « biophysique mathématique » exerça certainement une profonde influence sur l'évolution des idées de Bertalanffy. La pertinence des considérations de Rashevsky à cet égard ne se rapportait en effet pas seulement à sa biologie théorique « organismique » mais, au moins par certains aspects, directement au projet de « systémologie générale » dont cette dernière n'était au fond que le laboratoire. Elles sont incontournables puisque se situe dans la même période le moment crucial de la genèse de ce projet, celui où il prit forme dans le sillage de la « systémologie biologique ».

La manière dont Rashevsky explicita ses ambitions en 1938 dans la préface de sa *Mathematical Biophysics* ressemble à s'y méprendre à celles exposées par Bertalanffy dans sa *Theoretische Biologie* de 1932, à la substitution significative près du terme « mathématique » à celui de « théorique ». Elle montre aussi une première originalité de Rashevsky du point de vue de la biologie mathématique, qui tenait au caractère systématique de son projet :

Les tentatives d'application des mathématiques à certains problèmes biologiques ne sont pas neuves et ont conduit dans quelques rares cas à des résultats satisfaisants. Il y a cependant une grande différence entre une application occasionnelle des mathématiques à certains problèmes spécifiques et la *construction d'une biologie mathématique systématique, similaire dans sa structure et ses objectifs à la physique mathématique [...]* Le but ultime [de nos recherches] est la construction d'une biologie mathématique qui se tiendrait dans la même relation vis-à-vis de la biologie expérimentale que la physique mathématique vis-à-vis de la physique expérimentale².

¹ Rashevsky N. (1948, 1960), pp. 246-247.

² Rashevsky N. (1938, 1948), p. vii et p. ix ; et (1934a), p. 178. Les italiques me sont propres.

Un premier point de divergence apparemment rédhibitoire par rapport aux positions de Bertalanffy tenait bien sûr au fait que Rashevsky entendait initialement par-là la construction d'un « système de biologie mathématique *fondé sur des concepts physiques* »¹. Ce qui explique qu'il assimilait l'une à l'autre la « biophysique mathématique » et la « biologie mathématique », avec en fin de compte l'idée que la biologie ne saurait progresser vers la mathématisation qu'en s'appuyant sur la physique. Tandis que les physiologistes les plus ouverts à l'usage des mathématiques n'avaient en général pour modèle que la « méthode quantitative » de la physique expérimentale, lui voyait dans les mathématiques la voie théorique par excellence et considérait que puisqu'elles avaient été mises en œuvre avec succès dans les sciences dites « exactes », il devrait en être de même dans les sciences biologiques, les systèmes biologiques étant physico-chimiques. Dans la seconde moitié des années 1930, il semblait donc persister à professer un physicalisme méthodologique, voire ce physicalisme ontologique très classique abhorré par Bertalanffy qui conduit à ne concevoir d'autre unification des sciences que sous l'égide de la physique. Un physicalisme qui avait doublement de quoi rebuter Bertalanffy, compte tenu de ses premiers accents atomistes :

Dans la mesure où *tous* les organismes sont faits d'atomes, tout en eux est ultimement réductible à une description en termes d'atomes, de leurs agrégats et de leurs interactions².

Mais il faut déjà voir qu'il n'y avait pas là de dogmatisme, Rashevsky n'écartant pas l'éventuelle nécessité d'une compréhension élargie du terme « physique », c'est-à-dire la possibilité que du fait de sa trop longue négligence des phénomènes biologiques, la physique doive établir de nouveaux concepts et lois plus « adéquats », donc élargir son cadre théorique, afin de pouvoir intégrer la biologie dans sa sphère (ce que Bertalanffy avait appelé la « théorie de la physique organique »). De surcroît, il savait déjà à cette époque, ce qui avait suscité son inflexion « formaliste » et « phénoménologique » évoquée plus haut, que la construction d'une biologie mathématique était concevable sans que les termes mathématiques mis en œuvre ne reçoivent, au moins provisoirement, d'« interprétation physique ». L'exigence de Rashevsky était au fond que la biologie soit formalisée à la manière de la physique théorique, la question de la possibilité d'y parvenir en s'appuyant sur la physique *connue* demeurant en suspens. En ce sens, son physicalisme restait en fait une simple maxime de recherche, une perspective à long terme, un horizon directeur. Il était « ouvert », n'impliquant aucune exclusivité et ne constituant pas un cadre rigide déterminant ses recherches :

Nous ne prétendons pas « expliquer » tous les phénomènes de la vie en termes de physique. Qu'une telle chose soit possible ou non, c'est au futur d'en décider. Peut-être la biologie devra-t-elle par la suite se développer sur la base de certains postulats qui ne sont pas nécessairement réductibles à la physique *actuelle*. Ceci n'empêchera toutefois pas une biologie « mathématique ». Dans la mesure où les phénomènes biologiques sont très étroitement liés aux phénomènes physiques, nous tenterons dans ce livre, *chaque fois que possible*, de rechercher des interprétations physiques, conformément au désir d'unifier toutes les sciences de la nature³.

À la manière de Bertalanffy deux ans plus tôt, Rashevsky souligna d'ailleurs bien en 1934 que l'actualisation de son programme d'une « biophysique mathématique » était totalement indépendante des controverses autour de la question de l'éventuelle réductibilité du biologique au physique. Dans un esprit néo-positiviste, ce qui ne doit rien au hasard compte tenu de l'influence qu'avait à l'époque Carnap sur ses conceptions⁴, il mettait en question leur signification – suggérant par-là même leur caractère purement métaphysique :

Il se pourrait bien que les lois de l'interaction atomique, dans l'état de notre présente physique atomique, ne soient pas adéquates pour expliquer tous les phénomènes biologiques. Dans ce cas, ces lois devront tout simplement être révisées. Un mécaniciste appellera cela une généralisation de la physique qui lui permet d'inclure la biologie. Un vitaliste appellera cela un échec de la physique et un triomphe du vitalisme. Nous ignorons si tout cela a beaucoup de signification. La valeur et le

¹ Rashevsky N. (1940), p. ix.

² Rashevsky N. (1934a), p. 196.

³ Rashevsky N. (1940), p. viii.

⁴ Varenne F. (2004), pp. 81-83. Voir aussi Abraham T.H. (2004), pp. 358-359 pour les relations entre Rashevsky et les néo-positivistes.

destin de la bio-physique mathématique ne dépendent pas de telles réponses. Elle est une tentative pour faire de la biologie une science exacte¹.

Même si Rashevsky était conscient des limites de son entreprise, elles n'affectaient en rien sa « foi » en sa valeur. Il affirma ne faire que « poser la première pierre » d'un édifice, la « biologie mathématique », que d'autres seraient amenés à ériger progressivement, de même qu'« il a[vait] fallu trois siècles d'efforts concertés de la part des plus grands génies pour amener la physique mathématique à sa perfection présente »². Ce qui ne signifie pas qu'il ignorait ceux qui l'avaient précédé. Mais il considérait son projet comme plus vaste et ambitieux. Ainsi mentionna-t-il en 1938 les travaux « remarquables » de D'Arcy Thompson ; mais ce fut pour laisser entendre qu'ils avaient plus montré « l'opportunité » d'une biologie mathématique que mis en œuvre une telle biologie « avec succès ». Il fut en la même occasion beaucoup plus élogieux à l'égard des travaux sur les interactions entre espèces biologiques de Lotka et de Volterra, qui seront considérés dans les prochaines sections : il considérait en effet qu'ils constituaient de véritables approches biomathématiques « systématiques » couronnées de « succès ». L'influence de Lotka fut considérable sur Rashevsky, au point que celui-ci semble avoir conçu son programme d'une « biophysique mathématique » en réponse à une note des *Elements of physical biology*, où Lotka avait caractérisé en ces termes la spécificité de ses travaux par rapport à ce qu'il était alors convenu d'appeler la biophysique :

En introduisant l'expression *biologie physique*, je suggère que le terme *biophysique* soit employé (comme il le fut jusqu'à présent) afin de désigner la branche de la science qui traite de la physique des processus de la vie individuelle tels que manifestés dans l'organisme individuel (par exemple la conduction d'un influx nerveux le long d'un nerf ou d'un muscle) ; et que l'expression *biologie physique* soit réservée à la référence au champ plus large constitué par l'application des principes physiques à l'étude des systèmes soutenant la vie [*life-bearing systems*] en tant que tous. Dans cette terminologie, la biologie physique inclurait la biophysique comme province subordonnée³.

Rashevsky comprenait sa « biophysique mathématique » dans les termes mêmes de l'opposition posée par Lotka ; mais ce fut aussi pour considérer à son tour que les travaux de Lotka et de Volterra, leur approche même des problèmes biologiques, ne pouvaient dans leur principe même constituer le dernier mot quant aux questions biocénotiques dont ils avaient traité. Et qu'il était de toute façon nécessaire de ne pas se limiter à de telles questions en reculant devant l'idée que l'organisme individuel échappe à l'emprise des mathématiques. On peut facilement mettre en perspective ses vues avec la comparaison par Bertalanffy de son approche « organismique » à celle de la « première » thermodynamique (celle de Clausius et Carnot), puisque le Viennois n'excluait pas qu'elle puisse un jour (dans un futur dont rien ne laissait croire qu'il était proche) voir elle aussi naître son Boltzmann, qui « expliquerait » les « lois organismiques » tout en leur donnant un support intuitif. C'est en effet à devenir le « Boltzmann des systèmes biologiques » que se vouait au fond Rashevsky en 1938 :

En utilisant une analogie très incomplète et guère adéquate, nous pourrions dire que notre présent travail se trouve vis-à-vis de ceux précédemment mentionnés dans une relation semblable à celle de la théorie moléculaire en physique vis-à-vis de la thermodynamique. Celle-ci traite de grandes quantités de matière, de phénomènes relativement grossiers [*gross*]. Dans une large mesure, elle peut être développée sans introduire d'éléments hypothétiques, simplement sur la base de quelques postulats acceptés fondés sur une preuve expérimentale directe. Néanmoins, lorsqu'un physicien veut pousser sa curiosité plus loin et avoir une vue plus profonde sur la « nature des choses », il interprète les quantités thermodynamiques en termes de concepts atomiques, introduisant ainsi un grand élément d'hypothèse, mais élargissant en même temps le champ d'application de sa théorie. Les travaux de A. Lotka et V. Volterra traitent le monde organique comme un tout [...] Ils ne prennent pas en considération la structure détaillée de chaque organisme individuel ou les relations des parties fondamentales de cet organisme avec le monde inorganique. Ces dernières considérations forment le sujet de [notre] présent livre. Nous espérons qu'à l'avenir les relations entre organismes individuels, telles que postulées dans les travaux de A. Lotka et V. Volterra, seront dérivées des propriétés biophysiques fondamentales de ces organismes telles qu'étudiées ici⁴.

¹ Rashevsky N. (1934a), p. 196.

² Rashevsky N. (1938, 1948), p. ix.

³ Lotka A.J. (1925), p. 49.

⁴ Rashevsky N. (1938, 1948), pp. vii-viii.

Au physicalisme de principe s'ajoutait ainsi chez lui une conception fondamentalement méristique de la biologie¹ qui aurait pu inciter Bertalanffy à se détourner de ses travaux. S'il n'en fut rien, c'est qu'il y avait aussi dans sa philosophie de la « biomathématisation » des éléments dont le Viennois sut apprécier toute la pertinence pour son propre projet.

Il y avait d'abord dans cette philosophie, exposée dès son premier article de 1934 sur les « fondements de la biophysique mathématique », deux aspects que Bertalanffy ne pouvait qu'estimer hautement puisqu'il s'agissait de positions qu'il prônait vigoureusement lui-même : un idéalisme anti-utilitariste et une valorisation corrélatrice du théorique par rapport à l'empirique. Rashevsky s'attaqua en effet d'abord à ce qu'il jugeait être l'utilitarisme étroit de la plupart des biologistes, non sans laisser pointer un certain mépris dont on trouve des analogues dans la correspondance de Bertalanffy². Comme ce dernier, il insistait sur l'idée que l'« utile » ne dérive jamais que de l'apparent « inutile », de la recherche « pure » :

L'attitude de nombre de biologistes envers les méthodes mathématiques en biologie est semblable à celle de beaucoup d'ingénieurs pratiques envers la recherche scientifique pure. L'ingénieur moderne progressiste reconnaît la valeur de la science pure, en quête de vérité indépendamment de toute possibilité d'applications pratiques ; néanmoins, il manifeste toujours fréquemment une certaine aversion envers de telles recherches. Or, toute l'histoire de la civilisation démontre que des découvertes qui, en leur temps, ne montraient aucun signe de possibilité d'exploitation à des fins pratiques, se trouvent au fondement de bon nombre de dispositifs utiles d'ingénieur [...] Le critère ultime d'évaluation de toute recherche demeure l'usage pratique [...] Le scientifique empirique n'appréciera pas la recherche [mathématique] inconditionnellement, mais seulement s'il y voit une connexion immédiate entre les mathématiques et l'expérience [...] Il considérera toute théorie mathématique comme une simple curiosité intellectuelle. Les biologistes « approuvent les mathématiques seulement lorsqu'elles mènent à des formules simples qui peuvent aisément être testées expérimentalement », dit un éminent biologiste. Nous voyons ici essentiellement la même attitude « utilitariste » que celle trouvée parmi les ingénieurs. On pourra dire que « c'est un utilitarisme de degré supérieur » ; c'est peut-être vrai, mais l'utilitarisme demeure³.

Pour le physico-mathématicien, cette attitude allait de pair avec la « dose de peur et de défiance manifestée par certains biologistes à l'égard des mathématiques », qui expliquerait justement que des « travaux fondamentaux » tels que ceux de D'Arcy Thompson, Lotka et Volterra aient été bien moins largement connus qu'ils ne le méritaient⁴. Il n'était pas question pour lui de requérir de la « nouvelle science de la biophysique mathématique » qu'elle mène à des « vérifications expérimentales tangibles » : c'était là faire preuve d'un « utilitarisme coupable » aveugle à la nature des sciences mathématiques. Il ne s'agissait certes pas de suivre l'« exagération » du Nobel de physique Max von Laue, qui avait pu écrire dans une veine hégélienne que « si l'expérience ne s'accorde pas avec la théorie, c'est tant pis pour elle »⁵. Mais s'il n'était pas question pour Rashevsky de contester le fait que « les sciences mathématiques doivent se développer main dans la main avec les sciences expérimentales », il fallait aussi selon lui que les biologistes comprennent enfin l'ordre épistémologique de la connaissance scientifique, à savoir qu'« aucune science expérimentale ne peut être réellement significative sans vision théorique » et que « la chasse aux 'faits' serait tout simplement impossible si la théorie n'indiquait pas dans quelle direction chercher » ; puis qu'ils en tirent les conséquences :

¹ Dans le dernier chapitre de sa *Mathematical Biophysics*, Rashevsky rejoignit Lotka sur l'idée qu'il est nécessaire de considérer « le monde organique comme un tout » (titre de son dernier chapitre). Contrairement à ce qu'a avancé Varenne (qui n'en a d'ailleurs pas fourni d'illustration), on ne trouve toutefois guère de trace d'un véritable holisme dans ses considérations, le principe étant en fait toujours de dériver les propriétés du « tout » (le monde organique) à partir des « caractéristiques » (ou caractères génétiques) de ses parties (les organismes) et de leurs « corrélations » (ou relations binaires). Voir Rashevsky N. (1938, 1948), pp. 616 sq. et Varenne F. (2004), p. 78.

² Bertalanffy laissa ainsi transparaître son mépris de ses collègues biologistes, tout juste aptes à ses yeux à « discuter du temps » lorsqu'ils ne s'affairaient pas à leur petite recherche spécialisée, et incapables de parler philosophie ou littérature (Lettre de Bertalanffy L. von à Auersperg M. von (29/01/1950), *Archives du B.C.S.S.S.*). Il considérait que la plupart de ses collègues avaient « la comprenette particulièrement difficile » dès que les questions deviennent un peu théoriques, ce qui expliquait d'ailleurs selon lui le temps mis par ses idées pour s'imposer dans ce domaine (Lettre de Bertalanffy L. von à Gessner F. (28/10/1949), *Archives du B.C.S.S.S.*).

³ Rashevsky N. (1934a), pp. 176-177.

⁴ Rashevsky N. (1938, 1948), p. vii.

⁵ Rashevsky N. (1934a), pp. 180-181.

Ceci requiert une certaine autonomie des sciences mathématiques de la nature, qui doivent se développer en accord avec les résultats de la recherche expérimentale mais ne devraient pas être de simples servantes de l'expérimentateur. Un problème théorique peut avoir un intérêt propre et ne devrait pas être tabou au seul motif qu'il n'apparaît pas à *présent* applicable à une expérience déterminée. L'histoire de la physique montre comment des développements « purement théoriques » mènent fréquemment, quelques décennies plus tard, aux plus étonnants résultats pratiques¹.

Remarquons que derrière les arguments de type historique et épistémologique œuvraient en fait aussi des considérations d'ordre esthétique :

Comme toute autre science théorique, la biophysique mathématique a un droit à une existence propre, et son intérêt ne tient pas seulement au nombre de faits empiriques qu'elle explique, mais à sa cohérence logique interne et à sa beauté².

Le plus important argument avancé par Rashevsky en faveur d'une approche théorético-mathématique des problèmes biologiques, qui constitue simultanément aussi le plus original bien que réminiscent de la pensée de Fechner, convainc certainement un Bertalanffy déjà bien disposé en 1932 à l'égard de son « approche galiléenne ». Il consistait à retourner radicalement l'argument à l'encontre d'une telle approche le plus ancré chez les biologistes en pointant la nature, la finalité, la valeur inestimable et en fin de compte la nécessité de l'abstraction et de l'idéalisation mathématiques :

L'excuse la plus souvent avancée [à l'encontre des tentatives de construire un système de biologie mathématique] est l'immense complexité des systèmes et phénomènes biologiques. Mais ce n'est pas du tout une excuse valable. Certes, les phénomènes biologiques sont *peut-être* plus complexes que les phénomènes physiques ordinaires. Mais même ces derniers sont si complexes que leur complet traitement mathématique peut apparaître impossible. Et pourtant, c'est justement la méthode mathématique d'approche qui nous permet de voir au travers de leur complexité. Le point important dans la méthode mathématique est d'abstraire d'un groupe très complexe de phénomènes ses traits essentiels et par là-même de simplifier le problème. Les caractéristiques plus complexes sont ensuite prises en compte graduellement, selon le degré de leur importance et de complexité. Certes, nous perdons par abstraction pour ainsi dire contact avec la réalité ; mais aucun dommage n'en dérive *tant que nous conservons ce fait à l'esprit*. Nous voyons ainsi que la complexité des phénomènes biologiques est plutôt un argument *en faveur* de l'usage des méthodes mathématiques qu'à leur *encontre*. Dans le cas d'un phénomène simple nous pouvons avoir l'espoir de le comprendre sans l'usage des mathématiques, par simple inspection. Mais dans un cas complexe, c'est désespéré sans mathématiques³.

En réponse au reproche de « sur-simplification » qui fut parmi d'autres adressé à ses modèles de croissance et de division cellulaires (reproches sur lesquels je reviens plus loin), Rashevsky laissa pointer le fictionalisme sous-jacent à ces conceptions ; un fictionalisme qui n'avait certes rien du pragmatisme de Vaihinger, mais qui s'inspirait lui aussi des travaux physico-mathématiques et des réflexions épistémologiques de Maxwell⁴ et Boltzmann. Le « comme si » répondait pour lui à la nécessité d'« hypothèses de travail » permettant de dépasser le « stade qualitatif d'analyse »⁵ :

Une objection a été élevée contre l'usage du terme « cellule » pour décrire un système conceptuel hautement simplifié qui possède il est vrai certaines propriétés de la cellule vivante mais dont sont absentes un nombre beaucoup plus grand d'autres propriétés. À ceci nous répondons que dans les premiers temps de la théorie cinétique des gaz, toute la théorie était construite sur le concept d'une molécule conçue comme une boule de billard élastique. Le développement présent de la physique atomique nous montre que la molécule est un système d'une immense complexité ne possédant guère la moindre analogie avec une boule rigide. Bien sûr, même autrefois, les créateurs de la

¹ Rashevsky N. (1938, 1948), p. x et (1934a), p. 178.

² Rashevsky N. (1936), in Abraham T.H. (2004), p. 350.

³ Rashevsky N. (1934a), p. 178.

⁴ Maxwell écrivit ainsi dès 1852 que le potentiel électrique devrait être considéré comme une fiction : « Nous n'avons aucune raison de croire que quelque chose correspondant à cette fonction ait une existence physique dans les différentes parties de l'espace, *mais* cela contribue considérablement à la clarté de nos conceptions de diriger notre attention sur la fonction potentielle *comme s'il s'agissait* d'une propriété réelle de l'espace dans lequel elle existe ». Et lorsqu'il justifia plus tard son recours à un modèle mécanique de l'éther, il expliqua qu'il s'agissait seulement pour lui d'« imaginer un mécanisme capable de produire une connexion mécaniquement équivalente à la connexion réelle des parties du champ électromagnétique » et qu'un tel modèle devait être tenu pour ce qu'il est, c'est-à-dire une construction fictive dont la valeur est essentiellement heuristique (Maxwell J.C., in Fox Keller E. (2002), pp. 97-98).

⁵ Rashevsky N. (1940), p. 179.

théorie cinétique étaient parfaitement conscients du fait que le concept de la molécule en tant que boule élastique était éloigné de la réalité. Ils l'utilisèrent néanmoins jusqu'à un certain point avec un grand succès. Et en développant la théorie, ils ne faisaient pas référence à des « boules élastiques » mais à des « molécules » en tant que telles, bien que leur idée de la molécule fût très grossière¹.

Le fictionalisme de Rashevsky se manifestait d'ailleurs par un recours fréquent au « comme si » (*as if*). Le plus caractéristique – mais aussi le plus important – à cet égard étant sans aucun doute sa compréhension des formalismes mathématiques qu'il mit en œuvre de la fin des années 1920 au début des années 1950, c'est-à-dire des équations différentielles :

Il faut insister sur le fait qu'un élément de « comme si » entre dans *chaque problème décrit par des équations différentielles*. Une équation différentielle traite d'infinitésimaux comme points mathématiques et, tandis qu'elle peut être suggérée par des expériences, elle est en réalité hors de portée de toute vérification expérimentale *directe*. Dans beaucoup de cas les équations différentielles les plus importantes de la physique ont seulement une signification statistique et l'on sait qu'elles cessent d'être valables pour de très petites régions [...] Toutefois, les choses se produisent en réalité avec une très grande précision *comme si* les équations différentielles demeureraient valables dans des régions infinitésimales².

Il faut ajouter que comme chez Bertalanffy, le fictionalisme de Rashevsky s'adossait (au moins à partir de 1948) à un perspectivisme qu'il explicita en prenant une fois encore à cette occasion le contre-pied du point de vue empiriste :

Bien que l'accord entre théorie et observation soit dans certain cas [que nous avons traités] très bon, on ne devrait pas tirer des conclusions hâtives et inférer que l'explication de l'un quelconque des phénomènes discutés a été trouvée. En fait, il n'y a rien de tel que *la* théorie d'un phénomène donné, que ce soit en biologie ou en physique. Il y a toujours plusieurs possibilités d'expliquer un ensemble donné de faits. La valeur d'une théorie se juge non seulement par les faits qu'elle peut correctement représenter, mais aussi par son degré de développement systématique³.

Comme le suggère toutefois la fin de cette citation, son perspectivisme n'était pas plus que celui de Bertalanffy enclin à considérer que ce que Varenne a appelé la « dispersion des points de vue formels » sur un même sujet soit incompatible avec l'existence d'une objectivité et d'une théorisation mathématique au moins provisoirement la meilleure, le critère de systémativité comptant à cet égard au moins autant que l'adéquation empirique⁴ – tandis que très symptomatiquement, celui de capacité prédictive ne fut presque jamais mentionné par Rashevsky, qui n'y accordait guère plus d'importance qu'aux applications pratiques⁵.

La multiplicité des tentatives de formalisation mathématique de problèmes biologiques les plus divers participait chez lui d'une stratégie qui, nous le verrons dans la prochaine section, fut inaugurée par Lotka quant aux seuls systèmes biocénétiques. Elle introduisait une nouveauté radicale dans l'approche de la mathématisation, qui explique en particulier que les travaux purement statistiques ou ne consistant qu'à formuler mathématiquement des régularités empiriquement déterminées aient été par principe refusés dans le *Bulletin of Mathematical Biophysics*⁶. Il ne s'agissait pas seulement, en effet, de construire des « systèmes qu'on ne trouve jamais dans la réalité, plus simples que les systèmes réels », et d'en dériver des formules testables et adéquates empiriquement. Il s'agissait avec de tels systèmes d'explorer *a priori*, d'une manière abstraite et donc dans un premier temps sans égard pour les réalités empiriques, *toutes* les relations *envisageables* entre un ensemble de variables choisies afin de représenter un problème biologique, en utilisant au gré des besoins des hypothèses simplificatrices *ad hoc* ne reposant sur aucun résultat empirique connu ; une confrontation de l'idéal et du « réel » ne devant advenir qu'à l'issue d'une telle exploration :

La biophysique mathématique étudie toutes les possibilités physiquement concevables de ce qui est susceptible de survenir dans un système biologique. Elle les étudie sans égard pour la question de

¹ Rashevsky N. (1938, 1948), pp. ix-x.

² Rashevsky N. (1940), p. 128. Voir aussi p. 181 pour son utilisation du « comme si » dans sa modélisation de la perception des formes.

³ Rashevsky N. (1948, 1960), p. xx.

⁴ Voir Varenne F. (2004), p. 87 en particulier.

⁵ Sur ce point, voir Abraham T.H. (2004), pp. 348-350.

⁶ Varenne F. (2004), p. 73.

savoir si une possibilité en question fournit l'explication d'un phénomène biologique donné. Elle étudie toutes les explications possibles. Et c'est seulement lorsqu'une telle étude nous a fourni une claire compréhension de toutes les possibilités que l'expérimentation peut décider lesquelles des possibilités se trouvent dans la nature¹.

Ce que dessinait ainsi Rashevsky en 1934, c'était rien moins qu'une dimension méthodologique centrale du projet « systémologique » formulé trois ans plus tard par Bertalanffy. Le physico-mathématicien en exposa mieux encore l'originalité l'année suivante, à propos de son ambition de construire par-delà la « biophysique mathématique » une « théorie mathématique des relations humaines ». Outre les travaux de Lotka et de Volterra, l'inspirait ici la construction des géométries non-euclidiennes et la fécondité particulière de la géométrie riemannienne dans la théorie de la relativité générale :

Nous devons d'emblée *être clair et insister très fortement* sur le fait que nous ne proposons pas ici d'ajouter une autre « théorie » au grand nombre de celles qui existent déjà en sociologie. Nous ne proposons pas de prouver par des méthodes mathématiques l'influence prépondérante ou même exclusive d'un quelconque facteur particulier, qu'il soit biologique, psychologique, géographique, démographique ou autre, sur les phénomènes sociaux. Nous ne proposons pas du tout d'établir les moindres « lois » ou « relations » que l'on pourrait prétendre exister réellement. Et nous avons encore moins l'intention de tirer des analogies seulement formelles avec la physique à la manière de la soi-disante « mécanique sociale ». Ce que nous projetons, c'est la construction d'un système mathématique décrivant toutes les interrelations *possibles* entre les individus d'un groupe, indépendamment de toute contrepartie de telles relations dans la réalité ; exactement à la manière des divers systèmes de géométrie, euclidien, lobatschevskien et riemannien, qui ont été construits « *in abstracto* », indépendamment de toute application à l'univers physique [...] Si l'on interroge la valeur de telles spéculations purement abstraites, nous répondons que telle a été la voie de développement de toutes les sciences mathématiques. Pour avoir une théorie mathématique de phénomènes concrets, réels, nous *devons* d'abord être en possession de la structure abstraite. Les découvertes par Einstein de la géométrie de l'univers réel auraient été impossibles si la géométrie de Riemann n'avait pas d'abord été donnée comme structure abstraite².

Se vouer en premier lieu à une telle étude de « systèmes *in abstracto* » permettait à Rashevsky de justifier des théorisations mathématiques de phénomènes biologiques faisant abstraction des processus physico-chimiques impliqués (comme dans le cas de l'excitation nerveuse) sans préjuger de la possibilité d'une réduction physicaliste effective, mais aussi une recherche dans toutes les directions de formalisations mathématiques *a priori* peu soucieuse de prendre en compte une spécificité de chacun des niveaux d'organisation très divers ainsi appréhendés, de la cellule aux associations d'individus biologiques jusqu'à la société humaine. Et l'on imagine mal, compte tenu de l'attention soutenue portée par Bertalanffy aux travaux de Rashevsky dans les années 1930 et de leur rencontre, que cette approche méthodologique n'ait pas considérablement influencé la pensée du Viennois, non seulement bien sûr quant à sa biologie « organismique », mais plus encore dans la genèse de son projet « systémologique » général.

2-4-3-4 – *De la difficulté de légitimer une théorisation mathématique en biologie : les critiques adressées à Rashevsky et leur caractère paradigmatique*

Les travaux de Rashevsky suscitèrent des critiques véhémentes de la part des biologistes (surtout américains), qui ne manifestèrent en général à leur rencontre que du dédain en ne voyant guère en quoi ils avaient une quelconque pertinence pour les problèmes qu'eux-mêmes s'efforçaient d'étudier dans toute leur complexité³. Parce qu'elles illustrent dans tous leurs aspects les formidables résistances auxquelles se heurtaient à l'époque les entreprises biomathématiques, ces critiques doivent être considérées ici afin de mettre en évidence le contexte que Bertalanffy dut prendre en compte pour faire accepter ses propres travaux.

Un premier niveau de critiques concernait le manque de familiarité de Rashevsky avec la biologie, souvent manifeste dans les hypothèses simplificatrices dépourvues de justification voire de

¹ Rashevsky N. (1934a), p. 181. Voir aussi p. 179.

² Rashevsky N. (1935), pp. 414-415.

³ Abraham T.H. (2004), p. 336.

pertinence empirique qu'il faisait. Les biologistes peinaient déjà à voir comment ses travaux pouvaient être utiles alors qu'ils étaient à maints égards sans fondement empirique et souvent sans valeur prédictive. Winthrop J.V. Osterhout, un physiologiste pourtant bien disposé vis-à-vis d'un usage auxiliaire des mathématiques dans sa discipline, écrivit ainsi de Rashevsky en 1934 qu'il était « si ignorant de la biologie » qu'il tombait dans de « fréquentes erreurs », son « imagination exhubérante » l'amenant à avoir des « prétentions extravagantes »¹. Même Needham et Waddington, qui prônaient pourtant des approches théoriques en biologie, ne purent s'empêcher de douter de la pertinence de ses constructions mathématiques, qu'ils jugeaient trop éloignées de la recherche empirique². Derrière ce type de critiques souvent réitérées à l'encontre de Rashevsky se profilaient plusieurs enjeux. Le physico-mathématicien faisait d'abord figure d'intrus dans une discipline dont il n'était pas issu et qu'il appréhendait au moyen d'instruments mathématiques qui semblaient ne pouvoir être « manipulés que par des experts »³, avec une approche ouvertement réductionniste qui pouvait d'autant plus être vécue comme « annexionniste » que, comme ce fut le cas à l'université de Chicago, elle fut soutenue au point d'être institutionnalisée⁴. Le second enjeu, plus profond, tenait à l'usage « constituant » et quasi-« autarcique » que Rashevsky faisait des mathématiques en biologie, parfaitement contraire à la représentation instrumentaliste des mathématiques comme simples servantes de la recherche empirique que la plupart des biologistes s'en faisaient. Le jugement d'un botaniste et biométricien américain, daté de 1928, exprime bien comment tous ces aspects se mêlaient intimement :

Les mathématiques peuvent tout-à-fait constituer une fin en soi, mais elles se limitent strictement en biologie à être des moyens en vue d'une fin [...] Des mathématiciens ont souvent affirmé le besoin de mathématiques dans les sciences biologiques, mais une telle revendication a trop souvent été faite *ex cathedra* par ceux qui, tout en étant peut-être qualifiés pour parler des choses mathématiques, ont été relativement peu adaptés à la discussion des besoins de la biologie⁵.

L'argument central de Rashevsky posait un sérieux problème aux biologistes : tandis qu'il invoquait la complexité des objets biologiques pour justifier ses approches mathématiques, ses opposants récusait justement ces dernières parce qu'elles négligeaient délibérément cette complexité, au point parfois de privilégier la simplicité et l'esthétique mathématiques par rapport à toute autre considération⁶. C'est surtout là que se trouvait la véritable pierre d'achoppement et que s'exprimait la « différence de culture épistémologique » dont a parlé Fox Keller. On peut dire que les biologistes avaient une conscience si aiguë de la complexité de leurs objets qu'elle les portait à une défiance envers les pouvoirs de la raison aux antipodes de la confiance invétérée dont Rashevsky leur semblait faire preuve. Osterhout écrivit ainsi typiquement de lui qu'« en proclamant que la Nature doit agir d'une certaine manière, il montr[ait] de l'immaturation »⁷. Bien peu étaient disposés à admettre que l'analogie entre les conséquences mathématiques dérivées de l'application de principes formels (éventuellement physiques) à l'analyse d'un objet fictif (tel que la « cellule » sphérique de Rashevsky) d'une part, et un phénomène biologique donné d'autre part, suffise de quelque manière à rendre légitime la prétention à rendre ainsi compte de ce phénomène et à investir la construction mathématique concernée d'une fonction *explicative* utile. Il était surtout difficile pour les biologistes d'accepter l'idée que cette « fiction mathématique » soit, précisément *grâce* à sa « falsification » délibérée (au moyen d'abstractions et d'idéalisations) d'une « réalité » déterminée, capable comme le prétendait Rashevsky d'en saisir les traits « essentiels ». Tous les modèles de ce dernier répondaient en effet à la définition d'une « semi-fiction » au sens de Vaihinger – une construction conceptuelle qui dévie consciemment de la « réalité » (voire la contredit) tout en demeurant logiquement cohérente et qui, par cette déviation même, est supposée permettre à celui qui en use d'appréhender des caractères non triviaux du monde phénoménal. Dans leur immense majorité, les biologistes n'étaient justement pas prêts à se satisfaire de telles « semi-fictions », aspirant à comprendre comment les phénomènes se produisent *effectivement* plutôt qu'à disposer de « simples » constructions « imaginaires » se limitant à

¹ Osterhout W.J.V. (1934), in *op. cit.*, p. 355.

² *op. cit.*, p.359.

³ *op. cit.*, p. 365.

⁴ Fox Keller E. (2002), p. 80.

⁵ Harris J.A. (1928), in Abraham T.H. (2004), pp. 376-377.

⁶ Abraham T.H. (2004), p. 336 et p. 363.

⁷ Osterhout W.V.J. (1934), in *op. cit.*, p. 356.

suggérer par analogie comment ces phénomènes *pourraient* se produire¹. Rashevsky n'était pas plus convaincant que D'Arcy Thompson à cet égard. Et il ne fait guère de doute que la plupart des biologistes rejoignaient le jugement du philosophe américain John M. Somerville, selon lequel les travaux de Rashevsky étaient en fin de compte stériles car ils ne faisaient au mieux que reformuler en des termes mathématiques des problèmes biologiques, sans mener à la solution de ces derniers ni même avoir cette valeur heuristique consistant à formuler des hypothèses empiriquement testables et à poser de nouveaux problèmes².

Plusieurs critiques virulentes et typiques de tout ce qui vient d'être dit furent adressées à Rashevsky dans le second colloque sur la « biologie quantitative » organisé en 1934 à Cold Spring Harbor sur le thème des « aspects de la croissance ». Il est utile de les mentionner ici : les travaux biomathématiques de Bertalanffy concernèrent justement ces aspects. Rashevsky était intervenu dans ce colloque afin de tenter d'intéresser les biologistes à ses modèles de croissance et de division cellulaires, mais il se vit attaquer de toutes parts. Seul Charles Winsor semble avoir pris sa défense en insistant sur l'idée que la complexité de la nature n'est pas une raison pour se priver de mathématiques, mais bien au contraire une raison de les utiliser comme un moyen efficace de démêler les fils de cette complexité³. Caractéristique des réticences à l'approche « galiléenne » de Rashevsky fut le reproche de tirer des conclusions générales sur le mécanisme de division cellulaire alors que le cas des cellules sphériques sur lequel il se fondait n'était pas une forme commune à toutes les cellules⁴.

Deux critiques formulées dans le colloque cité furent aussi hautement symptomatiques que dévastatrices, telles un mur érigé autour de la biologie des organismes vivants face aux assauts jugés déplacés et pour tout dire outrecuidants des mathématiques. Eric Ponder, l'organisateur du colloque, le clôtura par un plaidoyer des plus dogmatiques contre la biologie mathématique, qu'il opposa explicitement, dans une veine empiriste impeccable, à la « biologie quantitative » ; une opposition qui était au fond celle entre un usage constituant et un usage purement instrumental des mathématiques :

Les travaux sur les mathématiques de la croissance, en tant qu'ils s'opposent à la description et à la comparaison statistiques de la croissance, me semblent s'être développés selon deux directions également *infructueuses* [...] *Il est futile de faire apparaître dans l'imagination un système d'équations différentielles dans le but de rendre compte de faits qui sont non seulement très complexes, mais largement inconnus* [...] On dit que si quelqu'un pose la bonne question à la Nature, elle vous fournira toujours une réponse, mais que si votre question n'est pas suffisamment spécifique, vous ne pouvez guère que vous attendre à ce qu'elle perde son temps avec vous [...] *Ce dont nous avons besoin à présent, c'est de plus de mesure et de moins de théorie* [...] Il y a une *confusion malencontreuse* actuellement entre *biologie quantitative* et *biomathématiques* [...] Tant que la mesure quantitative ne nous aura pas fourni plus de faits en biologie, je préfère la première science à la seconde⁵.

Avant l'intervention de Ponder, Wilson avait exposé plusieurs « axiomes » qu'il conviendrait d'admettre concernant la place des mathématiques en biologie en général et dans l'étude des problèmes de croissance en particulier. Que « la science n'a pas besoin d'être mathématique » et que « ce n'est pas simplement parce qu'un sujet est mathématique qu'il est nécessairement scientifique » constituaient d'abord à ses yeux deux « platitudes » bonnes à rappeler (manifestement à l'intention de D'Arcy Thompson et de Rashevsky, avec en arrière-plan leur référence à la fameuse maxime kantienne). Il avait d'ailleurs violemment attaqué dès 1926 l'« attitude chamaniste » de « prêtres » aux « rites magiques propitiatoires » qui, « idolâtres des mathématiques » et « ignorants » de leur réel pouvoir, ne faisaient guère qu'« aider et encourager l'idolâtrie »⁶. Mais l'importance de la critique de Wilson en 1934 tient surtout ici à la nette distinction qu'il opéra entre l'étude de la croissance d'un *individu* (qu'il s'agisse d'une cellule ou d'un organisme) et celle de la croissance d'une *population* (ou d'une « moyenne ») de tels individus : il posa en principes que les mathématiques ne peuvent être d'une quelconque utilité *que* dans le second type de problèmes, et que cette utilité s'y limite de

¹ Ces aspects ont bien été mis en évidence par Fox Keller E. (2002), pp. 95-100.

² Abraham T.H. (2004), p. 361.

³ Kingsland S.E. (1985), p. 130.

⁴ Fox Keller E. (2002), p. 85.

⁵ Ponder E. (1934), in *op. cit.*, p. 87 et in Kingsland S.E. (1985), p. 130. Les italiques me sont propres.

⁶ Wilson E.B. (1926), in Kingsland S.E. (1985), p. 88.

surcroît à « un rôle de simples auxiliaires quand il s'agit de découvrir des faits sur la croissance et de déterminer les variables qui sont importantes pour la croissance »¹. Il semble n'y avoir eu d'autre fondement à ces thèses qu'un retour à la maxime scolastique que Bertalanffy s'était appropriée avec une toute autre interprétation, selon laquelle « l'individu est ineffable » ; l'idée étant apparemment que les mathématiques ne pourraient s'introduire en biologie que par le biais des régularités statistiques observables dans les « agrégats d'individus », en tant que simple instrument d'analyse de telles régularités. Le programme de Rashevsky se retrouvait par là-même radicalement discrédité dès son point de départ. Mais la « biologie physique » de Lotka et la « théorie mathématique de la lutte pour la vie » de Volterra, qu'il va s'agir de considérer dans les prochaines sections de ce chapitre, n'étaient en fait guère épargnées non plus par cette critique puisqu'elles faisaient un usage systématique et « constituant » des mathématiques. Dans ces conditions, le fait que Bertalanffy se soit appuyé sur tous ces scientifiques en s'appropriant au cours des années 1930 leurs approches de la mathématisation montre tant son audace que les difficultés considérables auxquelles il s'exposait pour faire admettre la valeur de ses travaux ; d'autant plus si l'on se rappelle que le même Wilson était aussi l'un des plus farouches avocats d'un mécanisme méthodologique : il incarnait presque à lui seul les obstacles que le Viennois avait à surmonter.

2-4-4 – Du « holisme écologique » à la mathématisation des systèmes biocénétiques : Lotka, pionnier du projet « systémologique » général

L'influence la plus importante de Rashevsky sur Bertalanffy ne tint peut-être pas tant à ses modèles mathématiques de phénomènes biologiques spécifiques en tant que tels qu'à l'idée de la pertinence et de la fécondité d'une étude *a priori* de toutes les relations concevables entre des variables jugées pertinentes pour appréhender un phénomène donné, l'étude de tels systèmes idéaux ayant pour vocation de définir un spectre de possibilités que l'on ne confronte qu'*a posteriori* aux réalités empiriques, et donc de servir de guide théorique de la recherche. J'y ai fait allusion, ce type d'approche abstraite fut en fait repris de Rashevsky à Lotka. Mon hypothèse est que c'est au moins en partie au contact du premier, et au plus tard lors de leur rencontre en 1937, que Bertalanffy prit conscience de la signification considérable de la « biologie physique » du second pour sa propre perspective. En effet, j'ai déjà dit au 1-4-5-8 que le Viennois connaissait dès 1932, *via* Friederichs, l'existence des travaux de Lotka ; certes, mais il est manifeste qu'il n'en avait alors qu'une connaissance de seconde main et superficielle, préférant se référer à ceux de Woltereck alors qu'ils étaient d'une portée beaucoup plus restreinte eu égard à sa problématique. Il s'agit ici de considérer dans le détail tout ce qui, dans les travaux de Lotka, dut progressivement (dans la période qui s'étend entre 1933 et 1937) apparaître à Bertalanffy comme une révélation, non seulement quant à son programme « organismique » en biologie, mais bien plus largement et profondément quant à la possibilité d'une « systémologie générale ». Au point, nous le verrons au 3-1, qu'il en reprit jusqu'à certains détails formels très spécifiques. Si Bertalanffy est en général considéré comme le « père » de la « systémologie générale », je vais montrer ici que Lotka en fut l'un des « grand-pères », et certainement le plus significatif. Le Viennois, même s'il tendit à minimiser tout ce qu'il devait à l'Américain, reconnu d'ailleurs lui-même en 1945 que ses travaux, aux côtés de ceux de Köhler, furent des « préliminaires » [*Vorarbeiten*] à son propre projet « systémologique » général, qui s'étaient approchés « au plus près » de ce dernier pour la raison qu'« en réalité, Lotka [avait] traité d'un concept général de système (et non, comme Köhler, d'un concept limité aux systèmes physiques) »².

Pour voir qu'il en va bien ainsi, il me faut revenir sur le système de « biologie physique » de Lotka que j'ai présenté au 1-4-5-8. Rappelons que l'Américain cherchait avec lui, par le biais d'analogies formelles avec la chimie physique qui fonctionnent dans les deux sens et se justifient par référence à un même type général de problème sous-jacent³, à rendre opérationnel son « holisme

¹ Wilson E.B. (1934), in Fox Keller E. (2002), pp. 85-86.

² Bertalanffy L. von (1945), p. 4. Kingsland S.E. (1985), p. 26 et pp. 103-104, reprise par Varenne F. (2004), pp. 102-103, a bien vu combien Lotka avait anticipé les vues de Bertalanffy, sans toutefois discuter les détails de cette influence, ni les différences (hormis le fait que le concept bertalanffien de système était plus général que celui de Lotka).

³ Lotka se servit aussi de ses études sur les phénomènes de croissance démographiques afin d'analyser la croissance de substances chimiques comme un problème de croissance de « population de molécules ». Pour lui, la chimie physique « comme la démographie se rejoignaient dans

écologique » d'inspiration énergétiste tout en se plaçant dans la perspective d'une « statistique d'ordre supérieur » qui anticipait déjà en soi largement les vues de Bertalanffy. Un système qui, aux vagues métaphores spencériennes sur l'« économie » et les « équilibres » de la nature, substituait des techniques mathématiques empruntées aux théories économiques d'Augustin Cournot, de Léon Walras et surtout de William S. Jevons¹. Lotka, suscitant probablement avec lui plus que nul autre l'espoir que les mathématiques élèvent l'écologie au rang d'une « science exacte » et donc au même niveau de dignité que les sciences physiques², précisa et concrétisa ainsi des idées formulées avant lui par Adams, dont l'approche dynamiciste et systémique était, dans les années 1910 déjà, allée de pair avec la formulation du projet d'une écologie hypothético-déductive s'appropriant les concepts de la chimie physique³. Il est surtout nécessaire ici d'examiner plus en détail, avec ses applications à la dynamique des populations, la branche de la « biologie physique » de Lotka vouée à l'étude mathématique des flux de matière dans le monde biologique ; c'est-à-dire la « Stoechiométrie », avec ses deux subdivisions qu'étaient la « Cinétique » et la « Statique ». Car c'est précisément dans cette branche que les considérations de Lotka s'approchèrent effectivement « au plus près » de la « systémologie générale » de Bertalanffy.

2-4-4-1 – Les « équations fondamentales de la Cinétique de l'évolution »

J'ai déjà exposé au 1-4-5-8 comment et pourquoi Lotka fut amené à faire reposer ces dernières sur l'étude d'un système différentiel totalement abstrait qu'il appelait les « équations fondamentales de la Cinétique de l'évolution », supposées formaliser l'évolution d'un système *en général* constitué de n « espèces » $(E_i)_{1 \leq i \leq n}$:

$$\frac{dX_i}{dt} = F_i(X_1; \dots; X_n; P_1; \dots; P_n; Q_1; \dots; Q_n) \quad (1 \leq i \leq n) \quad (1)$$

où les $(X_i)_{1 \leq i \leq n}$ sont des fonctions du temps t désignant les populations (ou masses) des « espèces » $(E_i)_{1 \leq i \leq n}$, les $(F_i)_{1 \leq i \leq n}$ des fonctions réelles de $3n$ variables, les $(P_i)_{1 \leq i \leq n}$ des paramètres traduisant l'impact de l'environnement physique sur chaque espèce, et les $(Q_i)_{1 \leq i \leq n}$ des paramètres exprimant l'évolution intra-spécifique⁴. La « Statique » de Lotka était vouée au traitement des cas où les dérivées s'annulent dans (1) et se subdivisait elle-même en trois branches étudiant les cas où les $(P_i)_{1 \leq i \leq n}$ et les $(Q_i)_{1 \leq i \leq n}$ sont respectivement supposés constants, en changement lent ou en changement rapide.

Lotka souligna lui-même le caractère holistique et général des équations (1) : elles exprimeraient « d'une manière quelque peu incolore l'interdépendance des divers composants des systèmes en évolution »⁵. Comme le fit par la suite Bertalanffy⁶, il voulait exprimer par là qu'elles sont une expression mathématique paradigmatique du caractère *systémique en général*. C'est de là que dérivait dans tous ses aspects le trait radicalement novateur de ses travaux. Nourri de ceux de Poincaré et de Picard effectués à la fin du XIX^e siècle sur les systèmes différentiels du premier ordre⁷, Lotka s'efforça en effet de montrer que non seulement (1) n'est pas un formalisme trop général pour ne pas être stérile, mais qu'il constitue un outil puissant pour guider *a priori* et systématiser la recherche, au premier chef dans les domaines de l'écologie et de la démographie. Il inaugurerait en cela la méthode « systémologique » générale :

Une phase du problème général doit évidemment être l'étude (par observation, expérience ou toute autre méthode disponible) du caractère ou de la forme des fonctions F qui nous disent comment la croissance de chaque composant dépend des autres et des paramètres P et Q . On pourrait en effet

la mesure où elles étudiaient toutes deux des problèmes de « distribution de matière », dans des « agrégats » d'espèces certes différentes. Je reviendrai plus loin sur la signification profonde assignée par Lotka à ses analogies. Voir aussi Kingsland S.E. (1985), p. 45.

¹ Kingsland S.E. (1985), pp. 40-42 en particulier.

² *op. cit.*, p. 128 en particulier.

³ *op. cit.*, pp. 22-26. Adams en eut d'ailleurs conscience et c'est par son intermédiaire que Lotka rejoignit en 1925 la Société américaine d'écologie.

⁴ C'est-à-dire des paramètres caractéristiques de chaque espèce considérée, qui ont trait à la constitution biologique des individus correspondant ainsi qu'à leurs relations entre membres de la même espèce : taux de fécondité et de mortalité naturels, par exemple.

⁵ Lotka A.J. (1925), p. 100.

⁶ Bertalanffy L. von (1942), p. 31; (1945) et (1950b).

⁷ Lotka ((1925), p. 59 et p. 92) se référait aux volumes 1, 2 et 3 du *Traité d'Analyse* de Picard, respectivement édités en 1891, 1893 et 1895, ainsi qu'à un article sur le sujet publié par Poincaré en 1885 dans le *Journal de mathématiques pures et appliquées* (4^e série, vol. 1).

supposer que, jusqu'à ce que cette phase du problème ait été considérée, le système d'équations (1) serait au mieux une expression stérile de faits. Mais c'est une conception erronée. *Sans connaître quoique ce soit concernant la forme précise de ces fonctions, bien des informations d'un intérêt considérable peuvent être dérivées de ces équations*¹.

Ces informations, depuis lors devenues classiques, Lotka les tira d'une « analyse formulée selon des lignes parfaitement générales » qui, selon lui, « couvre n'importe quelle sorte d'interrelation » : il n'y aurait « absolument rien qui en restreigne l'application à l'évolution *organique* ». Ainsi considéra-t-il (1) sous l'hypothèse que les paramètres $(P_i)_{1 \leq i \leq n}$ et les $(Q_i)_{1 \leq i \leq n}$ sont constants ou changent assez lentement pour pouvoir être considérés ainsi sans inconvénient², donc sous la forme :

$$\frac{dX_i}{dt} = F_i(X_1; \dots; X_n) \quad (1 \leq i \leq n) \quad (2)$$

Ce qui revenait à se restreindre à l'évolution « inter-groupe » dans des conditions constantes : Lotka adoptait sur ce point une position épistémologique inversée par rapport à la génétique des populations, en particulier par rapport à la théorie mathématique de la sélection naturelle de Haldane, Wright et Fisher³. Une courbe intégrale de (2) peut être interprétée comme une « trajectoire » dans un « espace des phases » ; c'est-à-dire comme l'ensemble, paramétré par le temps t , des points de coordonnées $(X_i(t))_{1 \leq i \leq n}$ dans un repère d'un espace (affine) à n dimensions. En général, plusieurs états stationnaires sont possibles ; de tels états correspondent, lorsqu'ils existent, à l'annulation des dérivées dans (2), c'est-à-dire encore à une solution du système d'équations $F_i(X_1; \dots; X_n) = 0$, où $1 \leq i \leq n$. Le système (2) peut alors être ré-écrit en prenant comme nouvelle origine de l'espace des phases l'un de ces états stationnaires, que l'on peut noter $(C_i)_{1 \leq i \leq n}$; ce qui revient à opérer le changement de variables $x_i = X_i - C_i$ (où $1 \leq i \leq n$) et implique l'introduction de n nouvelles fonctions $(f_i)_{1 \leq i \leq n}$ de ces n variables. Le système ainsi obtenu est formellement analogue à (2) :

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(x_1; \dots; x_n) \quad (1 \leq i \leq n) \quad (3)$$

Si les $(f_i)_{1 \leq i \leq n}$ intervenant dans ce nouveau système différentiel sont développables à l'ordre 1 en séries de Taylor au voisinage du point $(x_i = 0)_{1 \leq i \leq n}$ (donc si elles sont assez régulières⁴), ce système peut être localement linéarisé sous la forme d'un système qui était bien connu des mathématiciens depuis le XVIII^e siècle (par Lagrange en particulier) :

$$\frac{dx_i}{dt} = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \quad (1 \leq i \leq n) \quad (4)$$

Dans l'hypothèse où les valeurs propres $(\lambda_i)_{1 \leq i \leq n}$ de la matrice carrée $[a_{ij}]_{(i,j) \in \llbracket 1, n \rrbracket^2}$ sont distinctes (Lotka ne précisa pas que cette condition est suffisante, mais pas nécessaire)⁵, les solutions au voisinage de l'état stationnaire considéré s'expriment sous la forme :

$$x_i = \sum_{j=1}^n G_{ij} e^{\lambda_j t} \quad (1 \leq i \leq n) \quad (5)$$

¹ Lotka A.J. (1925), p. 57. Les italiques me sont propres. Voir aussi (1934), p. 33.

² *op. cit.*, pp. 58-61. Voir aussi Lotka A.J. (1934), pp. 32-40.

³ La génétique des populations se concentrait exclusivement sur l'évolution intra-spécifique, en supposant l'invariance de l'environnement de l'espèce et en négligeant les interactions écologiques. Lotka, et plus généralement avec et après lui l'écologie des populations, supposait au contraire l'espèce invariante génétiquement en mettant l'accent sur les variations de l'environnement et les interactions entre espèces. Voir notamment à ce sujet Kingsland E.S.E. (1985), p. 1.

⁴ La condition nécessaire et suffisante est qu'elles soient différentiables.

⁵ La condition nécessaire et suffisante pour que l'on ait la forme (5) des solutions est que la matrice soit diagonalisable. Elle l'est lorsqu'elle a autant de valeurs propres que son format (ici n), mais ce n'est pas nécessaire : il faut seulement à cette fin que le « polynôme minimal » de la matrice (polynôme annulateur de plus bas degré), dont les racines sont les valeurs propres de la matrice, soit scindé et à racines simples (entièrement factorisable en produit de polynômes distincts de degré 1). Si par contre la matrice n'est pas diagonalisable, l'énoncé qui suit doit être modifié : dans ce cas, la matrice est toujours trigonalisable (dans le corps des nombres complexes) et on montre que les facteurs des exponentielles intervenant dans (5) ne sont pas tous des fonctions constantes.

où les G_{ij} sont n^2 constantes réelles¹. On obtient déjà ainsi l'expression temporelle explicite locale des n variables étudiées au voisinage de l'état stationnaire considéré, sans nécessairement être en mesure de réaliser une explicitation globale de ces mêmes variables.

Pour Lotka, comme pour Bertalanffy à sa suite (qui reprit toutes ces analyses en 1942 et après-guerre dans leurs moindres détails)², un premier point essentiel était qu'en dépit de la généralité du système différentiel considéré, des informations significatives (disons de nature « typologique ») peuvent déjà être tirées à ce stade de l'analyse. Le caractère de l'état stationnaire étudié peut être discuté selon la nature algébrique des valeurs propres $(\lambda_j)_{1 \leq j \leq n}$ de la matrice du système (4), qui sont *a priori* des nombres complexes. La stabilité de l'état stationnaire est alors liée au signe des parties réelles respectives a_j des λ_j . En effet, les réels b_j désignant les parties imaginaires des λ_j , (5) peut encore s'écrire sous la forme :

$$x_i = \sum_{j=1}^n g_{ij} e^{a_j t} \cos(b_j t + \varphi_j) \quad (1 \leq i \leq n) \quad (5')$$

où les g_{ij} et les φ_j sont des constantes réelles. Si toutes les parties réelles a_j sont négatives, la nullité de la limite de toutes les parties exponentielles lorsque le temps tend vers l'infini implique la nullité de la limite de tous les x_i , compte tenu du caractère borné des expressions trigonométriques : l'état stationnaire est stable, les trajectoires dans l'espace des phases convergeant au cours du temps vers le point qui représente l'état stationnaire, avec des oscillations « amorties ». Si l'une au moins des valeurs propres λ_k a une partie réelle a_k positive, alors la limite infinie de l'exponentielle associée implique une divergence d'au moins certaines trajectoires : l'état stationnaire est instable. Enfin, si toutes les valeurs propres sont imaginaires pures, c'est-à-dire si tous les a_j sont nuls, les x_i sont des fonctions trigonométriques et les trajectoires correspondent à des oscillations « non amorties » autour de l'état stationnaire. Lotka voyait déjà dans cette étude une « confirmation analytique et une extension d'une inférence tirée par Herbert Spencer sur des bases qualitatives » ; elle aurait le mérite d'être « plus spécifique », distinguant plusieurs « modes d'approche de l'équilibre »³.

Il s'agissait toutefois moins pour Lotka de justifier et de préciser mathématiquement une philosophie de la nature que de montrer que ces « analyses construites sur des *lignes parfaitement générales* et couvrant *n'importe quelle sorte d'interrelation* »⁴ fournissaient une base *méthodologique* féconde pour actualiser son programme d'une « biologie physique ». Il y parvint en étudiant certains cas particuliers des systèmes différentiels (2), (3) et (4). Ces études consistèrent soit à discuter encore *a priori* les propriétés mathématiques de ces systèmes dans les cas d'une, deux ou trois espèces avant de montrer la pertinence biologique potentielle des résultats obtenus dans le domaine de la dynamique des populations, soit à imposer des formes spécifiques aux fonctions $(F_i)_{1 \leq i \leq n}$ ou $(f_i)_{1 \leq i \leq n}$ intervenant dans les systèmes différentiels (2) et (3), avec des choix déterminés par leur pertinence relativement à divers problèmes en dynamique des populations. Parce qu'elles concernaient très directement Bertalanffy, il me faut toutefois, avant d'examiner ces études, insister sur certaines considérations générales que Lotka eut encore au sujet du système différentiel (1).

2-4-4-2 – Un principe général de formalisation des systèmes ouverts

Lotka, tout imprégné qu'il était des principes d'équilibre et d'une philosophie dynamiciste de la nature, jugea qu'un « pas naturel » dans l'analyse du système (1) antérieur à sa mise en œuvre

¹ Plus généralement :

$$\frac{dx_i}{dt} = \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \right) + (a_{i11} x_1^2 + a_{i12} x_1 x_2 + a_{i22} x_2^2) + \dots$$

et

$$x_i = \left(\sum_{j=1}^n G_{ij} e^{\lambda_j t} \right) + \left(\sum_{j=1}^n G_{i,jj} e^{2\lambda_j t} \right) + \dots$$

² Bertalanffy L. von (1942), pp. 325-326 et (1945), pp. 7-9 en particulier.

³ Lotka A.J. (1925), p. 62. Lotka cita ici Spencer pour son idée d'une perpétuelle oscillation autour de l'équilibre entre « forces préservatives et destructrices » : « Chaque espèce de plante et d'animal subit une perpétuelle variation rythmique de nombre ».

⁴ *op. cit.* Les italiques me sont propres.

spécifiée dans l'étude de problèmes concrets consistait à « scinder » les fonctions $(F_i)_{1 \leq i \leq n}$ « en un terme positif et un terme négatif », c'est-à-dire à « exprimer [pour chaque $i \in \llbracket 1; n \rrbracket$] le taux d'accroissement de la masse X_i du composant E_i comme le bilan, le surplus, de la masse U_i ajoutée à ce composant par unité de temps par rapport à la masse V_i qui en est éliminée par unité de temps » ; donc à écrire (1) sous la forme :

$$\frac{dX_i}{dt} = U_i - V_i \quad (1 \leq i \leq n) \quad (6)$$

En d'autres termes, Lotka décidait de penser tout système formalisé par (1) comme l'expression d'une dynamique métabolique fondée sur un jeu d'équilibre ou de déséquilibre entre processus d'assimilation et de dissimilation¹. En dépit de son intention initialement affichée, il finissait de la sorte par « colorer » ses « équations fondamentales de la Cinétique » en fournissant un modèle très général de l'évolution des *systèmes ouverts* aux flux de matière, susceptible d'engendrer par spécification des variables et des fonctions $(U_i)_{1 \leq i \leq n}$ et $(V_i)_{1 \leq i \leq n}$ du système (6) des modèles mathématiques de phénomènes de natures les plus diverses.

La manière dont Lotka spécifia sur cette base son approche mathématique de la problématique de la variation démographique mérite d'être considérée, compte tenu de sa pertinence pour le concept général de système ouvert que Bertalanffy chercha à élaborer. Dans le cas où la masse moyenne d'un individu dans chaque espèce n° i , notée m_i , est supposée temporellement constante, les masses totales $(X_i)_{1 \leq i \leq n}$ des espèces sont liées à leurs nombres d'individus respectifs $(N_i)_{1 \leq i \leq n}$ par les relations :

$$X_i = m_i N_i \quad \text{et} \quad \frac{dX_i}{dt} = m_i \frac{dN_i}{dt} \quad (1 \leq i \leq n)$$

Conformément au principe de représentation précédent, le taux d'accroissement numérique au sein de chaque espèce peut alors être pensé comme le bilan des nombres d'individus formés (*born*) et éliminés (*dead*) par unité de temps, respectivement $(B_i)_{1 \leq i \leq n}$ et $(D_i)_{1 \leq i \leq n}$, d'où :

$$\frac{dX_i}{dt} = (B_i - D_i) m_i \quad (1 \leq i \leq n)$$

Lorsque les $(B_i)_{1 \leq i \leq n}$ et $(D_i)_{1 \leq i \leq n}$ réfèrent à une population d'organismes vivants, Lotka les interprétait comme les taux de natalité et de mortalité par unité de temps². En réalité, comme le remarquèrent quelques années plus tard Kostitzin et Bertalanffy³ (peut-être à la suite du géophysicien russe bien qu'il ait alors déjà directement lu Lotka), une interprétation plus judicieuse, dans la mesure où une population est étudiée dans une portion fixée de l'espace, consistait à tenir compte aussi des mouvements de population, sous la forme :

$$\frac{dN_i}{dt} = (B_i + I_i) - (D_i + J_i) \quad (1 \leq i \leq n)$$

où I_i et J_i désignent respectivement les taux d'immigration et d'émigration dans la population de l'espèce E_i . C'est-à-dire, schématiquement :

$$\text{variation démographique} = (\text{naissances} + \text{immigration}) - (\text{décès} + \text{émigration})$$

Mais du point de vue de Bertalanffy, l'aspect le plus intéressant de la discussion menée par Lotka était certainement que ce dernier chercha aussi à tenir compte du fait que dans le cas d'une population d'organismes vivants, l'hypothèse de constance des masses moyennes $(m_i)_{1 \leq i \leq n}$ des individus au sein de chaque espèce est « inadéquate » :

Contrairement aux molécules dans un système au cours d'une transformation chimique, chaque unité dans un agrégat d'organismes vivants ne maintient pas sa substance inchangée en identité ou en masse totale. En fait, chaque unité est en soi un agrégat à l'intérieur de l'agrégat plus grand qui constitue l'espèce ou le groupe biologique et pour chaque unité individuelle (organisme) séparément, on peut écrire une équation analogue à (6).

¹ Lotka A.J. (1925), p. 100.

² *op. cit.*, p. 101.

³ Kostitzin V.A. (1937), pp. 14-15 et Bertalanffy L. von (1942), p. 29.

C'est-à-dire une équation de la forme :

$$\frac{dm_i}{dt} = U_i' - V_i' \quad (1 \leq i \leq n)$$

L'analogie avec (6) ne doit toutefois pas masquer une différence de signification, ni le fait que (6) elle-même devait dans cette perspective être modifiée pour obtenir :

$$\frac{dX_i}{dt} = m_i \frac{dN_i}{dt} + N_i \frac{dm_i}{dt} = m_i(U_i - V_i) + N_i(U_i' - V_i') = (m_i U_i + N_i U_i') - (m_i V_i + N_i V_i')$$

L'essentiel ici reste qu'il fallait selon Lotka tenir compte de la « constante dépense de substance » et du « constant import requis pour la compenser » qui constituaient pour lui une « caractéristique fondamentale » des organismes, c'est-à-dire encore du « flux de substance » qui les « traverse » ; et concevoir le monde organique comme un emboîtement de systèmes ouverts dont l'évolution, quel que soit le niveau de cet emboîtement considéré, peut chaque fois être formalisée par une équation différentielle dont le type général demeure inchangé¹.

Ces courtes discussions de Lotka étaient objectivement de la plus haute signification pour Bertalanffy et il y a fort à parier qu'elles ne lui échappèrent pas plus qu'à Rashevsky – dont les modèles, à commencer par celui de la cellule en croissance, furent bien souvent des spécifications du modèle général (6) formulé par Lotka. Ce qui précède montre en effet que non seulement le principe d'ubiquité du schème du système ouvert à tous les niveaux d'organisation biologique n'était pas étranger à l'Américain, mais que ce dernier avait aussi exposé une manière d'incarner cette ubiquité dans un formalisme mathématique permettant déjà, à un niveau certes encore trop général pour être opérationnel, une mise en isomorphisme des phénomènes de natures très différentes tels que la croissance des organismes vivants et celle d'une population de tels organismes, pourvu qu'ils soient modélisés dans son cadre.

2-4-4-3 – La construction a priori du modèle logistique de croissance d'une population

Le premier problème particulier que Lotka étudia au moyen d'une spécification du système général (1) fut celui de l'évolution d'une seule variable X , toujours sous l'hypothèse du système (2) où les paramètres P et Q correspondants sont supposés constants. Il s'agissait donc, X étant interprété ici comme un effectif, de considérer la « loi » générale de croissance d'une population :

$$\frac{dX}{dt} = F(X) \quad (7)$$

où F est une fonction réelle d'une variable que Lotka supposa positive afin de se placer effectivement dans l'hypothèse d'une croissance de X . Non seulement l'analyse qu'en fit Lotka² en application des considérations générales développées au sujet de (2), mais aussi sa conception de la signification du résultat obtenu, furent déjà à maints égards exemplaires de son approche « systémologique ».

Son premier constat : puisque la fonction nulle est par l'origine même du problème traité une solution de (7), la fonction F doit s'annuler en 0. En supposant de surcroît qu'elle a la régularité nécessaire pour être somme de sa série de Taylor, il en déduisit que son développement en série entière ne contient pas de terme constant, l'équation (7) se présentant donc sous la forme :

$$\frac{dX}{dt} = a_1 X + a_2 X^2 + a_3 X^3 + \dots \quad (8)$$

Lotka considéra le problème de l'existence et du nombre d'éventuels états stationnaires, c'est-à-dire de solutions de l'équation $\frac{dX}{dt} = F(X) = 0$. Le cas le plus élémentaire est bien sûr celui où seul le premier terme du second membre de (8) est retenu, c'est-à-dire l'équation $\frac{dX}{dt} = aX$, où $a = a_1 > 0$. La solution en est une croissance exponentielle, que Lotka avait jusqu'à sa découverte des travaux de Pearl tenu pour le mode de croissance fondamental³ : $X(t) = X(0)e^{at}$. Mais il n'existe alors aucun

¹ Lotka A.J. (1925), pp. 130-131.

² Lotka A.J. (1925), pp. 64-68.

³ Kingsland S.E. (1985), p. 83.

état stationnaire non trivial et la croissance est illimitée, tendant avec le temps vers l'infini : seule une population initialement nulle fournirait un état stationnaire, mais la fonction X serait alors constamment nulle – l'équilibre correspondant étant évidemment instable. Dans quelle condition la plus simple peut-on alors obtenir une croissance limitée ? Telle était la question posée par Lotka, tout en imposant le principe selon lequel « il doit y avoir une limite supérieure à la croissance de la population ». Sa réponse fut suggérée par (8) : le cas le plus simple était celui où F est un polynôme de degré 2, l'équation s'écrivant dès lors (avec $a = a_1 > 0$ et $b = a_2 \neq 0$) :

$$\frac{dX}{dt} = aX + bX^2 \quad (9)$$

En effet, outre la fonction nulle, $X = -a/b$ correspond à un autre état stationnaire *a priori* possible. Dans la mesure où l'on cherche un état stationnaire correspondant à une solution positive, il faut de surcroît supposer que $b < 0$, puisque $a > 0$; en posant $c = -b$, on obtient dans ces conditions :

$$\frac{dX}{dt} = aX - cX^2 \quad (10)$$

avec $a > 0$ et $c > 0$. Équation qui n'est autre que l'équation de croissance dite « logistique » déjà discutée au 1-4-5-7, et que nous avons alors vue correspondre à une fonction croissant vers une valeur asymptotique. On peut remarquer que Lotka n'intégra volontairement pas cette équation différentielle du type Bernoulli au moyen du changement de variable usuellement utilisé pour la résoudre, mais par une voie peu « orthodoxe » destinée selon ses propres termes à « illustrer » sa « méthode générale »¹. Cette équation, Lotka venait donc de la déduire purement *a priori*, simplement à partir de considérations mathématiques formalisant l'évolution d'une population unique soumise à la condition d'une croissance limitée, et donc d'une manière totalement indépendante de la nature de la population en question (qu'il s'agisse de molécules, d'une espèce biologique, voire d'une population humaine). L'équation (10) apparaîtrait ainsi « naturellement » dès lors que l'on prend en compte de la manière la plus simple, quadratiquement, la non-linéarité du phénomène étudié (interprétée par Pearl comme un effet de frein imposé par la densité croissante de population sur son propre accroissement) ; c'est-à-dire encore dès que la condition de décroissance la plus simple possible est imposée au taux d'accroissement relatif de X , à savoir être de type affine ($\frac{1}{X} \frac{dX}{dt} = a - cX$). Ce résultat impressionna considérablement Bertalanffy, qui reprit intégralement ces analyses dès 1942 et eut (certainement en fait dès 1937) une interprétation très particulière de leur signification – qui rejoignait celle de Lotka :

On accède à la loi exponentielle et à la loi logistique non seulement sur la base de conceptions biologiques, mais d'une manière purement formelle-mathématique ; car ces deux lois ne résultent de rien d'autre que du système général d'équations (2) et du développement aussi général en une série de Taylor, dans les deux cas les plus simples – à savoir ceux où seuls un ou deux termes sont conservés dans la série. En ce sens, les lois en question sont *a priori* et indépendantes de leur interprétation biologique².

Lotka avait été amené à aborder ce problème de la croissance logistique d'une population *en général* sous l'influence de Pearl, mais avait une interprétation de la signification épistémologique de l'équation (10) très différente de celle de Pearl. Il mit certes en exergue les cas où elle s'était (parfois « remarquablement », mais le plus souvent seulement dans certaines limites) révélée adéquate, que ce

¹ Lotka A.J. (1925), pp. 65-66. En lieu et place du changement de variable $Y = 1/X$, son calcul fut le suivant. L'équation caractéristique du système linéarisé ($\frac{dX}{dt} = aX$) a pour solution $\lambda = a$, d'où une solution de (9) de la forme : $X = G_1 e^{at} + G_{11} e^{2at} + G_{111} e^{3at} + \dots$ En faisant consciemment abstraction de la divergence de la série « pour les grandes valeurs de t », Lotka reporta cette expression dans (9) et en déduisit successivement : $G_{11} = \frac{b}{a} G_1^2$; $G_{111} = \frac{b^2}{a^2} G_1^3$; etc. D'où par sommation de la série géométrique obtenue (de raison $\frac{b}{a} G_1 e^{at}$) :

$$X = \frac{G_1 e^{at}}{1 - \frac{b}{a} G_1 e^{at}}$$

(Lotka ayant commis une erreur dans la formulation de ce résultat). La prise en compte de la condition initiale donne la solution, que l'on peut mettre sous la forme exposée dans l'annexe 1-4-5-7 :

$$X = \frac{L}{1 + ke^{-at}} \quad \text{où } L = \frac{a}{c} \quad \text{et } k = \frac{L}{X(0)} - 1 > 0$$

² Bertalanffy L. von (1942), pp. 327-330.

soit pour la croissance de populations (de bactéries, d'insectes ou d'humains), ou pour celle d'organismes vivants (animaux ou, mieux encore, végétaux)¹. Mais Lotka resta critique tant vis-à-vis de son utilisation que de la portée qui lui était parfois donnée ; et ce, dans un contexte où l'analogie entre organismes individuels et populations d'organismes était d'autant plus vigoureusement attaquée² que certains comme Pearl prétendaient l'incarner dans une description mathématique commune ayant le statut de « loi » universelle sans véritablement être en mesure de mettre en évidence des mécanismes communs sous-jacents expliquant cette universalité. Lotka souligna que toutes les prévisions, les « extrapolations héroïques » faites sur la base de l'équation « logistique » en démographie ne devaient être acceptées qu'« avec réserve compte tenu de l'ignorance des facteurs imposant une limite à la croissance ». Il remarqua aussi qu'il ne fallait « pas prendre trop au sérieux » les analogies en fin de compte très superficielles suscitées par cette équation ou motivant son utilisation ; en particulier celle par laquelle Robertson, arguant de similitudes entre les courbes représentatives correspondant aux deux problèmes, avait tenté de justifier la transposition qu'il avait faite de l'équation (10) du domaine des réactions monomoléculaires auto-catalytiques du type $A + X \leftrightarrow 2X$, où elle s'applique parfaitement aux concentrations, à celui de la croissance pondérale, en interprétant celle-ci comme un processus « auto-catalytique » supposé contrôlé par une réaction chimique elle-même auto-catalytique liée à la sécrétion d'un catalyseur inconnu³. S'inspirant d'une suggestion faite en 1908 par le biochimiste Wolfgang Ostwald, Lotka préférait parler de croissance « autocatacinétique » pour désigner « toute croissance de n'importe quelle espèce » dans laquelle la substance ou la structure impliquée agit elle-même comme « noyau » pour la formation de cette substance ou structure, et réserver le terme « auto-catalytique » à la chimie : il s'agissait pour lui d'utiliser un terme « neutre et libre de toute implication ou restriction quant au mécanisme par lequel survient la croissance »⁴.

Lotka s'aventura certes, par une incursion aussi exceptionnelle que douteuse dans le domaine de la « micro-mécanique » qu'il avait par ailleurs choisi de délaisser, à suggérer une « explication » de la (relative) applicabilité commune de (10) dans ce domaine et dans celui de la « macro-mécanique » :

Une colonie d'organismes unicellulaires, considérée comme un tout, est analogue au corps d'un organisme multicellulaire. Ou, dit autrement, un homme par exemple peut être considéré comme une *population de cellules*. Nous n'avons donc pas à être grandement surpris si la croissance de l'organisme multicellulaire se trouve suivre une loi similaire à celle exhibée par des populations⁵.

Une conception paradoxalement holistique du point de vue populationnel et « an-organismique » du point de vue individuel qui lui valut plus tard cette critique légitime de Bertalanffy, à vrai dire la seule que ce dernier lui adressa :

Lotka traite d'un concept général de système, mais il est en tant que statisticien plus intéressé par les problèmes de population que par le problème biologique de l'organisme individuel ; et surgit chez lui la situation étonnante qu'il conçoit certes les associations biologiques comme des systèmes, mais qu'il se représente l'organisme individuel comme une somme de cellules⁶.

L'Américain évita toutefois en général toute spéculation quant aux causes de l'apparente applicabilité commune en question. Et s'il parlait bien de « loi de croissance » à propos de (10), ce n'était pas du tout au sens universel que Pearl avait voulu lui attribuer. De son point de vue, il y avait plutôt une nécessité intrinsèque de nature mathématique qui faisait de (10) un *candidat* relativement prioritaire (du fait de sa simplicité) pour la description des phénomènes de croissance, *quel que soit le domaine concerné*. Mais il ne s'agissait pour lui, dans chacune des applications où elle s'était révélée relativement adéquate, que d'une « formule empirique » ; un véritable statut de « loi » ne pourrait lui être accordé qu'à l'issue de la démonstration du fait qu'elle est déductible de *principes* et non seulement de considérations purement formelles, de sorte qu'elle s'imposerait vis-à-vis d'autres équations. Cela ne la dévalorisait en rien à ses yeux, bien au contraire : elle suggérait la recherche de

¹ Lotka A.J. (1925), pp. 66-75.

² Kingsland S.E. (1985), pp. 82-83.

³ Robertson T.B. (1908) et (1913). Voir aussi Kingsland S.E. (1985), pp. 66-67.

⁴ Lotka A.J. (1925), p. 76.

⁵ *op. cit.*, p. 70.

⁶ Bertalanffy L. von (1945), p. 5.

tels principes. Même son inadéquation parfois constatée pouvait susciter la recherche d'une explication des mécanismes réellement impliqués, quête susceptible de déboucher sur de nouvelles découvertes. La Cinétique fonctionnait donc ici comme un simple outil heuristique, avec une conception de son utilisation dont on mesure déjà la convergence avec la philosophie des modèles et de la théorisation de Bertalanffy et qui anticipait très largement sur ce point la compréhension que ce dernier eut de son projet « systémologique » :

Une formule empirique n'est pas tant la solution d'un problème qu'un défi lancé pour une telle solution. Elle est un point d'interrogation, un signe de question animée¹.

2-4-4-4 – La « stoechiométrie » des associations biologiques dans une perspective « systémologique »

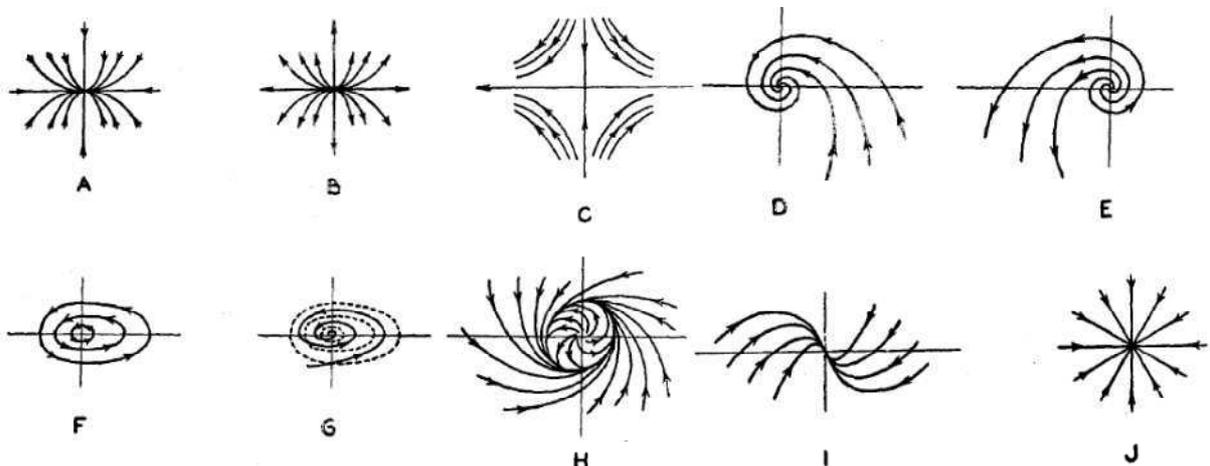
Plus clairement encore que dans l'étude d'une seule population, c'est dans son analyse de l'évolution des systèmes composés de deux espèces en interaction, ce qu'il appelait une « association biologique », que Lotka révéla la nature et l'originalité de son approche. Le système différentiel général (2) s'écrit dans ce cas :

$$\begin{cases} \frac{dX_1}{dt} = F_1(X_1; X_2) \\ \frac{dX_2}{dt} = F_2(X_1; X_2) \end{cases} \quad (11)$$

Au voisinage d'un éventuel état stationnaire, il se linéarise sous la forme :

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \end{cases}$$

Lotka discuta alors, en fonction des propriétés algébriques des valeurs propres de la matrice de ce système, la nature des dix états stationnaires possibles, qui correspondent à différents types de stabilité ou d'instabilité. L'étude en avait déjà été effectuée en 1891 par Picard du point de vue du pur mathématicien, donc sans souci d'explication physique ou biologique. Sur les schémas correspondants ci-dessous, les flèches orientant les trajectoires dans l'espace des phases représentant les points de coordonnées $(x_1; x_2)$ indiquent la direction de l'évolution du système au cours du temps. Il y a deux types d'états stationnaires lorsque les valeurs propres sont égales (cas *I* et *J*), deux lorsqu'elles sont réelles et de même signe (cas *A* et *B*), un lorsqu'elles sont réelles et de signes contraires (cas *C*), deux lorsqu'elles sont non réelles et non imaginaires pures (cas *D* et *E*) et trois lorsqu'elles sont imaginaires pures (cas *F*, *G* et *H*) – dans ces deux derniers cas, l'étude nécessite un examen au second ordre :



¹ Lotka A.J. (1925), cité in Kingsland S.E. (1985), p. 85. Voir plus généralement pp. 85-87 et p. 125.

Cette étude purement *a priori*, indépendante de toute interprétation particulière, constituait pour Lotka un prolongement abouti, dans le cas de deux espèces (encore assez simple à examiner de la sorte), de la discussion du système général (2) qu'il avait menée. Il l'investissait déjà en elle-même, comme Bertalanffy lorsqu'il reprit dans ses moindres détails cette discussion en 1942 et après-guerre¹, d'une signification théorique intéressante, à savoir celle de montrer qu'« existent nécessairement certaines régularités dans l'occurrence de divers types d'équilibres » entre deux populations en interaction². Mais il ne comptait aucunement se limiter au plan mathématique, comme l'avait fait Picard.

Lotka classa à cet effet en quatre types les associations biologiques entre deux espèces E_1 et E_2 dont la seconde se nourrit de la première :

- (a) E_2 tue E_1 en s'en nourrissant
- (b) E_2 est un parasite de E_1
- (c) E_2 se nourrit des cadavres de E_1
- (d) E_1 et E_2 forment une symbiose

Ce qui lui permit d'interpréter dans un contexte biologique les comportements purement mathématiques étudiés au préalable. Il établit que trois seulement des types d'états stationnaires envisageables sont possibles dans le cas (d), que les mêmes et deux autres sont possibles pour le cas (c), et que l'un des cinq autres ne peut survenir que dans les cas (a) et (b). Plus précisément, les cas (a) et (b) imposent :

$$\frac{\partial}{\partial x_2} \left(\frac{dx_1}{dt} \right) = a_{12} < 0 \quad \text{et} \quad \frac{\partial}{\partial x_1} \left(\frac{dx_2}{dt} \right) = a_{21} > 0.$$

Les mêmes dérivées fournissent $a_{12} \geq 0$ et $a_{21} > 0$ dans le cas (c), puis $a_{12} > 0$ et $a_{21} > 0$ dans le cas (d). L'équation caractéristique du système linéarisé ayant pour solutions

$$\lambda = \frac{1}{2} \left[a_{11} + a_{22} \pm \sqrt{(a_{11} - a_{22})^2 + 4a_{21}a_{12}} \right],$$

il en résulte que les cas A, B, et C de l'étude générale sont les seuls possibles dans le cas (d) et que seuls les mêmes voire éventuellement I et J sont possibles dans le cas (c) : les valeurs propres sont en effet nécessairement réelles dans ces deux cas (et distinctes dans le cas (d))³.

Le plus important ici n'est probablement pas ce résultat en tant que tel, mais le fait qu'il s'agit à ma connaissance de la première démonstration dans l'histoire des sciences qui soit « *systémologique* ». D'abord au sens où elle exprimait une propriété de type holistique car exclusivement liée aux relations entre les deux espèces idéales considérées et ne pouvant donc émerger que de leur considération en tant que composants du système constitué par leur association. Et d'autre part au sens où un résultat portant sur des phénomènes observables se trouvait dérivé *a priori* de l'étude d'un système abstrait, et non de principes physiques ou biologiques. On peut d'ailleurs remarquer qu'il fut énoncé par Lotka dans une perspective qualitative et typologique assimilable à une « explication de principe » au sens de von Hayek, un trait récurrent et revendiqué des résultats fournis plus tard par les théoriciens des systèmes tels que Bertalanffy : il s'agissait pour Lotka de prédire théoriquement la *nature* du comportement du système au voisinage de l'état stationnaire, et plus généralement de délimiter *a priori* ce qu'Hayek allait bientôt, nous l'avons vu, appeler un « spectre de phénomènes » envisageables. Kostitzin fut quelques années plus tard explicite sur cette compréhension de la vocation des mises en équation de la dynamique de systèmes biocénétiques :

Les problèmes de ce genre peuvent être mis en équations non pas en vue d'obtenir des résultats numériques, mais en vue de conclusions qualitatives⁴.

¹ Bertalanffy L. von (1942), pp. 326-327 et (1945), pp. 7-9 en particulier.

² Lotka A.J. (1925), pp. 146-148.

³ *op. cit.*, pp. 77-79.

⁴ Kostitzin V.A. (1937), p. 131.

Lotka n'était certes ni le premier à aborder le type de problèmes biologiques en question (bien loin de là)¹, ni même le premier à le faire mathématiquement. Il se référa d'ailleurs lui-même de manière détaillée à ses prédécesseurs, principalement Ronald Ross et William R. Thompson. Le premier, prix Nobel 1902 pour ses travaux sur la cause de la malaria, fut conduit dans les années qui suivirent à chercher une description mathématique de sa propagation impliquant population d'anophèles et population humaine, afin de préciser le rôle de la densité de la première sur l'incidence de la maladie. Son approche, qu'il qualifia de « méthode *a priori* », n'était autre que celle de la physique mathématique des XVIII^e et XIX^e siècles : formuler des hypothèses sur les causes du phénomène étudié ; les exprimer par des équations différentielles ; en déduire les conséquences, puis tester ces dernières empiriquement. Il parvint déjà ainsi à un système différentiel non linéaire (publié en 1911) qui n'était autre qu'une spécification de (2) avec deux variables, avec deux états stationnaires des types A et C définis plus haut ; système qui lui permit de montrer que la malaria ne peut perdurer que si la densité d'anophèles dépasse une valeur critique, et que dans la mesure où cette valeur est atteinte, même une petite augmentation de densité accroît considérablement l'incidence de la malaria². Si ses équations inspirèrent clairement Lotka (voir plus loin), il reste que ce dernier n'avait manifestement pas la même compréhension que Ross du sens de l'expression « *a priori* » : certes, ce dernier n'avait pas cherché un simple ajustement de formules à des observations, mais eu l'originalité d'une approche vraiment hypothético-déductive ; mais il ne s'agissait nullement, contrairement à Lotka, de faire précéder la mathématisation d'une étude formelle *a priori* au sens strict, c'est-à-dire antérieure à toute observation et toute expérience. Ross jugea d'ailleurs assez négativement les travaux de Lotka, les qualifiant d'« ultra-spéculatifs ». Quant à Thompson, il avait au début des années 1920 commencé à formuler mathématiquement des relations entre une espèce parasitique et son espèce hôte, dont l'expression « logistique » de la fraction de la population hôte attaquée en fonction du rapport entre « pouvoirs reproductifs » des deux espèces et du temps. Ses relations, dont il faut noter qu'elles ne résultaient pas de la formulation et de la résolution d'équations différentielles, prévoyaient notamment que la croissance de la population d'hôtes n'est pas sensiblement affectée par une faible présence parasitique, mais qu'à partir d'une densité suffisante de la première, la population de parasites mène à l'extinction rapide des hôtes en une seule génération ; ce qui était certes en toute rigueur contraire aux faits connus, mais tendait dans son principe à corroborer certaines observations d'oscillations démographiques déjà effectuées pour des populations d'insectes, et intéressa Lotka à ce titre³. Le constant souci de n'utiliser les mathématiques que pour mettre en forme des observations empiriques n'éloignait toutefois pas moins Thompson de Lotka que Ross, bien au contraire.

C'est en considérant du point de vue beaucoup plus général de sa « Cinétique » les mêmes problèmes que ses prédécesseurs que Lotka fut conduit à son résultat le plus célèbre, à savoir un modèle mathématique identique des cas (a) et (b) précisés plus haut⁴ ; un modèle qui fut aussi formulé après lui et indépendamment (en 1926) par Volterra dont l'approche, parce que différente de celle de l'Américain, sera examinée dans la prochaine section. La modélisation de Lotka consistait à spécifier les fonctions intervenant dans le système général (11) tout en se fondant sur un modèle verbal lui-même conforme à son principe général de formulation de la dynamique des systèmes ouverts, qui définissait le cadre d'une interprétation biologique du système différentiel recherché. À savoir que par unité de temps, la variation de la population X_1 de E_1 résulte de la différence entre son accroissement intrinsèque (i.e. en l'absence de E_2) et l'effet de destruction lié à son association avec E_2 ; et que celle de X_2 résulte de la différence entre l'accroissement de E_2 lié à son association avec E_1 et sa mortalité intrinsèque (i.e. en l'absence de E_1). La modélisation choisie par Lotka dérivait alors de la spécification

¹ Pour une revue de l'ensemble des travaux consacrés aux « associations biologiques » entre la fin du XIX^e siècle (moment où Karl Möbius forgea le terme de « biocénose » et en défini le concept en 1877) et la fin des années 1920, voir la note bibliographique rédigée par Umberto d'Ancona dans Volterra V. (1931), pp. 203-210.

² Lotka A.J. (1925), pp. 81-83 et p. 147 ; Kingsland S.E. (1985), pp. 98-99. La modélisation de Ross produisait un système du type :

$$\begin{cases} \frac{dX_1}{dt} = (a - b)X_1 - aX_1X_2 \\ \frac{dX_2}{dt} = aX_1 - cX_2 - aX_1X_2 \end{cases}$$

³ Lotka A.J. (1925), pp. 83-88 et Kingsland S.E. (1985), pp. 100-101.

⁴ Lotka A.J. (1925), pp. 88-94.

des fonctions intervenant dans (11) en tant que différences entre deux fonctions développables en séries tayloriennes, le cas mathématiquement le plus simple étant dans un premier temps choisi¹ :

$$\begin{cases} \frac{dX_1}{dt} = a_1 X_1 - k X_1 X_2 \\ \frac{dX_2}{dt} = K X_1 X_2 - a_2 X_2 \end{cases} \quad (12)$$

où a_1 , a_2 , k et K sont des constantes positives. Étaient ainsi respectivement supposées une croissance et une décroissance exponentielles de E_1 et E_2 en l'absence d'association (dans les termes linéaires), et une proportionnalité aux deux populations de l'effet de l'association. L'intégration de (12) montre que les fluctuations des deux espèces sont périodiques, avec un seul état stationnaire non trivial, qui est du type F de la classification de Lotka (état dit « neutralement stable »)². Ce qui établissait en particulier que dans les conditions postulées, E_2 ne peut jamais exterminer E_1 . Lotka montra par contre que l'existence d'une seconde espèce « proie » soumise aux mêmes conditions que la première peut mener

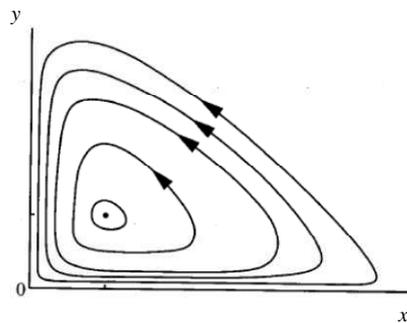
¹ L'accroissement intrinsèque de E_1 est une fonction de X_1 dont le développement taylorien doit être de valuation 1 ; il en va de même de la mortalité intrinsèque de E_2 . Quant à la destruction de E_1 liée à son association avec E_2 , cette fonction de X_1 et X_2 doit être nulle si X_1 ou X_2 le sont : son développement taylorien est factorisable par $X_1 X_2$; il en va de même de l'accroissement de X_2 lié à l'association de E_2 avec E_1 .

² L'intégration s'obtient en remarquant que $(K - \frac{a_2}{x_1}) dX_1 = (\frac{a_1}{x_2} - k) dX_2$. Les courbes intégrales – hormis les axes de coordonnées – ont pour équation $KX_1 + kX_2 - a_2 \ln(X_1) - a_1 \ln(X_2) = C$, où C est une constante déterminée par $X_1(0)$ et $X_2(0)$. Les états stationnaires sont $(0;0)$ et $(\frac{a_2}{K}; \frac{a_1}{k})$; ils sont respectivement des types C (instable) et F (« neutralement » stable) définis plus haut : dans le premier cas, les valeurs propres de la matrice du système linéarisé sont a_1 et $-a_2$, donc réelles et de signes contraires, de sorte que toute perturbation autour de $(0;0)$ tend à croître exponentiellement ; dans le second cas, les valeurs propres de la matrice du système linéarisé sont imaginaires pures, égales à $\pm i\sqrt{a_1 a_2}$. Les trajectoires dans l'espace des phases sont fermées, le point Ω $(\frac{a_2}{K}; \frac{a_1}{k})$ leur étant intérieur. Si $M(x_1; x_2)$ désigne un point d'une courbe intégrale, ω une mesure de $(\vec{u}; \overline{\Omega M})$ (où \vec{u} est le vecteur unitaire d'abscisses) et $\rho = \overline{\Omega M}$, la vitesse aréolaire de $\overline{\Omega M}$ (dérivée temporelle de l'aire qu'il balaie) est en effet :

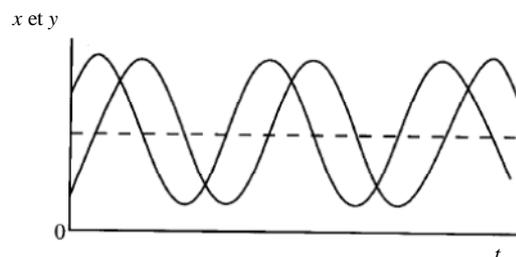
$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \rho^2 \frac{d\omega}{dt} &= \frac{1}{2} \left(x_1 \frac{dx_2}{dt} - x_2 \frac{dx_1}{dt} \right) = \frac{1}{2} \left[\left(x_1 - \frac{a_2}{K} \right) \frac{dx_2}{dt} - \left(x_2 - \frac{a_1}{k} \right) \frac{dx_1}{dt} \right] \\ &= \frac{1}{2} \left[K \left(x_1 - \frac{a_2}{K} \right)^2 x_2 + k \left(x_2 - \frac{a_1}{k} \right)^2 x_1 \right] \end{aligned}$$

Elle est strictement positive si $M \neq \Omega$, donc la courbe est toujours parcourue dans le même sens (sens « trigonométrique »), et la fonction correspondante de x_1 et de x_2 admet un minimum $m > 0$. Si d est alors une limite supérieure de la distance à Ω d'un point de la courbe, on déduit de $\frac{1}{2} \rho^2 \frac{d\omega}{dt} > m$ que $\frac{d\omega}{dt} > \frac{2m}{d^2}$: la vitesse angulaire autour de Ω est strictement positive, d'où la périodicité de la trajectoire. Un

développement limité à l'ordre 2 montre que les trajectoires sont elliptiques au voisinage de Ω , leur période étant $\sqrt{\frac{2\pi}{a_1 a_2}}$, résultat qui peut se retrouver au moyen des vecteurs propres associés aux valeurs propres $\pm i\sqrt{a_1 a_2}$. Elles se présentent comme sur la figure ci-dessous (chaque trajectoire correspondant à une valeur déterminée de C , les flèches désignant la direction de l'évolution au cours du temps et le point intérieur à toutes les trajectoires étant le point « neutralement stable », c'est-à-dire tel que toute perturbation de l'une des trajectoires ne conduit certes pas à une trajectoire convergeant vers ce centre, mais à une autre trajectoire elliptique centrée sur lui) :



Quant aux représentations de x et y en fonction du temps t , ce sont des sinusoides :



à une telle extermination, E_1 n'étant plus ici protégée de l'extinction par la dépendance complète de E_2 à son égard¹. Ainsi se trouvait révélée plus spécifiquement encore qu'au moyen des considérations préliminaires sur le système (11) la possibilité d'une détermination mathématique de lois systémiques théoriques et de leur mise à l'épreuve expérimentale. C'est un fait dont l'importance ne passa pas inaperçue de Bertalanffy qui, dans le second volume de sa *Theoretische Biologie* publié en 1942, consacra près de vingt pages aux études mathématiques des systèmes biocénétiques, largement à la suite des études synthétiques publiées par Kostitzin en 1937 et Umberto D'Ancona (gendre de Volterra) en 1939 :

Le résultat étonnant de ces considérations est que dans ces relations entre deux espèces dont l'une se nourrit de l'autre, des fluctuations périodiques se produisent, qui résultent purement de la dynamique interne de la population [du système], et sont donc indépendantes de tout facteur extérieur dans des conditions environnementales données [...] Bien peu avaient pensé avant cette analyse mathématique que des fluctuations de ce type ont un caractère purement autonome².

Lotka insista toutefois sur le fait que dans (12), la négligence des termes quadratiques (voire d'ordre supérieur) en X_1 et X_2 manque de réalisme, car elle fait abstraction de la compétition intra-spécifique. Des expériences réalisées en 1934 sur les protozoaires et sur les tiques par Georgii F. Gause, un élève de Vernadsky, montrèrent effectivement par la suite l'inadéquation empirique patente de (12), des oscillations non amorties du type de celles prévues par ce modèle ne survenant que lorsque les populations, en particulier celle de E_2 (prédateurs ou parasites) sont d'effectifs relativement faibles, donc dans des cas où la compétition intra-spécifique peut être négligée³ – à quoi l'on peut ajouter que ce système différentiel souffre d'une inadéquation proprement *mathématique*, étant structurellement instable⁴. La prise en compte de la compétition intra-spécifique par l'introduction de termes de type « logistique » (conformément à son analyse d'une population simple), donc en limitant à l'ordre 2 le développement de Taylor des fonctions traduisant l'accroissement intrinsèque de E_1 et la mortalité intrinsèque de E_2 , conduisit Lotka au système plus général :

$$\begin{cases} \frac{dX_1}{dt} = a_1X_1 - c_1X_1^2 - kX_1X_2 \\ \frac{dX_2}{dt} = KX_1X_2 - a_2X_2 - c_2X_2^2 \end{cases} \quad (13)$$

où c_1 et c_2 sont des constantes positives. Outre deux états stationnaires correspondant à la nullité de l'une des populations, il y en a un du type G de la classification de Lotka : les fluctuations des deux espèces sont en général dans ce cas encore de type oscillatoire, mais il s'agit d'oscillations amorties ; survient de plus avec (13) la possibilité que si le nombre initial d'individus de E_2 est assez grand, une destruction totale de E_1 (et donc ensuite de E_2) s'ensuive⁵. Les expériences de Gause montrèrent que ce modèle se révèle certes empiriquement beaucoup plus adéquat dans certains cas, mais qu'il reste insatisfaisant. L'hypothèse d'une prise en compte de la distribution d'âge dans la population E_1 et de la prédilection des individus de E_2 pour certaines tranches d'âge fut formulée et examinée par Kostitzin et, avant lui, par l'entomologiste Alexander J. Nicholson et son collègue physicien Victor A. Bailey. Mais cette hypothèse ne conduisit pas non plus à des résultats pleinement satisfaisants – en particulier du fait de la prédiction d'une instabilité du système manifestée par des oscillations d'amplitude croissante, qu'aucun cas empirique ne venait corroborer. D'autres hypothèses, confrontées à une même difficulté de corroboration empirique, furent examinées (notamment par Gause et Kostitzin), telles que l'introduction d'une prise en compte de phénomènes migratoires, qui conduisait aussi à des solutions oscillatoires et montrait que de telles oscillations peuvent ne pas être

¹ Lotka A.J. (1925), pp. 94-95. Dans le cas de deux espèces, les courbes intégrales autres que les axes de coordonnées ne coupent pas celle d'équation $X_1 = 0$, donc E_2 ne peut pas exterminer E_1 . L'introduction d'une espèce proie E_3 conduit à un système différentiel à trois équations, l'évolution de cette espèce étant décrite de manière analogue à celle de E_1 et celle de E_2 nécessitant l'introduction d'un terme proportionnel à X_2X_3 . Voir aussi l'exposé très détaillé de Bertalanffy L. von (1942), pp. 338-339.

² Bertalanffy L. von (1942), p. 335. Voir aussi Kostitzin V.A. (1937) et D'Ancona U. (1939), édité par... Bertalanffy ! (voir au 2-4-6-2).

³ Kostitzin V.A. (1937), p. 120 et pp. 123-124 ; Kingsland S.E. (1985), pp. 152-154. Le résultat est mathématiquement cohérent puisque dans le cas mentionné, les termes en X_1^2 et X_2^2 sont susceptibles de devenir négligeables.

⁴ Voir Murray J.D. (1989, 2002), pp. 80-81. Une infime perturbation des conditions instantanées provoque des effets considérables : on « saute » d'une trajectoire à une autre dans l'espace des phases, l'amplitude des oscillations étant affectée de manière non négligeable.

⁵ Lotka A.J. (1925), pp. 91-92 et Kostitzin V.A. (1937), pp. 138-139.

induites par les seules interactions entre espèces, mais aussi par des interférences avec l'environnement au système qu'elles forment¹.

Il n'en reste pas moins que tous ces travaux ultérieurs donnèrent au moins raison à Lotka du point de vue de la valeur heuristique de son approche, tous les modèles mathématiques de systèmes biocénétiques considérés se révélant paradoxalement féconds par le fait même de leur inadéquation. C'est d'ailleurs pourquoi Bertalanffy, certes critique mais pour l'essentiel aucunement contrarié par les difficultés éprouvées afin d'établir des critères permettant de juger de leur pertinence selon les situations empiriques, émit un jugement très positif à leur égard en 1942, non sans une pointe d'admiration ; il les considérait comme des modèles à suivre dans la perspective d'une théorisation exacte en biologie :

La croissance des populations est l'un des rares domaines de la biologie où le développement d'une théorie mathématique prend de loin les devants par rapport à l'empirie [...] Le matériel empirique et expérimental à l'aune duquel la pertinence des dérivations mathématiques doit être jugée reste néanmoins extrêmement peu abondant. Il est tout-à-fait concevable que le comportement de populations naturelles dépende d'innombrables facteurs qui ne peuvent être complètement appréhendés [...] de telle sorte qu'elles ne se plient pas et ne se comparent pas sans reste à l'analyse mathématique, laquelle repose par nature sur des cas simples et schématisés, sur des modèles conceptuels [...] Il faut reconnaître qu'une preuve vraiment satisfaisante des dérivations mathématiques n'a pas encore été apportée dans les cas relativement rares étudiés jusqu'à présent ; on peut provisoirement seulement dire que certaines conséquences de la théorie apparaissent expérimentalement cohérentes d'une manière *qualitative* [...] Même si la complication extrême des phénomènes empiriques reste hors de question, *une théorie féconde n'est toutefois possible que par la voie qui a été ouverte*, laquelle consiste à partir de cas très simples, schématisés et idéaux. Par l'importance théorique et pratique considérable des phénomènes en question, le progrès du domaine biologique concerné dans les directions théorético-mathématique aussi bien que pratique-expérimentale est certainement *d'une signification et d'une fécondité considérables*².

2-4-4-5 – *Méthodologie et signification de la mathématisation dans la perspective « systémologique » de Lotka*

Les travaux de Lotka étaient de part en part imprégnés d'un trait « systémologique » essentiel auquel Bertalanffy fut certainement très sensible. Il s'agit de son usage méthodologique omniprésent d'analogies mathématiques et de la signification qu'il leur attribuait. C'est-à-dire, pour reprendre la définition assez pertinente qu'en a fourni Israel³, de la mise en correspondance (ou en « isomorphisme ») de phénomènes de natures très diverses au moyen d'un même formalisme mathématique ayant déjà permis de fournir une représentation adéquate de l'un d'entre eux au moins, le transfert du formalisme en question du phénomène bien appréhendé vers celui ou ceux que l'on cherche à appréhender se justifiant par la mise en évidence de certaines caractéristiques semblables jugées essentielles. En d'autres termes, il s'agit de considérer ici l'usage méthodologique par Lotka d'« isomorphismes » au sens bertalanffien du terme, dont la relation historiquement étroite avec son énergétisme a déjà été soulignée au 2-2-2-6, l'approche de l'Américain s'inscrivant en fin de compte naturellement dans la lignée de Fourier, Maxwell, Boltzmann, Mach et Poincaré (ses références aux deux derniers étant symptomatiques).

La mise en œuvre d'analogies mathématiques était intimement et consciemment liée chez Lotka à son point de vue holistique. En premier lieu parce que son objectif de développer une « démologie générale » – en tant qu'« étude analytique des agrégations formées de populations d'êtres vivants divers » englobant la biologie mais aussi l'économie politique et la théorie des valeurs⁴ – nécessitait à ses yeux de recourir à une approche différente de celle de la physique et de la chimie, leurs problèmes étant pour ainsi dire inverses :

Dans les systèmes physico-chimiques ce sont les effets globaux qui se prêtent le plus facilement à notre observation, les individus mêmes (molécules, atomes, etc.) échappant à notre discernement ;

¹ Kostizin V.A. (1937), pp. 122-143. Kingsland S.E. (1985), pp. 116-122 et pp. 150-153.

² Bertalanffy L. von (1942), p. 323 et p. 341. Les italiques me sont propres.

³ Israel G. (1996), p. 20, p. 41 et pp. 49-50 en particulier.

⁴ Lotka A.J. (1934), p. 4 et p. 38.

par contre, dans les systèmes comportant des êtres vivants, ces individus sont généralement les objets de notre observation directe, tandis que *les effets globaux*, les actions collectives de ces individus *doivent être saisies par des méthodes spéciales*¹.

Et si sa « biologie physique » fut, comme il a déjà été dit, construite sur une analogie avec la chimie physique, c'est que Lotka considérait qu'il fallait privilégier parmi ces « méthodes spéciales » le transfert de connaissances acquises sur les systèmes physico-chimiques, où l'analyse avait déjà pu s'exercer avec succès :

Il est très utile, dans ces réflexions, de profiter des connaissances plus avancées que nous possédons sur l'évolution de certains systèmes inanimés².

Étudier une « association biologique », de la même manière que dans le cas d'un système chimique, revenait pour lui à déterminer « la quantité de chaque espèce et de chacun de ses types composants qui se trouve en vie à un instant donné dans le système » ; autrement dit à répondre aux questions suivantes : « quelle est la composition biologique du système donné, la répartition de matière parmi ses composants, à un instant donné ? » ; « quels seront les changements qui surviendront dans cette répartition ? » ; « ces changements tendront-ils vers un état particulier ? ; si oui, « quelles sont les caractéristiques de cet état ? ». Et c'est parce qu'un *même type de questionnement* était ainsi développé pour les deux problèmes qu'advierait inévitablement entre eux une analogie formelle, qui n'aurait donc rien de contingent ni de superficiel. Dès lors que deux objets sont appréhendés *en tant que systèmes*, ils devraient présenter une analogie très générale et *nécessaire* :

Nous avons noté une certaine analogie entre un système en évolution biologique d'une part, et un système en transformation chimique de l'autre. Il faut se garder de supposer que ce soit ici une analogie superficielle, dont nous allons tirer des conclusions hardies par un « raisonnement » sans raison. Ce n'est *pas une analogie accidentelle* qui nous intéresse ici, mais le fait fondamental que nous nous occupons d'un *problème dont l'analyse est identique dans sa forme générale* avec l'analyse du problème d'un système en transformation physico-chimique. Dans un cas comme dans l'autre nous cherchons les lois qui dominent la répartition de la matière entre les composants du système. Si les composants sont définis de manière différente dans les deux cas, cela influencera sans doute grandement les méthodes que nous devons suivre en développant notre analyse, mais ne changera rien au fait que *la base dont nous partirons sera identique* dans les deux cas³.

Il apparaît bien ici que toute l'entreprise de Lotka se fondait sur le postulat de ce qu'il appelait une « identité de type » entre systèmes physico-chimiques et biologiques⁴, exprimable sous la forme du système différentiel général (1) et de ses spécifications. Le « type » référait ici non comme chez Goethe ou D'Arcy Thompson à des relations spatiales, mais à des relations logiques entre des entités statistiquement définies. La nature de ces entités et de leurs relations n'intervenait en rien : le postulat d'« identité de type » était celui d'une communauté de structure des problèmes et de l'existence d'un calcul mathématique en rendant compte – d'où la référence à l'identité de « l'analyse des problèmes » dans leur « *forme générale* ».

La « Stoechiométrie » de Lotka et son analyse des « équations fondamentale de la Cinétique » (1) n'étaient finalement autres que le fondement mathématique d'une ontologie systémique justifiant à son tour la légitimité d'analogies mathématiques. En effet :

Dans [la] formule générale [1], l'expression analytique s'applique également au cas d'un système en transformation physico-chimique et au cas d'un système au sein duquel se déroule l'évolution biologique. Ce n'est que lorsque nous donnons aux fonctions *F* leurs formes particulières, propres au cas considéré, que l'analyse va en divergeant pour les deux problèmes. Dans le cas d'une transformation physico-chimique, l'équation prendra, par exemple, la forme de la loi d'action des

¹ *op. cit.*, pp. 12-13 et p. 30. Les italiques me sont propres.

² *op. cit.*, p. 4.

³ *op. cit.*, p. 7. Les italiques me sont propres.

⁴ Lotka A.J. (1925), p. 154. Il écrivit au sujet d'analogies mathématiques développée entre le cours des événements dans une « population » d'espèces différentes de molécules d'une part et dans une population constituée de différentes espèces d'organismes d'autre part : « L'analogie n'est pas une circonstance accidentelle dépourvue de signification, mais dépend d'une *identité de type* dans les deux cas ».

masses. Dans le cas de l'évolution biologique, il faudra chercher des formes toutes nouvelles pour les fonctions F . Toutefois, la formule fondamentale de l'analyse est la même dans les deux cas¹.

Or, la « formule fondamentale de l'analyse » permettait par exemple, nous l'avons vu, de mettre en évidence des propriétés des états stationnaires purement systémiques car ne dérivant que des propriétés analytiques (au sens mathématique du terme) des « fonctions F » exprimant les relations entre composants des systèmes définis, et pouvant donc être tout-à-fait identiques du point de vue mathématique en dépit même de la diversité des « formes particulières » prises par ces fonctions. Elle conduisait de surcroît « naturellement », c'est-à-dire conformément à un souci de simplicité et de possibilité d'analyse exacte, à privilégier certaines formes mathématiques. Ce n'était donc pas du tout une « attitude sans scrupules », ainsi que l'a qualifiée Israel², qui légitimait aux yeux de Lotka (et à ceux de Bertalanffy à sa suite) l'utilisation d'analogies mathématiques permettant des transferts de modèles mathématiques d'un domaine d'étude (tel que la cinétique chimique) à un autre (tel que la dynamique des populations). C'était au contraire d'une part l'idée que certains types généraux de relations entre variables respectivement choisies pour représenter l'évolution de « systèmes concrets » sont représentables par un formalisme commun, celui des systèmes différentiels ; et d'autre part l'idée fondamentale qu'une fois effectué le choix de ce formalisme, l'analyse fait émerger certaines formes particulières et est confrontée à certaines invariances déterminées par le choix du formalisme lui-même, c'est-à-dire encore à des « lois systémiques générales » (comme les qualifia par la suite Bertalanffy) que l'on peut étudier en tant que telles, puis utiliser comme guides théoriques : l'existence de telles « lois » limite *a priori* les types de comportements systémiques envisageables dans le cadre du formalisme choisi et oriente en conséquence la manière d'appréhender les « systèmes concrets » concernés au moyen de ce formalisme, y compris éventuellement dans la forme spécifique des modélisations construites pour représenter leur évolution. Lotka posait ainsi avec (1) un cadre *a priori*, celui d'une « matrice » de la mathématisation vouée à engendrer des modélisations conçues comme de simples amorces de détermination de lois naturelles. Il serait toutefois erroné de croire que cette matrice n'avait à ses yeux qu'une valeur heuristique : son analyse de (1) montrait qu'elle était en mesure de fournir certains résultats concernant toutes les modélisations en dérivant et de prévoir *a priori* certains faits empiriques dans la mesure où ceux-ci étaient appréhendés dans une problématique congruente avec ce cadre. Il lui assignait de surcroît la fonction unificatrice de transformer la biologie en un tout harmonieux, alors qu'elle apparaissait comme une collection de « faits déconnectés »³.

C'est sur ces bases que l'Américain s'estima fondé à mettre en œuvre une méthodologie de la mathématisation originale au moyen d'analogies mathématiques, méthodologie qui ne fut toutefois vraiment discutée qu'après lui, au premier chef par Bertalanffy et Rapoport. À savoir que dans la mesure où il est possible d'établir *a priori* les propriétés de certaines classes de systèmes différentiels s'ouvre la possibilité, lorsqu'on est confronté à l'étude d'un « système concret » dont certaines caractéristiques sont déjà connues empiriquement, d'en construire un modèle au moyen d'un système différentiel dont le type général permet *a priori* de présenter les propriétés requises afin de rendre compte de ces caractéristiques et dont l'expérience n'a plus qu'à spécifier les constantes. Le schéma méthodologique de Lotka se trouvait en résumé être le suivant. Soient deux « systèmes concrets » S_1 et S_2 , dont les éléments respectifs sont éventuellement de natures très différentes. Supposons d'une part qu'un modèle mathématique satisfaisant de S_1 soit déjà disponible. Supposons d'autre part que l'étude de S_2 n'ait, en l'état, permis que de déterminer quelques unes de ses propriétés, de dégager certaines variables apparemment pertinentes et de formuler des hypothèses plausibles quant à leurs relations, de telle sorte qu'on ait pu élaborer un modèle de S_2 plus ou moins fruste (mais non mathématique) présentant une similitude même grossière avec celui de S_1 considéré⁴. Si les propriétés systémiques connues de S_2 manifestent une similitude avec celles de S_1 ou s'il existe une similitude apparente des relations entre variables retenues pour leurs études respectives, alors il est justifié, le cas échéant du fait de la limitation des comportements systémiques possibles, de transposer *a priori* à S_2

¹ *op. cit.*, pp. 26-27.

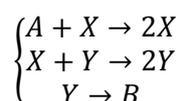
² Israel G. (1996), p. 50.

³ Lotka A.J. (1925), p. 49.

⁴ Par exemple, au sens où sont similaires les modèles de croissance organique et de croissance démographique respectivement fondés sur les formules transposables en équations différentielles : accroissement de masse par unité de temps = anabolisme – catabolisme et accroissement de population par unité de temps = (naissances + immigration) – (décès + émigration).

la modélisation ayant servi à la construction du modèle de S_1 considéré (raffinant ainsi au passage le modèle initial de S_2), avant bien sûr d'étudier les conséquences de cette transposition et donc sa pertinence effective.

Une illustration de cette méthode, qui révèle aussi sa fonction stratégique au sens où la mise en évidence d'une « identité de type » était un moyen de justifier le caractère non superficiel des analogies qu'il utilisait¹, est la véritable procédure qu'utilisa Lotka afin d'élaborer sa modélisation (12) formalisant l'évolution d'un système proie-prédateur (ou hôte-parasite)². La dérivation de ce système différentiel telle que présentée plus haut n'était en effet qu'une rationalisation *a posteriori*, exposée en 1925. Lotka avait en fait dès 1920 imaginé un système chimique où une substance A se transforme en une substance B par l'intermédiaire de substances X et Y , suivant le schéma :



La mise en forme mathématique de la cinétique d'un tel système chimique se trouve être analogue à (12), en conséquence de la loi d'action de masses³. Bien que rien d'explicite ne soit connu en ce sens, il me paraît clair, surtout si l'on tient compte de son inspiration énergétiste, que Lotka avait construit ce système hypothétique par analogie avec le problème biologique de la relation de type prédatrice ou parasitique entre deux espèces, afin de se donner les moyens de construire un modèle mathématique d'une telle relation : le système chimique en question exhibe un processus analogue à celui où une espèce X puiserait son énergie dans l'assimilation d'une source de nourriture A et trouverait ainsi la capacité de se reproduire ; espèce X qui, à son tour, fournirait la source d'énergie nécessaire à la reproduction d'une espèce prédatrice ou parasitique Y ; laquelle serait intrinsèquement soumise à un processus de dégradation en une substance B . Selon mon interprétation, (12) résulte ainsi certes d'une analogie *mathématique* (comme l'ont vu ses critiques, de Volterra à Israel), mais celle-ci fut dérivée d'une autre analogie, logiquement antérieure et motivée par le problème *biologique* en question : le modèle chimique aurait donc ici servi de simple expédient pour la mathématisation et non de véritable source d'inspiration, avec cette situation remarquable (car peu conforme à l'esprit physicaliste usuel) que c'est au contraire le problème biologique qui l'aurait inspiré, constituant en fin de compte l'*alpha* et l'*oméga* de la procédure utilisée. Dans cette hypothèse, la portée des critiques formulées à l'encontre de Lotka se trouve très affaiblie, et il semble en particulier tout-à-fait erroné de tenir une modélisation telle que (12) pour une simple « métaphore mathématique »⁴, qualificatif que Lotka comme Bertalanffy auraient à n'en pas douter vigoureusement récusé, avec raison.

La méthodologie de Lotka n'était bien sûr justifiée que dans la mesure où l'on se restreint au cadre du formalisme des systèmes différentiels, puisque c'est dans celui-là seul qu'il avait établi des « lois systémiques générales ». Il est important de remarquer qu'elle reposait en dernière analyse sur une philosophie perspectiviste de la mathématisation. En effet, la limitation des formes mathématiques privilégiées et des propriétés systémiques établies de manière purement formelle est relative au type de formalisme utilisé afin de les dériver. Or, d'autres formalismes que celui des systèmes différentiels sont en principe envisageables et furent, j'y reviendrai dans ma troisième partie, effectivement utilisés par la suite par certains théoriciens des systèmes⁵. Par conséquent, considérer que la démonstration de telles limitations au sein d'un cadre formel particulier légitime la procédure de modélisation exposée

¹ Kingsland S.E. (1985), p. 36 et p. 124.

² Murray J.D. (1989, 2002), pp. 202-203; Israel G. (1996), p. 69.

³ Si a , x et y désignent les concentrations respectives de A , X et Y et si k_1 , k_2 et k_3 désignent les taux de réaction des trois équations, alors la loi d'action de masses permet de formaliser la cinétique de la réaction par le système analogue à (12), la seule différence étant l'opposition des coefficients de xy dans les deux équations (qui constitue donc un cas particulier) :

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = k_1 ax - k_2 xy \\ \frac{dy}{dt} = k_2 xy - k_3 y \end{cases}$$

⁴ Israel G. (1996), p. 50 et pp. 69-71. Israel a suivi les critiques de Volterra : Lotka aurait simplement déduit sa modélisation (12) d'une analogie mathématique avec ce système chimique, ce qui minimiserait sa valeur du point de vue biologique. Ni Volterra, ni Israel (qui trouve « curieux » ce système chimique), n'envisagent à ma connaissance qu'il ait été *lui-même construit par analogie avec le problème biologique*.

⁵ Mesarović M.D. (1968) ; Klir G. (1969) ; Mesarović M.D. & Takahara Y. (1975) par exemple. Dans les trois cas, l'approche était fondée sur la théorie des ensembles et était essentiellement algébrique.

plus haut signifiait que l'on admettait d'emblée que cette limitation tient aussi à celle du nombre de schémas conceptuels – en particulier, mathématiques – que le chercheur est apte et disposé à utiliser afin d'appréhender les « systèmes concrets » (ce qui se justifie ne serait-ce que pour des raisons pratiques liées aux difficultés de résolution) et que l'on est conscient des limites imposées par ces schémas eux-mêmes. Des limitations sur lesquelles nous avons justement vu Bertalanffy insister, et l'on comprend bien ici qu'il ne pouvait en être autrement : l'« homologie » des modélisations mathématiques de deux systèmes prend nécessairement sa source dans le caractère perspectiviste de toute connaissance avant même d'être conditionnée par l'existence de « lois systémiques générales ». Ce qui ne remet d'ailleurs pas en cause la valeur potentielle des modèles ainsi construits, mais souligne seulement leurs limites.

Bien que Lotka n'ait pas explicité tous ces aspects, il est très symptomatique qu'il ait achevé ses *Elements of Physical Biology* par des considérations perspectivistes inspirées par B. Russell, auxquelles j'ai déjà fait allusion au 2-1-3-3, qui suggèrent que ces problèmes impliqués par ses positions ne lui étaient pas étrangers. Lotka considérait en fait que les modèles, lois et théories scientifiques, le « monde extérieur soit-disant réel » lui-même, ne sont que des « constructions hypothétiques commodes », révisables et édifiées à partir de « centres de perspective » particuliers¹, qui ne peuvent prétendre à l'exhaustivité². Il relativisait ainsi la portée de ses propres énoncés et modèles, qu'il ne tenait que pour des étapes fécondes vers la formulation de principes systémiques généraux dont ils seraient dérivables. D'où notamment ses efforts pour généraliser de manière critique le principe de Le Châtelier³, dont l'importance dans les réflexions de Bertalanffy a été soulignée.

Les réflexions de Lotka laissaient en tous cas dans leur ensemble poindre l'idée qu'une « systémologie générale » est susceptible de servir d'organe logique pour la modélisation mathématique, permettant de guider la formulation d'hypothèses et le choix de structures mathématiques adéquates, d'éliminer par là-même des modélisations inadéquates et, enfin, d'unifier des phénomènes différents par l'intermédiaire d'un même formalisme mathématique. Avant tout destinée à l'étude de phénomènes où les méthodes « classiques » reposant sur l'isolement de séries causales indépendantes sont jugées inadéquates, sa conception de la mathématisation conférait aux mathématiques un rôle directeur et structurant dans l'appréhension de tels phénomènes, tout en persistant à garantir à l'expérience et à l'hypothèse un rôle de garantes de la valeur explicative du formalisme mis en œuvre. C'est une conception novatrice que Bertalanffy et Rapoport, très au fait des travaux de Lotka et de leur signification, ne firent que développer quelques années plus tard.

2-4-5 – *De la théorie mathématique de la « lutte pour la vie » de Volterra au « chrono-holisme » biomathématique de Donnan*

C'est surtout par l'intermédiaire de Volterra que les travaux de Lotka se firent connaître en Europe. Le physico-mathématicien italien publia en effet en 1926 et de manière indépendante de l'Américain les premiers éléments de ce qu'il qualifia dans sa forme achevée de « théorie mathématique de la lutte pour la vie ». Or, cette théorie exposait un modèle de système proies / prédateurs reposant sur la même modélisation (12) que celle de Lotka, de sorte qu'il dut admettre une certaine priorité de ce dernier (lequel fut très vigilant de ce point de vue). Une priorité que l'Italien minimisa toutefois à maints égards⁴. Il est vrai que son inspiration différait sensiblement de celle de

¹ Lotka A.J. (1925), pp. 420-421.

² Lotka A.J. (1934), pp. 26-27.

³ Lotka A.J. (1925), pp. 281-289.

⁴ Volterra V. (1931), p. 4 et pp. 14-35 ; Kingsland S.E. (1985), pp. 48-49 et 110-114 ; Israel G. (1996), pp. 70-72. Volterra reconnut à Lotka la paternité du système différentiel (12), donc de la *modélisation mathématique* utilisée, mais pas celle du *modèle biologique*. Son motif très contestable a déjà discuté à la fin de la sous-section précédente : (12) n'aurait été obtenu que par une analogie mathématique et non en conséquence d'hypothèses biologiquement fondées sur les relations entre espèces. La pertinence de cette critique était douteuse venant de Volterra, étant donné son propre usage très particulier d'analogies mécaniques, lequel sera examiné un peu plus loin au 2-4-5-1 et surtout au 2-4-5-2. Volterra minimisa aussi ce en quoi Lotka l'avait précédé, l'Américain s'insurgeant d'ailleurs contre lui à ce sujet (Lotka A.J. (1934), p. 34 en particulier) : l'Italien, dont nous allons voir qu'il traite le problème des systèmes biocénétiques à un nombre quelconque d'espèces, fit accroire que l'Américain n'avait traité que le cas de deux espèces en interaction, ce qui était faux. Volterra, tout en l'ayant retrouvée seul, omit aussi de mentionner la modélisation (13), qui introduisait des termes « logistiques » : Lotka avait ici aussi une priorité sur l'Italien. Enfin, comme il va apparaître au 2-4-5-1, même l'approche de Volterra que l'on peut qualifier de « statistico-mécanique » du fait de ses analogies avec la mécanique statistique fut anticipée par Lotka, certes à simple titre d'hypothèse méthodologique.

l'Américain, en premier lieu par une orientation résolument « mécaniciste » au sens le plus restreint du terme que ne partageait aucunement Lotka. Une orientation qui l'amena d'ailleurs en 1907 à prétendre, en s'en satisfaisant, que tout ceux de sa génération avaient été formés avec « ces principes que notre monde moderne qualifie de mécanicistes » et adhéraient à ce « dogme dont l'origine se perd dans la lointaine philosophie cartésienne », selon lequel « tous les phénomènes, au moins ceux appartenant au domaine de la physique, pourraient être réduits aux phénomènes du mouvement et pourraient être intégrés dans l'orbite de la mécanique classique »¹.

Mais l'important ici est qu'en dépit de cette tendance (qui reste comme nous allons le voir à nuancer), les travaux de l'Italien eurent sur Bertalanffy un impact presque aussi important que celui de Lotka. Comme dans le cas de ce dernier, le Viennois commença à se référer à l'Italien à partir de 1937, commenta ses travaux biomathématiques de manière détaillée en 1942, et se référa à eux après-guerre dans ses argumentaires en faveur du projet « systémologique » général². La raison de cet intérêt tient d'abord à sa « théorie mathématique de la lutte pour la vie » en tant que telle, non seulement dans la version que Volterra publia en 1931, mais aussi et surtout par les développements ultérieurs qu'il fit de cette théorie jusqu'en 1937. Celle-ci eut de surcroît un impact indirect mais significatif sur Bertalanffy, lié à un aspect original du traitement par Volterra de l'évolution des systèmes biocénétiques : son introduction du formalisme des équations intégral-différentielles afin de prendre en compte l'histoire de ces systèmes. La pertinence de cet aspect pour les prétentions à construire une biologie holistique à caractère mathématique fut en effet discutée en 1934 par Meyer-Abich dans un essai qui, l'intéressant au premier chef, influença tout naturellement le Viennois à ce sujet. S'y ajoutèrent vite l'influence de deux articles publiés en 1936 et 1937 par Donnan qui discutaient la fécondité potentielle du formalisme en question pour un traitement « chrono-holistique » des systèmes biologiques, ainsi que l'influence des débats que ces articles suscitèrent aussitôt parmi certains avocats d'une biologie holistique³.

2-4-5-1 – Premiers aspects de la « théorie mathématique de la lutte pour la vie » de Volterra

Amené sur une suggestion de d'Ancona à étudier le problème des associations biologiques⁴, Volterra chercha comme Lotka à en effectuer une « étude purement mathématique » exprimée en « langage biologique » et par là-même à montrer (tout au moins pour l'étude des systèmes biocénétiques) qu'une approche mathématique a toute sa place en biologie, en tant que guide théorique de la recherche empirique. Son approche n'était toutefois pas systématique au même sens que celle de l'Américain et restait beaucoup plus « classique », dans la lignée de la tradition de la physique mathématique du XIX^e siècle, c'est-à-dire de la mécanique classique et de la théorie des perturbations, auxquelles il faut ajouter la mécanique statistique des gaz. Il entendait en effet construire sa théorie en « partant de faits connus et d'hypothèses vraisemblables pour en tirer par les mathématiques le plus de conséquences possibles », en « compliquant peu à peu les hypothèses de façon à se rapprocher davantage de la réalité », avant de « tirer des propriétés mathématiques obtenues des conséquences biologiques » susceptibles d'être confrontées au test empirique⁵. Les modélisations qu'il produisit et les concepts bio-mathématiques qu'il construisit dérivèrent d'analogies relativement systématiques avec la mécanique, selon une trajectoire qui part en 1926 de la mécanique statistique pour aboutir en 1937 à la mécanique analytique.

L'approche de Volterra consista dans un premier temps à conceptualiser un système formé de deux espèces dont l'une se nourrit de l'autre par une analogie avec un mélange de gaz parfaits : une méthode dite « des rencontres »⁶ qui constituait le pendant des développements en série de Taylor exploités par Lotka. Il supposa que les « particules-proies » et les « particules-prédateurs » se rencontrent de manière aléatoire, toute proie étant susceptible d'être dévorée en cas de rencontre. X_1 et

¹ Volterra V. (1907), in Kingsland S.E. (1985), p. 124.

² Bertalanffy L. von (1937b), p. 17 ; (1940a), pp. 70-71 ; (1942), pp. 331-341. Après-guerre, voir (1945), p. 12 et (1949b), p. 126.

³ Bertalanffy L. von (1937b), p. 17 pour les premiers commentaires sur ces travaux.

⁴ Volterra V. (1931), pp. 2-3. D'Ancona était intrigué par la raison de la diminution relative des espèces prédatrices de poisson dans l'Adriatique au cours de la guerre de 1914-1918, période où l'intensité de la pêche fut faible.

⁵ Volterra V. (1931), p. 2 et pp. 7-8.

⁶ Volterra V. (1937), pp. 2-3. Cette approche fut développée dès 1926 : voir Israel G. (1996), pp. 54-59.

X_2 désignant les populations respectives des deux espèces, il y a dans cette hypothèse X_1X_2 rencontres possibles. Abstraction faite de l'accroissement intrinsèque de chaque population, X_1 et X_2 se trouvent alors varier proportionnellement à ce produit par unité de temps, ce qui s'exprime par des coefficients λ_{12} et λ_{21} positifs dépendant de la probabilité de rencontre et de celle qu'une rencontre se solde par une destruction de la proie. Restait bien sûr l'hypothèse « malthusienne » qu'en l'absence de prédateurs (respectivement de proies), la population de proies (respectivement de prédateurs) s'accroît (respectivement décroît) proportionnellement, ce qui est donné par des coefficients positifs respectifs λ_1 et λ_2 . Volterra obtint une modélisation qui, du point de vue de sa forme, est identique à celle, (12), que Lotka avait élaborée pour le même problème :

$$\begin{cases} \frac{dX_1}{dt} = \lambda_1 X_1 - \lambda_{12} X_1 X_2 \\ \frac{dX_2}{dt} = \lambda_{21} X_1 X_2 - \lambda_2 X_2 \end{cases}$$

Il faut remarquer, ce qu'aucun commentateur n'a fait à ma connaissance, que Lotka avait même de ce point de vue anticipé l'approche de Volterra. Il suggéra en effet en 1925, à la fin de ses *Elements of Physical Biology*, qu'une « mécanique statistique des systèmes d'organismes » pourrait être développée, où la prise en compte des « fréquences de collision et de capture » conduirait en particulier à (12) et lui donnerait une « signification physique » dont elle restait dépourvue dans le travail de Lotka. Le fait est toutefois que celui-ci se limita à faire cette suggestion sans l'exploiter méthodologiquement, comme le fit Volterra¹. L'Italien fut de surcroît, en raison de son constant souci de pouvoir dériver mathématiquement des « lois » expérimentalement testables, beaucoup plus complet que l'Américain dans son analyse du système différentiel précédent. Cette analyse l'amena à énoncer trois « lois » dont seule la première, la « périodicité des fluctuations des deux espèces » (ou « loi du cycle périodique »), avait été énoncée par Lotka. La seconde énonce que « les moyennes pendant une période des nombres des individus des deux espèces sont indépendantes des conditions initiales et égales aux nombres qui correspondent à l'état stationnaire », i.e. à l'état non trivial de l'équilibre « neutralement stable ». Quant à la troisième « loi », elle énonce que « si l'on détruit les deux espèces uniformément et proportionnellement aux nombres de leurs individus (mais assez peu pour que les fluctuations subsistent), la moyenne du nombre des individus de l'espèce dévorée croît et celle de l'espèce dévorante décroît » : cette moyenne n'était pas affectée par une légère modification des coefficients λ_1 et λ_2 ; cette « loi » permit à Volterra de prétendre avoir « démontré mathématiquement » le résultat statistiquement observé par D'Ancona qui avait suscité ses recherches, à savoir que la pêche s'effectue au détriment des espèces prédatrices – les « vérifications » expérimentales de ces trois « lois » s'étant, comme il a déjà été dit, révélées assez piètres.

Contrairement à Lotka, Volterra chercha ensuite à généraliser de manière systématique cette étude entreprise dans le cas de deux espèces au cas de n espèces $(E_i)_{1 \leq i \leq n}$ (où $n \geq 2$) « qui s'entre-dévorent »². X_i désignant alors l'effectif de l'espèce E_i , l'évolution du système se modélise par la même approche « statistico-mécanique » sous la forme :

$$\frac{dX_i}{dt} = \lambda_i X_i + \left(\sum_{j \neq i} \lambda_{ij} X_j \right) X_i \quad (1 \leq i \leq n) \quad (14)$$

où les λ_i sont des constantes non nulles et où $\lambda_{ij} < 0$ si E_j est une « espèce prédatrice » de E_i et $\lambda_{ij} > 0$ si E_j est au contraire une « espèce proie » de E_i . Sous l'hypothèse supplémentaire que $\lambda_{ji} = -\lambda_{ij}$ pour tous i et j dans $[[1; n]]$, qui reposait sur la « fiction » biologiquement inadéquate mais jugée « suffisante pour le calcul » que la « substance vivante » d'une espèce dévorée « se transforme aussitôt » en substance de l'espèce dévorante, Volterra montra alors que les résultats établis dans le cas $n = 2$ peuvent effectivement être généralisés. Les considérations suivantes sont limitées aux cas compatibles avec la coexistence des n espèces. Volterra montra d'abord aisément qu'un état

¹ Lotka A.J. (1925), pp. 358-359. Lotka montre aussi que l'on peut dans cette perspective définir un « libre chemin moyen » pour les individus des deux espèces, analogue au libre chemin moyen tel que défini pour les molécules en mécanique statistique.

² Volterra V. (1931), chapitre II et (1937), pp. 2-23.

stationnaire ne peut survenir si tous les λ_i sont positifs. De plus, le déterminant de la matrice des λ_{ij} qui correspond à un état stationnaire éventuel étant antisymétrique, c'est un carré si n est pair (avec un seul état d'équilibre possible si le système en question admet une solution positive) et ce déterminant est nul si n est impair (il peut aussi l'être si n est pair). Volterra put alors montrer sur cette base d'algèbre linéaire que d'une manière générale, s'il existe un état d'équilibre et dans la mesure où l'état initial en diffère, les variations des populations sont bornées ; et que de plus, cet éventuel équilibre sera stable. Il établit que dans le cas où n est pair et sous les mêmes hypothèses se produisent des fluctuations non amorties des populations, les seconde et troisième « lois » établies pour $n = 2$ pouvant être généralisées. Il montra par contre que si n est impair, il est en général impossible que toutes les espèces subsistent avec des variations bornées, ce cas impliquant donc une grande probabilité que « l'association ne se conserve pas et qu'elle finisse par devenir une association constituée par un nombre pair d'espèces ».

Comme Lotka dans le cas de deux espèces et conformément à la méthodologie annoncée, Volterra introduisit ensuite dans ses analyses l'hypothèse « logistique » selon lui « plus réaliste » selon laquelle le milieu oppose une « résistance » à l'accroissement relatif de chaque espèce proportionnelle à son effectif ; une résistance qu'il considérait comme « l'analogie du frottement qui croît avec la vitesse » en mécanique, l'effectif étant logiquement tenu ici pour l'analogie de la vitesse¹, une analogie qui, aussi surprenante qu'elle puisse sembler de prime abord, fut centrale chez Volterra ; sa justification profonde sera fournie dans la prochaine sous-section. (14) se trouvait dans ces conditions généralisé sous une forme qui généralisait par là-même aussi le système (13) de Lotka :

$$\frac{dX_i}{dt} = \lambda_i X_i - \lambda_{ii} X_i^2 + \left(\sum_{j \neq i} \lambda_{ij} X_j \right) X_i \quad (1 \leq i \leq n) \quad (15)$$

où les λ_{ij} satisfont aux mêmes conditions que dans (14) et où les λ_{ii} sont des constantes strictement positives. Volterra fut de ce fait naturellement conduit par son analogie mécanique à effectuer une partition entre associations biologiques « conservatives » (correspondant à (12) et (14)) et associations biologiques « dissipatives » (correspondant à (15)). Il démontra dans ce dernier cas l'existence, lorsqu'un état stationnaire est possible, d'oscillations amorties tendant vers cet état, avec dans certains cas la possibilité qu'une espèce disparaisse.

Ces résultats suscitèrent déjà par eux-mêmes l'intérêt de Bertalanffy et d'autres avocats d'une biologie holistique authentiquement scientifique tels que Meyer-Abich. Qu'ils aient été obtenus avec la mécanique pour guide ne dut pas leur apparaître gênant dans la mesure où rien ne s'opposait à une réinterprétation des « lois » énoncées par Volterra comme des « statistiques d'ordre supérieur ». L'essentiel restait à leurs yeux qu'au même titre que ceux de Lotka, ils démontraient que les fluctuations de populations dans les associations biologiques ne sont pas nécessairement à rechercher dans des variations du milieu physique, comme tendaient à le penser la plupart des biologistes, mais qu'elles sont susceptibles de résulter de propriétés intrinsèques aux relations de coexistence entre les espèces considérées² ; Volterra fournissant par là-même une démonstration, peut-être la plus impressionnante d'ailleurs par son étendue et son caractère systématique, de la possibilité de formuler des « lois de système » à caractère mathématique dans le domaine biologique. On peut observer Bertalanffy mettre précisément ces aspects en exergue, en 1940 :

Le mathématicien italien Volterra, en particulier, a étudié les lois des mouvements démographiques [*Bevölkerungsbewegung*] dans les communautés de vie formées de plusieurs espèces. En résultent des conclusions en partie surprenantes [... Les fluctuations des nombres d'individus] peuvent sans

¹ *op. cit.*, chapitre III et p. 199. Une hypothèse classique en mécanique est de considérer que le frottement est une force de résistance proportionnelle au carré de la vitesse v du corps en mouvement. Le principe fondamental de la dynamique donne une équation du mouvement du type : $m \frac{dv}{dt} = F(x; v; t) - kv^2$, où m est la masse du corps considéré, k une « constante de frottement », x la variable de position, t le temps et F une fonction pouvant *a priori* dépendre de x , v et t , qui représente la somme des forces s'exerçant sur ce corps à l'exception de la force de frottement. L'analogie effectuée par Volterra consistait donc bien à faire correspondre la vitesse à l'effectif.

² Cet aspect fut souligné par Volterra lui-même : Volterra V. (1931), p. 3 et p. 210.

influence extérieure résulter purement de la dynamique interne d'un système démographique dans lequel une espèce se nourrit d'une autre¹.

Mais l'intérêt que ces scientifiques d'inclination holistique portèrent pour les travaux de Volterra tenait plus à d'autres aspects de sa théorie qu'il s'agit maintenant de considérer.

2-4-5-2 – *De l'usage méthodologique d'un isomorphisme pour la construction d'une théorie biologique : la « dynamique démographique » de Volterra*

Le premier d'entre eux concerne d'autant plus Bertalanffy que celui-ci fut à ma connaissance le seul à y accorder une signification épistémologique considérable, et à deux égards. Son importance fut certainement très grande dans la genèse de son projet « systémologique ». Volterra, maintes fois cité en exemple à ce propos par le Viennois dans la période où il chercha à justifier son projet, fut semble-t-il le premier, en 1937, à faire un usage méthodologique d'un isomorphisme entre constructions formelles pour construire mathématiquement des concepts biologico-systémiques, ou plus précisément pour construire des concepts mathématiques pouvant être investis d'une signification biologico-systémique et susceptibles de jouer un rôle théorique fondamental. De surcroît, il le fit en illustrant, d'une manière que Bertalanffy jugea exemplaire, la possibilité, en biologie, de substituer à la téléologie anthropomorphe des principes d'optimalité exprimant mathématiquement (dans la lignée de Leibniz, Maupertuis et Euler) le fait nécessaire qu'un système atteigne un équilibre. La raison, soulignée par le Viennois en 1942, est que Volterra eut l'originalité de faire passer l'étude des associations biologiques (au moins celle des associations « conservatives ») d'un point de vue purement *cinétique* tel que celui adopté par Lotka à un point de vue « vraiment *dynamique* »², au sens qu'a ce terme en mécanique : Volterra chercha non seulement à décrire le devenir de ces associations en en formulant mathématiquement certaines régularités, mais à déduire ces régularités de « forces » et d'« énergies » qui en seraient les « causes » – quelle que soit l'acception de ces derniers termes. C'est dans un article publié en 1937 que Volterra exposa le bilan de cette recherche qui traduisait une volonté de systématiser sa théorie en se laissant cette fois guider par des analogies formelles avec la « mécanique analytique » qu'avaient, en approfondissant la voie ouverte par Lagrange à la fin du XVIII^e siècle, élaborée Carl G. Jacobi et William R. Hamilton dans les années 1830.

Les principaux détails mathématiques de la théorie de Volterra sont analysés dans l'annexe 2-4-5-2. Nous n'en retiendrons ici que le cheminement³. Volterra commença par introduire une quantité biomathématique qu'il appela la « quantité de vie ». Elle lui permit de définir un vecteur de coordonnées analogues à ce qu'on appelle en mécanique analytique les coordonnées généralisées d'un système, dont le vecteur dérivé par rapport au temps, constitué de la liste des effectifs des populations, se trouve être l'analogue des vitesses généralisées en mécanique analytique. L'intérêt de cette « quantité de vie » tient au fait qu'elle permit à Volterra de réécrire les équations (14) sous la forme d'un système d'équations couplées du second ordre de dérivation qui fait intervenir les analogues des vitesses et des accélérations en mécanique. Volterra montra alors que l'intégration de ce système différentiel s'exprime sous la forme de la constance de la somme de deux termes analogues aux énergies potentielle et cinétique de la mécanique analytique, qu'il qualifia respectivement d'« énergie démographique potentielle » et d'« énergie démographique actuelle ». Il interpréta la constance en question comme l'« analogue du théorème des forces vives en mécanique », c'est-à-dire du théorème de l'énergie cinétique énonçant que la variation de l'énergie cinétique d'un système fermé est égale à la somme des travaux de toutes les forces s'appliquant au système, forces qui dérivent d'un potentiel si le système est conservatif. Ces premiers résultats l'amènèrent tout naturellement à chercher des analogues biomathématiques du travail, du potentiel et des forces mécaniques ; une recherche qui l'amena effectivement à introduire de telles quantités, qu'il appela « force démographique », « travail démographique » et « potentiel démographique ». C'est en effectuant un pas supplémentaire que Volterra aperçut la possibilité de montrer que ses « équations de la lutte pour la vie » pouvaient être « reconduites à une équation de type jacobien », c'est-à-dire « ramenées à un problème du calcul des

¹ Bertalanffy L. von (1940a), pp. 70-71.

² Bertalanffy L. von (1942), pp. 340-341 ; (1945), p. 12 ; (1949b), p. 126 ; (1949e), p. 187.

³ Pour tout ce qui suit et les détails fournis en annexe, voir Volterra V. (1937). Je remercie particulièrement ici aussi bien Jean Dhombres que mon collègue physicien Jean-Pierre Jorre pour leurs remarques et analyses, qui m'ont permis d'avoir le recul critique nécessaire.

variations » semblable à celui sur lequel Jacobi et Hamilton avaient montré, à la suite de Lagrange, que toute la mécanique newtonienne peut être fondée¹. Volterra poursuivit en effet la construction de ce qu'il appelait sa « mécanique démographique » en définissant des analogues biomathématiques du « lagrangien » et du « hamiltonien » d'un système, de l'« action » mécanique et des « équations de Lagrange » et « de Hamilton ». Il aboutit à l'énoncé et à la démonstration d'un analogue du « principe de moindre action » énoncé en mécanique analytique (voir l'annexe 2-4-5-2) ; et put conclure :

Nous avons constitué une *dynamique biologique* qui est pareille à la *dynamique des systèmes matériels*. En effet, le principe variationnel peut être comparé au principe de Hamilton et nous avons obtenu en biologie un principe correspondant à celui de la moindre action. Le passage de l'un à l'autre soit dans le domaine biologique soit dans celui des systèmes matériels peut avoir lieu de manière analogue, en considérant dans la mécanique des systèmes des déplacements par lesquels on n'exécute aucun travail mécanique, comme on considère en biologie des variations d'action vitale sans travail démographique².

Volterra reconnut toutefois qu'une différence notable existe entre les deux « dynamiques » du point de vue de ce principe de « moindre action » : tandis que le minimum de l'action est global dans sa « dynamique démographique », il n'est que local en mécanique, c'est-à-dire que chaque petite portion de trajectoire satisfait le principe de « moindre action » sans pour autant que la trajectoire dans son ensemble corresponde à une action minimale. Cette différence a une explication naturelle que le mathématicien fournit à la fin de son article :

Elle ne doit pas nous surprendre parce que les principes généraux que nous venons de comparer, tout en ayant une apparence analogue, diffèrent entre eux à cause des fonctions qui expriment d'un côté l'action mécanique et d'un autre côté l'action vitale³.

La construction par isomorphisme de cette « dynamique démographique » par Volterra, en particulier son « principe de moindre action vitale », impressionna Bertalanffy. Ainsi celui-ci put-il, après avoir en 1942 suggéré le caractère paradigmatique de cette théorie pour le développement d'approches « vraiment dynamiques » et non purement cinétiques en théorie des systèmes biocénétiques⁴, s'appuyer précisément sur elle dans son article fondateur du projet « systémologique » rédigé en 1945 afin de justifier son postulat de l'existence de principes systémiques généraux, en l'occurrence ici au sujet de la possibilité de caractériser les conditions de survenue de tout équilibre systémique sans pour autant invoquer une finalité à saveur anthropomorphe :

Des principes homologues à celui de moindre action de la mécanique pourraient être élaborés pour n'importe quel type de système ; ainsi Volterra a-t-il montré qu'une dynamique démographique homologue à la dynamique mécanique peut être développée, dans laquelle surgit aussi bien un principe de moindre action⁵.

2-4-5-3 – *Les significations de l'approche analogique de Volterra et sa spécificité par rapport à celle de Lotka*

La manière dont Volterra s'était ainsi servi d'analogies avec la mécanique analytique pour construire sa « dynamique démographique » n'était pas moins suggestive dans l'optique d'une « systémologie générale » que les analogies avec la cinétique chimique développées par Lotka en conjonction avec ses considérations très générales et purement mathématiques sur les systèmes différentiels. Les différences étaient néanmoins significatives. L'Américain et l'Italien n'avaient déjà pas la même interprétation de la dynamique des systèmes biocénétiques. Le premier comprenait par « dynamique » l'étude des échanges énergétiques (au sens physique du terme) dans le monde vivant, tandis que le second l'interprétait comme l'étude des transformations d'une « énergie

¹ Volterra V. (1937), pp. 9-10 et pp. 24-33.

² *op. cit.*, p. 33. La différence, soulignée par Volterra, étant toutefois qu'il s'agissait effectivement en biologie d'un minimum de l'« action », ce qui n'est pas toujours vrai dans la mécanique des systèmes matériels.

³ *op. cit.*, pp. 33-34.

⁴ Bertalanffy L. von (1942), p. 340. Le Viennois pointa en particulier l'introduction des concepts d'énergie et de potentiel démographiques, celui d'action vitale et le « principe de moindre action vitale », dont il va justement être question ici.

⁵ Bertalanffy L. von (1945), p. 12.

démographique » dont le rapport avec l'homologue physique lui ayant servi à en définir le concept restait purement mathématique¹.

Une autre différence, plus importante du point de vue « systémologique », tient au fait que Lotka fondait ses mathématisations sur des correspondances formelles posées *a priori* en vertu d'une « identité de type » reposant en fin de compte sur une analogie verbale (celle de populations d'« individus » en interaction, quelle que soit leur nature) et découlant des propriétés mathématiques du formalisme choisi afin d'exprimer cette identité. Tandis que chez Volterra, les correspondances formelles ne devenaient possibles et significatives qu'une fois disponible un modèle mathématique d'associations biologiques, ce dernier ayant été construit non pas à partir d'une analyse purement mathématique menée *a priori*, mais sur la base d'hypothèses qui, bien qu'abstraites, idéalisées et guidées par une analogie statistico-mécanique, portaient sur les relations effectives entre espèces et avaient donc d'emblée une signification biologique. Sa construction d'une « dynamique démographique » isomorphe à la mécanique analytique au moyen d'analogies mathématiques systématiques se trouvait dès lors conditionnée par ces hypothèses et ce modèle initiaux. L'isomorphisme était à la fois suscité et délimité par la modélisation (14), et par là-même minutieusement développé et contrôlé étape par étape au lieu d'être comme chez Lotka posé d'emblée en vue d'examiner sa pertinence. Il n'était pas posé *a priori* par Volterra, mais progressivement construit en tirant toutes les conséquences mathématiques du modèle biomathématique initial. La construction d'une théorie par isomorphisme restait chez le mathématicien une heuristique, sa valeur et sa signification restant de part en part méthodologiques sans qu'il soit question de lui donner un fondement ontologique – en particulier pas en référence à une communauté de traits systémiques partagée par les systèmes concernés par les correspondances formelles établies. Tout-à-fait dans la lignée de Maxwell de ce point de vue, Volterra voyait dans son recours systématique à des analogies mathématiques un simple guide fécond pour la théorisation qui, une fois son œuvre accomplie, devient utile comme procédé d'exposition sans pouvoir être investi d'une autre signification. C'est en ce sens que peut être interprétée une note de cours retranscrite par l'un de ses élèves :

M. Volterra, qui a étudié simultanément l'énergétique en mécanique et en biologie, n'a pas cru devoir séparer les études à cause de leurs analogies analytiques qui l'ont aidé dans ses recherches. Ces études [...] se ramènent à celle d'un même système intégral-différentiel dans lequel il n'y aura plus qu'à particulariser certaines fonctions et constantes pour obtenir les deux cas ; et ce serait souvent se répéter que d'étudier séparément le mouvement spontané en mécanique et le problème biologique en question².

Si ses velléités généralisatrices rendirent Bertalanffy plus enclin à suivre les traces de Lotka que celles de Volterra, le Viennois n'en vit pas moins rapidement le caractère exemplaire de l'approche du mathématicien italien, que ce soit du point de vue de la biologie mathématique – par son usage constituant des mathématiques menant à une construction mathématique de concepts biologiques inédits – ou du point de vue « systémologique » – eu égard à son usage méthodologique d'un isomorphisme comme instrument de théorisation « exacte ». Telles étaient les raisons majeures de l'intérêt que le Viennois porta à ses travaux. Mais il y en avait une autre, liée à un choix spécifique de formalisme que Volterra avait utilisé en 1931 dans la dernière partie de sa théorie et auquel allusion est faite dans la citation précédente, à savoir les équations intégral-différentielles : l'Italien montra que l'on disposait avec elles d'un outil en principe susceptible d'appréhender mathématiquement un caractère biologique que Bertalanffy tenait pour essentiel : son héritage du passé.

2-4-5-4 – De la « mécanique héréditaire » de Volterra à la prophétie holiste de Meyer-Abich

Volterra transposa en effet au problème des associations biologiques les travaux sur la « mécanique héréditaire » qu'il avait réalisés au début du siècle en liaison avec la théorie des équations intégral-différentielles, à laquelle il avait apporté lui-même d'importantes contributions³. Il s'agissait en 1931 de l'ultime stade de généralisation de sa théorie, par-delà le système (15). La

¹ Voir Kingsland S.E. (1985), p. 124.

² Brelot M., in Volterra V. (1931), p. 201.

³ Volterra V. (1931), chapitre 4.

description de l'évolution de chaque espèce était désormais formulée de manière à ce que soit prises en compte ses relations passées avec les autres espèces :

$$\frac{dX_i}{dt} = \left(\lambda_i + \sum_{j=1}^n \lambda_{ij} X_j(t) + \int_{-\infty}^t F_{ij}(t-\tau) X_j(\tau) d\tau \right) X_i(t) \quad (1 \leq i \leq n)$$

où les X_i sont les effectifs des espèces impliquées, les λ_{ij} des constantes réelles satisfaisant aux conditions¹ définies pour (14) et (15) avec en particulier $\lambda_{ii} < 0$ pour tout $i \in \llbracket 1; n \rrbracket$, et où les F_{ij} sont des fonctions continues. Dans la somme apparaissant dans chacune de ces équations, le terme intégral introduisait par rapport au terme $\lambda_{ij} X_j(t)$ auquel s'était limitée la parenthèse analogue dans (15) la prise en compte des « frottements » entre l'espèce E_i et toutes les autres (dont elle-même) au cours de son histoire antérieure à t , avec un coefficient (que traduisaient les fonctions F_{ij}) susceptible d'avoir varié au cours de cette histoire. Notons que Lotka avait déjà eu en 1925 l'idée de prendre en compte le passé du système, sans toutefois mentionner la possibilité d'y parvenir au moyen de telles équations intégro-différentielles ni même en général le faire lui-même par d'autres moyens dans ses analyses². Compte tenu de la grande complexité mathématique du problème, Volterra se limita à examiner les conséquences de l'hypothèse où les « frottements » et l'« hérédité » intra-spécifique sont nuls ($\lambda_{ii} = 0$ et F_{ii} constamment nulle) dans le cas d'une association formée d'une espèce « proie » et d'une espèce « prédatrice ». Même ainsi, il n'obtient toutefois que des résultats modestes tels que l'impossibilité d'une évolution périodique des fluctuations des effectifs.

Mais ses résultats importent moins ici que les liens qui ne tardèrent pas à s'établir entre son approche et les formes holistiques de pensée, essentiellement par l'intermédiaire de Meyer-Abich et de Donnan. C'est notamment *via* la revue *Acta Biotheoretica*, cofondée en 1935 par le premier, que Bertalanffy, qui fut l'un des collaborateurs de cette revue, put être un témoin privilégié de leurs discussions. L'importance de cette revue, où l'article de Volterra de 1937 discuté dans la précédente sous-section fut publié, doit ici être soulignée : vouée à la « promotion de la biologie théorique » avec une prédilection pour « les mathématiques et la logique de la biologie », son bureau éditorial était pour moitié composé de partisans du développement d'une biologie holistique (Meyer-Abich, Ungerer, E. Russell et H. Jordan et William M. Wheeler), et il en allait de même de ses collaborateurs, dont la liste, outre Bertalanffy, comptait Driesch, Gurwitsch, Needham, Pearl, Sapper, Smuts, Spemann, von Uexküll, Woltereck et Woodger³. C'était une illustration déjà en soi frappante de connexions souvent intimes entre pensées holistiques et quête d'une biologie théorique « exacte », dont il s'agit ici d'examiner l'histoire.

Meyer-Abich publia en 1934 un essai destiné à justifier la nécessité et la légitimité du holisme comme cadre philosophique de la biologie. Il y éleva au rang de « nouveau principe de causalité » son « principe de simplification holistique » selon lequel les lois physiques ne sont que des cas limite, simplifiés, de lois biologiques. Et c'est dans le cadre d'une réflexion sur les moyens conceptuels nécessaires pour développer une biologie holistique féconde et « exacte » qu'il prophétisa, en référence implicite à D'Arcy Thompson et à Volterra :

Je crois que *les nouvelles mathématiques requises pour la biologie* se trouveront dans la direction d'un développement de la *théorie des groupes* et des *équations intégrales*. Les équations différentielles formaient l'outillage mathématique le plus important du physicien théoricien ; les équations intégrales procureront la même chose à la biologie théorique⁴.

Meyer-Abich put accueillir deux ans plus tard une contribution du chimiste anglais Frederick G. Donnan qui « accomplit sa prophétie avec une promptitude tout à fait inattendue »⁵.

¹ C'est-à-dire $\lambda_{ij} < 0$ si E_j est une « espèce prédatrice » de E_i et $\lambda_{ij} > 0$ si E_j est au contraire une « espèce proie » de E_i .

² Lotka A.J. (1925), pp. 47-48. Il le fit indirectement dans son esquisse d'une analyse de la croissance d'une population d'organismes prenant en compte la variation du taux de mortalité en fonction de l'âge des individus (pp. 102-118). Voir aussi Lotka A.J. (1933).

³ *Acta Biotheoretica*, volume I, 1935.

⁴ Meyer-Abich A. (1934), pp. 50-51. La mention des « équations intégrales » ne pouvait référer qu'à Volterra, mais celle de la théorie des groupes a une origine moins évidente. Elle référerait probablement à D'Arcy Thompson : celui-ci décrit dans une note de bas de pages de son livre *On Growth and Form* sa « théorie des transformations » comme « une partie de la théorie des groupes » (1917, 1942, 1961, p. 271).

⁵ Meyer-Abich A. (1936), p. 209. Donnan F.G. (1936) et (1937).

2-4-5-5 – « Chrono-holisme » et équations intégral-différentielles : la contribution de Donnan

Cette contribution, qui prit la forme de deux articles publiés en 1936 et en 1937, ne devait initialement rien à une influence de Volterra. Par son inspiration initiale, elle fournit en fait une démonstration, parmi d'autres déjà considérées principalement au 1-4-2, de l'impact considérable des « révolutions » en physique sur l'évolution des formes holistiques de pensée au début du XX^e siècle. En effet, les travaux de Donnan dérivèrent de discussions qu'il eut avec d'illustres physiciens qui étaient alors ses collègues à Londres, Fritz W. London et Edward Teller, ainsi qu'avec Schrödinger¹. Ce n'est qu'au cours de leur élaboration que Donnan prit connaissance de ceux de Volterra, dont il reconnut la priorité². Celle-ci n'était rien à l'originalité de ses propres travaux, qui consistait d'une part à étendre à toute la biologie la pertinence de l'utilisation du formalisme des équations intégral-différentielles, et d'autre part à interpréter celles-ci comme les expressions mathématiques par excellence d'une approche holistique des problèmes biologiques. Si Donnan développa ses idées sans connaître la nature du holisme de Meyer-Abich, il se rallia d'ailleurs dès qu'il en prit connaissance à la conception des rapports entre physique et biologie développée par le biologiste allemand³.

Le point de départ (non explicité) de Donnan était indubitablement une interprétation des réflexions déjà évoquées au 1-4-5-9 que Bohr avait menées entre 1929 et 1931, qui avaient amené le physicien à suggérer une transposition à la biologie de son « principe de complémentarité » : de même que le quantum d'action h impose des limites aux mesures simultanées des paramètres spatio-temporels d'un système atomique, la tentative de déterminer tous les paramètres nécessaires à une explication physique du vivant se heurterait à l'impossibilité de le connaître simultanément dans son fonctionnement ; Bohr comme Heisenberg tenant en conséquence la téléologie pour un mode d'explication nécessaire en biologie, « complémentaire » de la causalité physico-chimique. Donnan s'appropriera ce principe en le nommant l'« indéterminisme fonctionnel ». Et il avança qu'il tient sa validité du fait que l'état présent de tout système biologique est fonction de son histoire. Cette dépendance donnerait à l'évolution d'un tel système un caractère irréversible que l'analyse mathématique doit prendre en compte au moyen de ce qu'il appela une « relation » (ou « analyse ») « temporelle intégrale », en songeant à une équation exprimant analytiquement la variation du système à partir d'un instant en fonction de l'état de ce système au cours de l'intégralité d'un intervalle de temps précédant cet instant :

Dans un organisme vivant, le passé semble s'étendre jusqu'à atteindre le futur. La description de l'« évolution » ne semble pas être réductible à une analyse temporelle purement différentielle, mais impliquer aussi essentiellement une relation temporelle intégrale, i.e. une analyse temporelle intégrale. Si l'on m'autorise à user d'un langage quelque peu philosophique, il apparaît qu'existe un degré marqué de holisme par rapport au temps (« chrono-holisme »)⁴.

L'objet des articles de Donnan fut justement de montrer comment ce « chrono-holisme » peut être exprimé au moyen de cet outil analytique que sont les équations intégral-différentielles, et d'utiliser de telles équations pour *caractériser* mathématiquement la différence entre systèmes biologiques et systèmes non-biologiques. Une tentative pour le moins originale, qui ne pouvait en elle-même que susciter l'intérêt de tous les biologistes soucieux comme Bertalanffy de l'autonomie de leur discipline.

Dans le cas d'un système en relation avec un environnement spécifié par des fonctions du temps α, β , etc. et dont l'état interne est défini par un unique paramètre X , une évolution *déterministe* et *anhistorique* de ce système peut être caractérisée par une équation du type :

$$\frac{dX}{dt} = F_1(X; t) \quad (1)$$

où F_1 prend en compte α, β , etc. La connaissance des paramètres à un instant détermine de manière univoque leurs valeurs futures : pour deux systèmes du type considéré, des valeurs identiques des

¹ Donnan F.G. (1937), p. 46 ; des discussions avec Schrödinger sont évoquées, mais comme le physicien était retourné en Autriche en 1936 après ses trois années d'exil entre Oxford et Princeton et qu'il s'y trouva jusqu'en 1938, on peut supposer qu'il s'agit d'une correspondance.

² Donnan F.G. (1937), p. 49.

³ Donnan F.G. (1936), pp. 9-10 et Meyer-Abich A. (1936), p. 210.

⁴ Donnan F.G. (1936), p. 2.

paramètres à un instant donné impliquent un comportement ultérieur identique, même si leurs valeurs antérieures diffèrent. Donnan jugeait cette anhistoricité caractéristique des « systèmes inanimés ».

Si l'on suppose par contre que l'état du système à un instant t ne peut pas être décrit à partir des seules valeurs correspondantes des mêmes paramètres et qu'il est aussi fonction de son histoire depuis un instant $(t - \lambda)$, où λ est une constante positive, alors la description de son évolution peut être décrite par une équation intégral-différentielle. Une première approche conduisit Donnan à une équation du type :

$$\frac{dX}{dt} = F_1(X; t) + \int_{t-\lambda}^t F_2(X; \tau) d\tau \quad (2)$$

où F_2 est continue et prend en compte les paramètres environnementaux. Mais cette approche était insuffisante et fut légitimement critiquée¹. L'inconvénient, pointé par Schrödinger, était que (2) ne traduit qu'une « mémoire ponctuelle », car l'état du système à un instant $(t + \Delta t)$ est dans ce cas entièrement déterminé par son état en t et $(t - \lambda)$. La raison en est que (2) peut être dérivée par rapport à t sans faire apparaître un nouveau terme intégral. Dans le cas de (1), la connaissance de l'état du système en t suffit pour celle de l'état en $(t + \Delta t)$. Tandis que dans le cas de l'équation (2), la détermination de l'état du système en $(t + \Delta t)$ suppose la connaissance de X et de ses dérivées successives en $(t - \lambda)$; celle-ci étant non seulement nécessaire, mais aussi suffisante², ce qui implique effectivement une détermination de l'évolution du système à partir de l'instant t qui ne prend pas en compte son état passé dans l'intégralité de l'intervalle de temps $[t - \lambda; t]$ et ne correspond donc pas au concept « chrono-holistique » que Donnan cherchait à formaliser.

Donnan, qui en vint à se référer à Volterra, fut donc conduit en 1937 à une modification de (2) sous la forme d'une équation du type :

$$\frac{dX}{dt} = F_1(X; t) + \int_{t-\lambda}^t \Phi(t - \tau; t) F_2(X; \tau) d\tau \quad (3)$$

où F est définie comme dans le cas précédent. Donnan interprétait la fonction continue Φ comme une représentation du « plan d'évolution interne » du système. Cette fonction trouve son sens dans le fait qu'en général (dès qu'elle n'est pas polynomiale), toute dérivation de (3) contient un terme intégral³, le système possédant donc une « mémoire » étendue à tout l'intervalle $[t - \lambda; t]$ au sens où son évolution à partir de l'instant t dépend de son comportement dans l'ensemble de cet intervalle. C'est cette propriété qui justifie l'introduction du facteur exprimé par la fonction Φ dans l'intégrale de (3), en d'autres termes le fait que (3) ne puisse être reconduite à une équation du type (2). Le terme intégral de (3) traduisait ainsi parfaitement pour Donnan la dépendance de l'évolution du système à son histoire : il y voyait une « mesure » de son « caractère chrono-holistique ». Ce terme implique que

¹ Donnan F.G. (1937), pp. 45-47.

² Dans le cas de l'équation différentielle (1), on a :

$$\frac{d^2X}{dt^2} = \psi(X; t) \frac{dX}{dt} + F(X; t) \quad , \text{avec} \quad \psi(X; t) = \frac{\partial F_1}{\partial X}(X; t) \quad \text{et} \quad F(X; t) = \frac{\partial F_1}{\partial t}(X; t) + F_2(X; t)$$

On en déduit l'existence des dérivées d'ordre supérieur par récurrence, et donc le développement de Taylor (abstraction faite des conditions de convergence de la série) :

$$X(t + \Delta t) = X(t) + \sum_{k \geq 1} \frac{1}{k!} \frac{d^{(k)}X}{dt^{(k)}}(t) (\Delta t)^k$$

Dans le cas de l'équation intégral-différentielle (2), on obtient avec les mêmes notations :

$$\frac{d^2X}{dt^2} = \psi(X; t) \frac{dX}{dt} + F(X; t) - F_2(X(t - \lambda); t - \lambda)$$

D'où les conclusions exprimées dans le texte.

³ En effet :

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dt} \int_{t-\lambda}^t \Phi(t - \tau; t) F_2(X; \tau) d\tau \\ &= \Phi(0; t) F_2(X; t) - \Phi(\lambda; t) F_2(X(t - \lambda); t - \lambda) + \int_{t-\lambda}^t \frac{\partial}{\partial t} \Phi(t - \tau; t) F_2(X; \tau) d\tau \end{aligned}$$

Et par récurrence, toutes les dérivées supérieures contiendront un terme intégral analogue, sauf si Φ est polynomiale.

pour des valeurs identiques des paramètres à un instant donné, deux systèmes du type considéré auront des évolutions divergentes dès lors que leurs histoires respectives diffèrent. Donnan qualifia d'« indéterminisme historique » cette propriété. Notons que Lotka, sans utiliser ce formalisme, avait eu en 1925 des considérations analogues et avait conclu que cet indéterminisme contredit la « conception mécaniciste de l'univers »¹. Cette conclusion resta implicite chez Donnan ; mais il tenait la dépendance « chrono-holistique » au passé pour une caractéristique des « systèmes animés »². Naturellement, le système intégral-différentiel (3) peut être généralisé au cas des systèmes à n variables $(X_i)_{1 \leq i \leq n}$. Si les fonctions intervenant dans les termes intégraux sont bornées, on peut de surcroît faire tendre λ vers l'infini, c'est-à-dire prendre en compte l'intégralité du passé du système. Donnan obtint ainsi un système intégral-différentiel dont le système « héréditaire » de Volterra se trouve être un cas particulier et dont on peut remarquer qu'il se distingue du système (2) de Lotka à la fois par ses termes intégraux et par le fait que les fonctions ont le temps pour argument explicite³ :

$$\frac{dX_i}{dt} = F_{1,i}(X_1; \dots; X_n; t) + \int_{-\infty}^t \Phi_i(t - \tau; t) F_{2,i}(X_1; \dots; X_n; \tau) d\tau \quad (1 \leq i \leq n)$$

Donnan formula enfin l'idée qu'outre le « chrono-holisme », un « spatio-holisme » requérant une analyse intégral-différentielle étendue cette fois à travers l'espace devrait être pris en compte, non seulement en biologie mais aussi en physique : il se référa à ce sujet à Weyl, qui avait en 1932 insisté sur le fait qu'un tel holisme est déjà constitutif de la mécanique quantique⁴. Il aurait aussi pu, comme le fit Bertalanffy en 1932, se référer sur ce point à Planck⁵, que j'ai cité à ce propos au 1-4-2-5.

2-4-5-6 – *Les critiques « holistiques » des travaux de Donnan et l'impact de ces travaux sur Bertalanffy*

Donnan n'avait avec ses deux articles apporté aucune contribution concrète au développement de la biologie mathématique : il s'était en fait limité à montrer qu'on dispose avec l'analyse intégral-différentielle d'un instrument mathématique susceptible de prendre en compte les traits « chrono-holistiques » et « spatio-holistiques » des phénomènes. Mais justement parce qu'ils avaient trait à cette question de principe, leur portée était importante dans les débats concernant la possibilité d'une biologie (et plus généralement d'une science) holistique « exacte ». C'est donc sans surprise qu'ils suscitèrent aussitôt des réactions parmi les avocats d'une telle biologie. Des réactions dont le caractère très hétérogène est symptomatique de l'existence d'un clivage entre une pensée bio-holistique opposant catégoriquement le principe d'« émergence » à toute tentative de mathématisation en biologie et une pensée holistique aspirant au contraire à accroître sa légitimité scientifique, en particulier à devenir opératoire, par le biais des mathématiques.

Ainsi Meyer-Abich vit-il d'emblée dans les travaux de Donnan une démonstration de la pertinence de son « principe de simplification holistique ». Son argument était que (1) est une « simplification » de (3), obtenue soit en annulant F_2 , soit en faisant tendre λ vers 0 : les systèmes « non-biologiques » apparaissent de la sorte comme des cas limites de systèmes « biologiques ». Le problème est que Meyer-Abich négligeait par-là même le fait que Volterra et plus encore Rashevsky (dont il connaissait pourtant les travaux au moins par l'intermédiaire de Bertalanffy) avaient au cours des deux précédentes décennies mis en évidence la possibilité de phénomènes d'hystérésis dans les systèmes purement physiques⁶. Mais il fut d'autant moins prompt à prendre un recul critique qu'il vit Donnan se rallier pleinement à ses idées : ce dernier jugea que « le principe de simplification holistique mène à une philosophie de la science remarquable et satisfaisante », qu'il est aussi

¹ Lotka A.J. (1925), pp. 47-48.

² Donnan F.G. (1936), pp. 2-5 et (1937), p. 43.

³ En fait, Lotka ((1925), p. 280) avait aussi envisagé cette seconde propriété dans la partie de sa « biologie physique » relative à la Statique, qui traite du problème des déplacements d'équilibre. Mais ce fut aussitôt pour en renvoyer l'étude à celle des travaux de Picard...

⁴ Donnan F.G. (1936), p. 5.

⁵ Bertalanffy L. von (1932b), p. 108.

⁶ Rashevsky N. (1929b) et (1930). Meyer-Abich connaissait Bertalanffy L. von (1932b), où sont évoqués ces modèles de systèmes physiques « héréditaires », propriété liée à l'éventuelle existence de plusieurs minima d'énergie libre et donc d'états d'équilibre.

important que le « principe de correspondance » de Bohr et que son propre traitement mathématique de cas idéaux offrait déjà « un clair exemple de sa validité »¹.

Bertalanffy resta beaucoup plus critique, parce que peu enclin à négliger la portée des travaux de Rashevsky, et encore moins à embrasser le thème holistique particulier de Meyer-Abich qu'il considérait comme une « spéculation métaphysique dépourvue de justification en l'état de notre savoir »². Le Viennois ne sous-estima pas pour autant l'intérêt et la signification des travaux de Donnan (et de la « mécanique démographique héréditaire » de Volterra). Il les jugea au contraire considérables et il est clair qu'ils jouèrent un rôle très important dans l'évolution de ses conceptions quant au rapport entre son projet d'une biologie théorique « organismique » et « exacte » d'une part, et les mathématiques d'autre part. Car l'un des principaux arguments qu'il avait soutenu jusqu'à l'orée des années 1930 contre l'idée d'une biologie mathématique, celui selon lequel on ne dispose d'aucune mathématique adéquate pour appréhender les traits holistiques du vivant, se trouvait indéniablement mis à mal par les travaux de Volterra et de Donnan, qui le conduisirent par là-même à réviser son jugement. La première manifestation de ce changement date de 1937 :

Pour le traitement de véritables totalités, la mathématique dispose de méthodes dont les progrès laissent espérer un traitement toujours plus approprié des questions biologiques. Les outils mathématiques en question sont les équations intégral-différentielles³.

Mais il se trouvait aussi parmi les défenseurs d'une biologie holistique des critiques véhéments de telles conceptions, qui les percevaient tout au contraire comme des subversions du holisme. Ainsi le très dogmatique biologiste Albert C. Leemann, qui avouait ne pas comprendre l'enthousiasme de Bertalanffy et de Meyer-Abich pour la biologie mathématique en général et pour les travaux de Donnan en particulier, put-il réagir en 1937 en ces termes à la publication de ces derniers :

Donnan a cherché à nous représenter la vie à l'aide d'un terme d'intégration. Or, cette intégration est en flagrante contradiction avec le troisième principe holistique [i.e. celui d'émergence]. La vie est due à une holisation, aucune intégration ne saurait donc lui servir de modèle, car l'intégration est une addition pure et simple basée sur une fonction. Le troisième principe holistique affirme précisément qu'il ne s'agit ni d'addition ni de fonction dans une holisation. Il y a un abîme entre les propriétés des parties et celles de l'ensemble. À vouloir y jeter un pont par des mathématiques, ce serait nier le caractère d'une holisation⁴.

Si les travaux de Volterra sont à eux seuls symboliques de la nécessité de relativiser l'importance des formes holistiques de pensée dans l'histoire de la biologie mathématique, les considérations de cette section, en particulier cet épisode concernant l'analyse intégral-différentielle, sont instructives à plusieurs égards. Elles montrent d'abord le caractère « agnostique » des mathématiques dont témoignent, chaque fois en dépit de la divergence de leurs inspirations respectives, aussi bien l'identité formelle des modélisations de Lotka et de Volterra que le choix d'un même formalisme par ce dernier et par Donnan, ou encore les interprétations contradictoires de Meyer-Abich et de Leemann au sujet des considérations du chimiste anglais. Ne serait-ce qu'avec le calcul différentiel et intégral, les mathématiques disposaient déjà d'assez de ressources pour être mises au service d'une biologie d'inspiration holistique ; mais les mêmes mathématiques pouvaient tout aussi bien être mises au service d'une biologie d'inspiration mécaniciste, et l'interprétation de leur mise en œuvre restait quoiqu'il en soit sujette à caution. Mais là ne semble pas être le plus important. L'essentiel est à mon sens que Meyer-Abich et Donnan offrent une illustration caractéristique d'un aspect très important de la logique de l'interaction entre formes holistiques de pensée et développement d'une biologie mathématique à l'époque considérée : tandis que ces formes de pensée fournissaient des problématiques et un cadre d'interprétation à la biologie mathématique, celle-ci tendait en retour à livrer des arguments en faveur de la possibilité d'un holisme opérationnel et authentiquement scientifique. Cette logique peut dans une large mesure être observée aussi chez D'Arcy Thompson et Lotka. Et ce qui a déjà été dit au sujet de Bertalanffy suffit à suggérer qu'elle fut

¹ Lettre de Donnan F.G. à Meyer-Abich A., in Meyer-Abich A. (1936), p. 210. Sur le « principe de correspondance », voir Bohr N. (1925, 1993), pp. 33-37 : les lois au niveau atomique doivent avoir leurs analogues au niveau macroscopique et tendre vers elles statistiquement.

² Voir notamment Bertalanffy L. von (1941d), p. 342 ; l'expression allemande est « *naturphilosophische Spekulation* ».

³ Bertalanffy L. von (1937b), p. 18 et p. 185. La seconde partie de la citation correspond à une note attachée à la première partie.

⁴ Leemann A.C. (1937), p. 162.

pleinement à l'œuvre chez lui dans la période de gestation de son projet « systémologique » général. Mais c'est avec l'évocation des travaux « biologistiques » de Woodger et de certaines réflexions entreprises au sein du *Theoretical Biology Club* qu'il organisa avec Needham que peuvent être au mieux perçues toutes les dimensions de cette logique et la réalité de leur impact sur Bertalanffy.

2-4-6 – *Les prémisses d'une biologie (logico-)mathématique « qualitative » chez Woodger et dans le Theoretical Biology Club*

Les convergences impeccables entre Woodger et Bertalanffy sur la conception du rôle de la théorie en biologie, sur la nécessité d'un « vitalisme méthodologique » et d'une biologie théorique centrée sur le problème de l'ordre holistique des événements organiques, et même sur la portée du holisme en tant que vision générale du monde, ont été assez évoquées – principalement dans la sous-section 1-4-5-7 et les chapitres 2-3-1 et 2-3-2 – pour qu'il ne soit pas utile de revenir dessus ici. L'impact de Woodger sur le Viennois quant à l'idée que des formes conceptuelles d'ordre « exactes », mathématiques « au sens large », peuvent être mises au service d'une théorisation des traits holistiques du vivant, a lui aussi été plusieurs fois mentionné, mais sans que son enracinement dans les travaux effectifs du biologiste anglais n'ait été précisé : ce sont avant tout ces précisions qu'il s'agira ici d'apporter.

La communauté d'inspirations entre Woodger et Bertalanffy ne doit rien au hasard. Elle s'enracine dans des références philosophiques et scientifiques communes et fut rendue possible par un épisode particulier du parcours du premier. Après une courte activité de recherches en embryologie cellulaire entre 1920 et 1925 menées à partir de 1922 en parallèle d'un enseignement en médecine, Woodger saisit en 1926 l'opportunité de travailler pendant un semestre à l'université de Vienne aux côtés de Prziham et Weiss. Initialement, son séjour devait être consacré à des expériences de transplantation. Mais les circonstances (entre autres un choix inadéquat du matériel expérimental) ne lui permirent pas de les mener à bien, de sorte qu'il profita surtout de son séjour afin de participer aux discussions à caractère épistémologique ayant cours au *Prater Vivarium*¹ (qu'il s'agisse de celles concernant la pertinence d'une approche systémique de la morphogenèse ou de celles concernant ce que Prziham avait lui-même appelé la « construction d'une biologie mathématique »). Il put par la même occasion se familiariser avec les âpres débats et controverses ayant cours chez les biologistes de langue allemande au sujet des fondements de leur discipline, notamment avec les travaux coalisés par Schaxel en vue de l'édification d'une biologie théorique.

Woodger profita manifestement aussi de sa présence à Vienne pour entrer en contact avec le *Verein Ernst Mach* (qui donna naissance en 1928 au Cercle de Vienne), et probablement avec Schlick en particulier². J'ignore encore s'il rencontra Bertalanffy au cours de son séjour, mais c'est tout-à-fait possible et à vrai dire probable – ne serait-ce que du fait de leur fréquentation simultanée du *Prater Vivarium* ; j'ai déjà mentionné le fait qu'ils commencèrent en tous cas à se référer l'un à l'autre en 1929 (pour Woodger) et 1931 (pour Bertalanffy)³, et qu'une correspondance et une amitié durant jusqu'après-guerre s'initia entre eux dès le début des années 1930. C'est à partir de son retour de Vienne que l'intérêt de Woodger pour la logique mathématique et pour la formalisation logique « exacte » des énoncés scientifiques (au premier chef biologiques bien sûr) alla croissant, suscitant au passage sa découverte et son étude des travaux logico-mathématiques (les *Principia mathematica*) de ses compatriotes Whitehead et B. Russell. Et tandis que ses *Biological Principles* publiés en 1929 s'inscrivaient encore nettement dans une tendance d'inspiration criticiste (avec de nombreuses références à Kant, Cassirer, Eddington et Poincaré), il se rallia dans une large mesure au positivisme logique à partir du début des années 1930. Il entra finalement en contact direct avec Popper en 1934 et, au plus tard vers la même époque, avec Carnap puis Neurath, avant de collaborer activement aux activités du Cercle de Vienne et de devenir en 1935 un membre permanent du comité de

¹ Varenne F. (2004), pp. 104-105 et p. 113.

² Sa bonne connaissance des thèmes néo-positivistes et des idées de Mach et de Schlick est manifeste dans Woodger J.H. (1929), pp. 8-41 et p. 80. Voir aussi Varenne F. (2004), p. 105.

³ Woodger J.H. (1929) et Bertalanffy L. von (1931b). Dans le cas de Bertalanffy, il s'agit d'une revue des *Biological Principles*, extrêmement favorable, qualifiant notamment cet essai de « puissant, profond et synthétique », affirmant qu'il comptait comme l'un des plus « fondamentaux et importants » et en « recommandant vivement » la lecture.

l'« Encyclopédie unifiée des sciences » dirigé par le second. Woodger joua même un temps, en 1938-1939, un rôle d'intermédiaire entre Bertalanffy et le Cercle de Vienne récemment exilé sur le Nouveau Continent : il le recommanda plusieurs fois, en louant ses qualités selon lui exceptionnelles, pour des contributions orales ou écrites – en vain, puisqu'en conséquence de cet exil et des critiques qu'il dut essuyer de la part des néo-positivistes (qu'elles concernent sa biologie « organismique » ou, en 1937, son projet « systémologique »), Bertalanffy fit le choix unilatéral de rompre toute relation précisément à partir de cette période¹.

Dans ces conditions, les contributions concrètes de Woodger à l'élaboration d'une biologie théorique « exacte » prirent une forme très originale, spécifiquement marquée par ses influences logico-positivistes : son projet formulé en 1929 et déjà évoqué au 1-4-5-10 d'une « biologie pure », c'est-à-dire purement relationnelle, capable « d'établir sans la moindre théorie sur ce qu'est un organisme les fondamentaux de la connaissance biologique » par référence à un « schème de relations fondamentales » entre l'organisme et son environnement physique et biologique, entre les parties d'un organisme ou entre les parties et la totalité d'un organisme², se trouva actualisé entre 1930 et 1937 : dans un premier temps sous la forme d'une théorie logico-mathématique de l'ordre hiérarchique, puis dans un second temps sous la forme plus générale, systématique et formalisée d'une « biologie axiomatique ». Ce sont ces contributions qu'il va s'agir ici d'examiner, tout en prenant aussi en compte leurs interactions et (en dépit de divergences significatives) leur convergence d'inspiration avec certaines discussions menées dans le *Theoretical Biology Club* autour de la pertinence de la topologie en tant qu'outil par excellence de théorisation mathématique de la morphogénèse.

2-4-6-1 – Une approche logico-mathématique de la théorie de l'organisme

Dès la fin des années 1920, Woodger ne cessa de chercher à attirer l'attention des biologistes sur une « erreur » que l'écrasante majorité commettait à ses yeux, « erreur » consistant à négliger totalement l'un des deux « royaumes » dont émergerait la science : se concentrant sur celui de la *perception* conformément à un « point de vue étroitement empiriste », les biologistes qu'il visait tendaient selon Woodger à se complaire dans la « demi-vérité dangereuse » qui veut que la science ne progresse que par l'observation, l'expérience et l'induction, et à ne pas voir la nécessité absolue d'un tout autre « royaume ». Celui de la *logique*, vouée à « ordonner les observations » et la connaissance biologique, à « donner une direction à l'activité scientifique », à la « systématiser » et à la « guider » au moyen de définitions et de principes formulés avec précision dans un « langage exact et parfaitement contrôlable », et des déductions « exactes » qu'ils permettent de dériver :

C'est seulement si et quand un système de relations logiques est découvert, à partir duquel les généralisations empiriques peuvent être déductivement développées et dans lequel les concepts biologiques entrent comme valeurs des variables logiques, que quelque chose d'approchant une biologie théorique comparable à la physique théorique devient possible³.

Woodger en vint très vite à considérer qu'il y avait chez ses collègues biologistes une profonde « incompréhension de la nature des sciences formelles », c'est-à-dire de la logique et des mathématiques, un manque quasi-total de perception de leur « pertinence *immédiate* » pour leur discipline. Pour qu'une « biologie théorique exacte » puisse advenir, il était selon lui nécessaire qu'enfin certains d'entre eux « s'intéressent à plus qu'à des sujets biologiques »⁴, et c'est en fin de compte l'exemple qu'il chercha à donner entre 1930 et 1937.

Woodger jugeait d'abord nécessaire de bien comprendre la signification du terme « exact », ce qui impliquait pour lui de distinguer deux sens de l'« exactitude ». En mathématiques, il s'agirait de la précision des définitions et de la rigueur de la déduction logique. Dans les sciences de la nature, elle ne pourrait par contre être que la finesse d'approximation d'une loi mathématique idéale. Ce qui signifiait aussi selon Woodger qu'aucune science de la nature ne peut être telle « à proprement parler » [*eigentlich*] au sens de Kant, c'est-à-dire en tant qu'elle traite ses objets « entièrement d'après des

¹ Sur ces relations croisées, voir Hofer V. (1996), pp. 241-245 et 269-275 et Varenne F. (2004), pp. 105.

² Woodger J.H. (1929), p. 277.

³ Woodger J.H. (1930), pp. 4-5. Voir aussi (1929) ainsi que (1937), pp. vii-viii et p. 6.

⁴ Woodger J.H. (1937), p. 16 pour ces expressions, mais ces idées imprègnent ses écrits dès 1929, surtout à partir de 1930.

principes *a priori* » et possède une « certitude apodictique »¹. Le biologiste anglais rejoignait par contre le philosophe allemand par l'idée qu'une pensée « exacte » en biologie requiert la construction de concepts et d'hypothèses en référence aux phénomènes étudiés, puis leur mise sous une forme les rendant accessibles à un travail de conceptualisation mathématique ; le formalisme logico-mathématique ne restant en tout état de cause à son tour qu'une « technique permettant de tirer les conséquences d'une théorie ou d'un système de prémisses », qui demeurerait stérile s'il ne référait pas à des concepts clairs et n'était pas dirigé par des principes empiriquement pertinents². Croire qu'une « biologie théorique exacte » pourrait émerger d'un simple traitement mathématique de données empiriques sans ce travail de conceptualisation était selon lui une profonde erreur. Mais il ne s'agissait pas pour autant de s'imaginer qu'elle pourrait (voire devrait) être développée sur la base d'une application des concepts et des lois physiques à la biologie. Il s'agissait bien plutôt de rompre avec une « estimation trop étroite » de « l'étendue des sciences formelles », qui empêcherait de percevoir les services qu'elles sont susceptibles de rendre à la biologie :

Il y a sans aucun doute de nombreuses possibilités d'utiliser les mathématiques en biologie si la bonne manière de s'y prendre est découverte, mais il ne s'ensuit pas que les concepts judicieux à cet égard soient ceux utilisés à présent par la physique³.

Woodger n'avait certes pas moins que Bertalanffy une conscience aiguë du problème majeur posé par la nécessité de trouver des mathématiques appropriées aux problèmes biologiques, c'est-à-dire pour lui des mathématiques qui soient en mesure d'appréhender le caractère fondamentalement relationnel des problèmes biologiques. Il envisageait d'ailleurs non seulement la possibilité que de telles mathématiques restent à élaborer mais bien la nécessité d'y travailler, compte tenu notamment de « l'inapplicabilité patente » des schèmes formels développés en étroite relation avec la physique – une inapplicabilité ayant justement nourri l'idée selon lui erronée qu'il n'y a aucune place pour la science « exacte » en biologie :

En plus de faire autant que possible usage des systèmes abstraits existants (qui doivent tous leur origine, historiquement parlant, aux exigences des sciences physiques), il me semble souhaitable que nous nous efforcions de construire nos propres systèmes en accord avec les exigences des données biologiques⁴.

Néanmoins, Woodger comprit vite aussi que ce qu'il appela avant Bertalanffy la « méthode mathématique au sens large » ne se réduit pas au traitement quantitatif des phénomènes, et qu'existaient déjà à son époque des outils en permettant un traitement *qualitatif* « exact ». Et il eut cette originalité de former le projet d'adapter à la biologie une prophétie déjà citée de Royce, pour qui une physique théorique principalement fondée sur des concepts qualitatifs tout en utilisant un « système d'ordre conceptuel exact » était susceptible d'advenir⁵. Il s'appuya dans ce but sur l'interprétation des mathématiques comme science des formes relationnelles abstraites, fréquente depuis la fin du XIX^e siècle. Il aurait aussi bien pu citer Poincaré ou Cassirer à ce sujet, mais c'est au mathématicien Alfred B. Kempe qu'il préféra se référer. Cette référence à Kempe, en 1937, est une bonne indicatrice de la compréhension en fin de compte elle-même très spécifique des « mathématiques qualitatives » que Woodger prit le parti d'adopter, et des enracinements de ses conceptions à ce sujet :

Les mathématiques ne sont pas plus seulement la science de la quantité que la physiologie n'est celle du bras ou de la jambe ; l'algèbre qui exprime les relations de quantités n'est qu'une goutte dans un océan d'algèbres que le mathématicien peut indiquer ; une autre goutte étant l'algèbre exprimant les relations logiques mutuelles de classes ou de propositions les unes aux autres⁶.

Car Woodger ne se tourna pas vers ces mathématiques pourtant à certains égards « qualitatives » qu'étaient déjà la théorie des groupes, la topologie algébrique (à laquelle contribua d'ailleurs Kempe⁷),

¹ Kant E. (1786, 1985), pp. 364-365.

² Woodger J.H. (1929), pp. 482-483. Il donna comme exemple de tels principes celui de « persistance par le changement »...

³ Woodger J.H., *op. cit.*, pp. 233-236. Voir aussi (1937), p. 16.

⁴ Woodger J.H. (1937), p. 16.

⁵ Woodger J.H. (1930), p. 453.

⁶ Kempe A.B. (1890), cité in Woodger J.H. (1937), p. 9.

⁷ Taton R. (1961, 1995), p. 47. Kempe proposa notamment une solution (erronée) au fameux problème dit « des quatre couleurs ».

voire la théorie des systèmes dynamiques ; mais bien vers cette dernière « goutte » particulière évoquée par Kempe, qui faisait référence à la théorie des ensembles et à la logique mathématique. Il n'ignorait pas que dans un « traité d'algèbre universelle » publié en 1898, Whitehead avait été amené, tout en rejoignant la remarque de Kempe, à souligner (sous l'influence des travaux logiques de Giuseppe Peano et Gottlob Frege sur les fondements de l'arithmétique) que ce qu'il appelait « l'algèbre de la logique symbolique » avait une nette longueur d'avance dans la famille, que rien n'interdisait *a priori* de croire potentiellement nombreuse, des « genres non numériques d'algèbres » :

La seule espèce de ce genre qui a jusqu'à présent été développée est l'Algèbre de la Logique Symbolique, bien qu'il n'y ait aucune raison de penser que d'autres algèbres de ce genre ne puissent être développées pour recevoir des interprétations dans des domaines de la science où un raisonnement strictement démonstratif sans relation au nombre et à la quantité est requis¹.

On imagine aisément que Woodger pensa « biologie » là où Whitehead avait écrit « domaines de la science » (et il est en fait tout-à-fait probable que ce fut en partie le cas de Whitehead lui-même²), et qu'il fut dès lors incité à s'intéresser à cette forme d'« algèbre » spécifique.

Aussitôt terminée la rédaction de ses *Biological Principles* (donc en 1929), Woodger se plongea en tous cas dans l'étude des *Principia Mathematica*³ rédigés par Whitehead et B. Russell entre 1910 et 1913. Il put y voir s'épanouir une philosophie logiciste des mathématiques proclamant la réductibilité intégrale du vocabulaire, des théorèmes et des démonstrations mathématiques au vocabulaire, aux démonstrations et aux théorèmes logiques, philosophie qui ne faisait au fond qu'extrapoler à l'extrême le long mouvement d'introduction de la rigueur logique et de mise entre parenthèse de l'intuition qui avait en partie caractérisé le XIX^e siècle mathématique. Un logicisme que Woodger, probablement en raison de ses liens avec le Cercle de Vienne, avait en fait embrassé avant même cette étude des *Principia* ; il avait en effet annoncé dès la fin de ses *Biological Principles* :

Il a été montré que les mathématiques pures sont elles-mêmes un développement particulier de la logique formelle et d'autres techniques symboliques ont été développées, dont la portée est différente et plus vaste. Il est possible que cette logique symbolique puisse un jour se révéler utile pour traiter les problèmes biologiques⁴.

Mais s'il vit tant de promesses dans la logistique eu égard à la biologie, ce n'est pas seulement parce qu'elle semblait offrir un outil de clarification de ses concepts et d'organisation rigoureuse de ses propositions. C'est aussi parce que le Whitehead du « mécanisme organique » exerçait tout autant son influence sur lui que celui des *Principia*. Or, la logistique, comprise comme une « analyse des relations logiques » à vocation universelle, était en fait interprétée par Whitehead comme la science des formes logiques, et en définitive comme une *morphologie* générale : dans la mesure où seules ont un sens les relations entre les symboles qu'elle met en œuvre et non ces symboles eux-mêmes considérés isolément, il la voyait comme l'*organon* par excellence permettant de préserver le caractère « processuel » des « événements » et la forme d'une réalité de part en part « organique ». Ce qui signifiait que la logistique constituait le véritable pont entre Pythagore et Aristote, entre la science du nombre et la science de la forme, pont dont D'Arcy Thompson (avec lequel Whitehead fut d'ailleurs en relation) n'avait au mieux qu'entrevu la possibilité avec son approche « topologique » des formes organiques⁵. C'est pourquoi Woodger put considérer à la suite de Whitehead que la logistique était susceptible d'offrir ce qu'il appela des « formes abstraitement incarnées » adéquates à la biologie théorique, dont il définissait le problème fondamental comme celui de la « compréhension de la *forme* du fait biologique » et la vocation comme la « découverte, si possible, de ce que sont les propriétés *formelles* des entités impliquées dans le raisonnement biologique, et des propriétés des *systèmes d'ordre* dans lesquels ils entrent »⁶. L'ordre hiérarchique devint dès lors dans un premier temps (1930-1931) le pivot de ses réflexions. Il y accordait une importance essentielle, car il s'agissait pour lui du

¹ Whitehead A.N. (1898), in Woodger J.H. (1937), p. 9.

² Compte tenu des relations entre sa métaphysique organiciste et sa philosophie de la logique mathématique : voir plus loin.

³ Cette chronologie est indiquée par Woodger lui-même dans (1937), p. viii.

⁴ Woodger J.H. (1929), p. 9 et p. 482. Voir aussi (1937), p. viii.

⁵ Whitehead A.N. (1925, 1994), en particulier p. 101, pp. 116-117 et pp. 125-133. Voir aussi Saint-Sernin B., in Andler D. et al. (2000), pp. 107-121 et Varenne F. (2004), pp. 106-111.

⁶ Woodger J.H. (1930), p. 453 et (1937), p. 16. Les italiques me sont propres.

type d'ordre fondamental en embryologie et en génétique : il en déterminerait les inférences – ces deux domaines étant ceux où il avait jusqu'alors surtout focalisé ses réflexions biologiques et biophilosophiques. Avoir une approche logistique de ce type d'ordre avait de surcroît à ses yeux pour fonction de préciser et de rendre scientifique la « vague notion » selon laquelle « le tout est plus que la somme de ses parties »¹ : la connexion entre son holisme et cette quête d'« exactitude » se trouvait ainsi parfaitement explicitée.

2-4-6-2 – La construction logico-mathématique du concept d'ordre hiérarchique

Woodger entreprit l'étude du « système d'ordre hiérarchique » *a priori*, « tel qu'il est dans le 'royaume logique' sous sa forme la plus générale » et « sans référence à une quelconque exemplification » ; il s'agissait de « déterminer la forme et les limites de l'espace logique » dans lequel se meut l'étude de l'organisme². Il prit comme point de départ une définition logico-mathématique d'un « système » fournie en 1929 par John A. Chadwick :

« L'ensemble des entités β est un système eu égard à la relation R » signifie : « Si un ensemble δ inclut certains éléments de β mais pas tous et si chaque entité incluse dans δ est aussi un élément de β , alors, quel que soit l'ensemble δ , au moins l'une des entités incluses dans δ a soit R , soit sa réciproque appliquée à un élément de β qui n'est pas inclus dans $\delta - R$ étant aliorelative³.

Woodger définit alors une hiérarchie comme « un système eu égard à une relation dyadique, asymétrique, intransitive, aliorelative », qu'il nota R_H . Il s'agit donc d'un système dans lequel existe un « membre » W avec lequel tous les autres « membres » de la hiérarchie sont en relation par une puissance⁴ de R_H , mais qui ne se trouve lui-même dans aucune relation de ce type avec les autres « membres ». Woodger définit aussi les concepts de « niveau » et d'« assemblage » hiérarchiques. Un « niveau » désigne la classe de tous les membres qui se trouvent en relation avec W par une même puissance de R_H . Le « plus haut » d'entre eux est tel que chacun de ses « membres » est en relation R_H avec W ; et le « plus bas » d'entre eux, tel que ses « membres » ne peuvent être analysés. m étant « membre » d'un « niveau » N , il existe alors un unique « niveau » distinct de N , dit « immédiatement supérieur à N », contenant un unique « membre » M tel que m se trouve en relation R_H avec M . Si M est « membre » d'un « niveau » qui n'est pas le plus « bas », il est analysable en une classe de « membres » qui se trouvent en relation R_H avec M et sont tels qu'aucun d'entre eux n'est en relation R_H avec un autre « membre » de W : c'est cette classe que Woodger appela un « assemblage ». Chaque « membre » d'un niveau N se retrouve ainsi analysable en un « assemblage » A de « membres » se trouvant chacun en relation R_H avec A et l'ensemble de ces « membres » constituent avec ceux en lesquels les autres « membres » de N sont analysables le « niveau immédiatement inférieur » à N .

Woodger compléta la relation R_H par des relations R_N entre « membres » d'un même « niveau » et R_A entre « membres » d'un même « assemblage ». Un « membre » pouvait donc en définitive être considéré de trois points de vue : celui de son appartenance à un « niveau » ; celui de sa participation avec d'autres « membres » de son « niveau » à la constitution d'un « membre » du « niveau » immédiatement « supérieur » ; et celui de son analyse en un « assemblage » de « membres » du « niveau » immédiatement « inférieur » dans leurs relations R_A . L'impasse des approches mécanicistes tiendrait précisément à ce qu'elles consistent à ne considérer les parties organiques que du troisième point de vue, alors qu'il faut s'attendre à ce que les propriétés des « membres » du « niveau » chimique dépendent de leur relation R_H aux « membres » de « niveaux » (proprement biologiques) plus « élevés » :

Dans un organisme, les propriétés d'une partie dépendent de la partie dont ils sont partie autant que des parties en lesquelles elle est analysable [...] Il faut rendre justice à chaque niveau⁵.

Woodger nomma alors « propriétés intrinsèques » celles que manifeste une partie dans toutes ses relations viables au sein de la hiérarchie ; et « propriétés relationnelles » celles qu'elle ne manifeste

¹ Woodger J.H. (1930), p. 8 et p. 461.

² Woodger J.H., *op. cit.*, pp. 8-21 et pp. 447-448 ; et (1931), p. 186.

³ Chadwick J.A. (1929), in Woodger J.H. (1930), pp. 447-448. La réciproque de R est la relation R' telle que $xRy \Rightarrow yR'x$, qui ne coïncide avec R que si R est symétrique. Une relation « aliorelative » est ce que l'on qualifie désormais plutôt de relation non-réflexive.

⁴ Si xRy et yRz , alors xR^2z ; les puissances de R sont ensuite définies par récurrence.

⁵ Woodger J.H. (1930), pp. 451-452.

que dans certains types de relation. J'y ai déjà fait allusion au 1-4-5-4, c'est la négligence des secondes qui rendait à ses yeux la « théorie de la machine » inadéquate en biologie et qui aurait conduit les généticiens mécanicistes à associer de manière univoque un gène à un caractère¹ ; une conception qui le conduisit, comme Bertalanffy quelques années plus tard, à adopter un holisme génétique proche de celui de Goldschmidt envisageant *a priori* que tous les gènes sont impliqués dans l'élaboration d'un caractère (polygénie intégrale).

Le problème de la genèse d'un ordre hiérarchique fut aussi examiné par Woodger. Selon lui, un tel ordre peut être engendré soit par la mise en relation R_H d'entités séparées (comme dans le cas de la cristallisation), soit par la division d'une entité en parties liées par des relations R_H (comme dans le cas de l'organisme pluricellulaire). Pour Woodger, qui s'appropriait ainsi la vision de Whitehead d'un réel « en procès », un ordre hiérarchique doit en tout état de cause être considéré en quatre dimensions. En effet, l'abstraction du temps amènerait en biologie à ne considérer que la « hiérarchie spatiale », dont les « membres » sont des entités spatiales et où la relation R_H réfère aux relations qu'entretient chaque « composant » (concept étroitement lié à celui de hiérarchie qu'il distinguait par cette liaison de celui de « constituant »)² avec le « composant » spatial dont il est membre. Alors qu'existent aussi la « hiérarchie de division », où R_H se traduit par « être un produit de division immédiat de » ; et la « hiérarchie génétique », où R_H se traduit par « être un descendant immédiat de ». Woodger accordait un primat à celle de division, dont il voyait une hiérarchie spatiale comme une « section temporelle ». Fort de ces considérations et par des voies purement logico-mathématiques, il établit alors les propriétés générales de ces divers types de hiérarchie, avant de réexaminer à la lumière de cette étude les concepts et problèmes de l'embryologie et de la génétique en cherchant à y « établir les théorèmes de base sur lesquels tout raisonnement y repose ». Son effort porta surtout sur une réfutation des arguments vitalistes de Driesch : il montra que l'équipotentialité du système embryonnaire, dont Driesch avait prétendu tirer la nécessité de l'« entéléchie », est logiquement incompatible avec l'existence de hiérarchies de division³.

Les insuffisances de cette ébauche d'une « biologistique » furent pointées dès 1932 par celui-là même qui la fit pourtant simultanément connaître en pays de langue allemande en insistant sur sa grande signification du point de vue de la possibilité d'une biologie « organismique » et « exacte », à savoir Bertalanffy lui-même. Le Viennois jugea en effet que « l'organisation du vivant est de loin plus compliquée que ce que les schèmes de Woodger en exprim[ai]ent ». Il lui reprocha de laisser entendre que tout ce qui est extérieur à la hiérarchie de division l'est à la hiérarchie spatiale et trouva insatisfaisante sa définition d'un « constituant », qui excluait sans raison solide de la hiérarchie spatiale la plupart de ceux qu'il classait comme tels. Bertalanffy critiqua aussi le « point de vue par trop cellulaire » de Woodger, sa façon de ne pas accorder assez d'importance à ce qui n'est pas d'ordre histologique ; et surtout le fait qu'il ne prenait pas en compte la « hiérarchie des processus », que le Viennois qualifiait aussi de « hiérarchie dynamique », alors que rien n'imposait d'admettre qu'elle coïncide avec la « hiérarchie spatiale des parties »⁴. L'approche de Woodger n'en rejoignait pas moins la préoccupation d'autres biologistes anglais d'apporter à leur discipline le pouvoir de la logique et des mathématiques tout en se plaçant hors des paradigmes mécaniciste d'explication, et il fut justement l'un des instigateurs du *Theoretical Biology Club* destiné à fédérer les efforts dans cette direction.

2-4-6-3 – *Le Theoretical Biology Club : vers une approche topologique de la morphogenèse*

La publication de ses *Biological Principles* amena dès 1929 Woodger à correspondre avec Needham et à le rencontrer. Ils débattirent alors de l'opposition entre le néo-mécanicisme encore prôné par ce dernier et le point de vue « organismique ». En conséquence de ces échanges et de la

¹ *op. cit.*, p. 438.

² Woodger distinguait deux concepts dans celui de « partie » : ceux de « composant » et de « constituant ». Un « composant » (cellule, système nerveux central) était défini comme un « assemblage » d'une hiérarchie spatiale et n'incluait donc aucun « composant » de la hiérarchie autre que ceux avec lesquels il se trouve dans une relation correspondant à la réciproque d'une puissance de la relation R_H définissant la hiérarchie spatiale. Un « constituant » (cartilage, plasma sanguin) était quant à lui défini comme une partie considérée sans égard pour l'ordre hiérarchique, ou une partie spatiale qui se situe hors de lui.

³ Woodger J.H. (1930), pp. 453-462 et (1931), pp. 178-206.

⁴ Bertalanffy (1932b), pp. 266-269.

découverte, par le biais de son collègue, des idées de Bertalanffy, le doute s'installa rapidement chez Needham¹. Nous avons vu au 2-3-4-4 que jusqu'en 1930, ses réticences avaient tenu à son assimilation des positions holistes de Haldane, Smuts, E. Russell et Lloyd Morgan à des formes de vitalisme métaphysique, scientifiquement stériles, et qu'il leur reprochait un concept d'organisation non opérationnel². Comprenant justement avec Woodger et Bertalanffy que la forme de holisme qu'ils défendaient se distinguait profondément de celles qu'il rejetait tout en persistant à considérer que la méthode scientifique est « essentiellement mathématique », il décela dans leurs travaux le potentiel inédit de réaliser une unification d'Aristote et de Platon, de la conception holistique de la forme organique et des lois mathématiques. Une synthèse dont il jugea toutefois très vite qu'elle nécessiterait une mathématique étendue capable de « mesurer » l'organisation et qu'elle devrait reposer sur le concept d'ordre hiérarchique : le problème de l'organisation se définissait en effet pour lui comme celui de l'intégration successive de structures des composés moléculaires aux biocénoses, et des connexions entre ces niveaux d'intégration³.

Waddington ne tarda pas à se joindre à Woodger et Needham. Il travaillait alors sur le phénomène d'« induction » embryonnaire et avait dès 1929 orienté ses travaux vers une clarification du concept de « champ morphogénétique » et la détermination de la nature de l'« organisateur ». Il fut rejoint par Needham au début des années 1930. Tous deux considéraient que comme ceux de D'Arcy Thompson, les travaux de Spemann, Gurwitsch et Weiss sur ces sujets avaient laissé sans réponse un problème fondamental : celui de lier la forme organique au niveau moléculaire, de déterminer la relation entre son évolution globale et les événements locaux sous-jacents. Leurs efforts conjoints se portèrent vers la démonstration de la nature chimique de l'« induction », sans pour autant s'intégrer à un cadre mécaniciste : leur approche fut holistique, avec un holisme compris toutefois non comme la négation du pouvoir de l'analyse physico-chimique du vivant, mais comme la compréhension du fait qu'il faut pour étudier l'organisme sélectionner des sous-systèmes pertinents, puis rechercher la manière dont ils interagissent et s'intègrent à un ordre global déterminé. Il s'agissait en définitive pour eux d'unifier biochimie, génétique, morphogenèse et phylogenèse dans un même cadre explicatif – l'idée directrice de Waddington étant l'équivalence des « organisateurs » et des gènes⁴.

C'est cette problématique qui les amena à voir dans la topologie un outil mathématique prometteur, dans une perspective déjà très proche de celle que René Thom (justement inspiré par Waddington et avec son soutien) explicita très bien quatre décennies plus tard :

Ce n'est pas faire preuve de vitalisme que de déclarer qu'un être vivant est une structure globale, c'est constater une évidence. Ce qui est inadmissible, en effet, et entaché de métaphysique vitaliste, c'est d'expliquer les phénomènes locaux par la structure globale ; le biologiste doit donc, au départ, postuler l'existence d'un déterminisme local pour rendre compte de tout micro-phénomène partiel intérieur à l'être vivant, et tenter par la suite d'intégrer tous ces déterminismes locaux en une structure globale cohérente et stable. De ce point de vue, *le problème fondamental de la Biologie est un problème de Topologie*, car la Topologie est précisément *la discipline mathématique qui permet le passage du local au global*⁵.

Pour Thom comme pour ses prédécesseurs, la topologie – plus précisément chez lui la topologie différentielle – rendait nulle et non avenue la tendance à réduire le qualitatif à du « quantitatif pauvre » (selon un mot fameux du physicien Ernest Rutherford) :

A la suite des progrès récents de la Topologie et de l'Analyse différentielles, l'accès à une pensée qualitative rigoureuse est désormais possible⁶.

Woodger fut en fait celui qui, en 1931, souligna le premier ces différents intérêts *a priori* de la topologie pour la science de la forme organique. Et ce thème joua un rôle important dans la formation et les projets du *Theoretical Biology Club*. L'idée de la constitution de ce dernier germa au printemps 1932 chez Woodger, Needham et Waddington. Ils convièrent rapidement d'autres scientifiques

¹ Haraway D.J. (1976), pp. 102-103 et pp. 130-131.

² Needham J. (1928a) et (1928b). Haraway D.J. (1976), p. 23 et pp. 37-38.

³ Needham J. (1932b).

⁴ Waddington C.H. (1940, 1947). Voir aussi Haraway D.J. (1976), p. 14, pp. 45-47, p. 101, pp. 117-118 et p. 140 ; et Dupont J.C. & Schmitt S. (2003), p. 241 et p. 306.

⁵ Thom R. (1972), p. 158. Les italiques me sont propres.

⁶ *op. cit.*, p. 20 et p. 22.

susceptibles d'être intéressés à les rejoindre, tels que le physico-mathématicien Lancelot L. Whyte, la mathématicienne Dorothy Wrinch et le cristallographe John D. Bernal. Dès les premières réunions du « club » fin 1932, le développement de modèles topologiques de l'embryogenèse fut, sous l'impulsion de Waddington, au cœur des débats. Il s'agissait explicitement d'approfondir la voie entre-ouverte par D'Arcy Thompson, dont l'apport à cet égard était avec raison jugé très modeste¹ – Thom n'ayant toutefois pas eu moins raison de souligner son mérite d'avoir eu l'idée qu'on puisse créer une « théorie purement géométrique de la morphogenèse indépendante du substrat des formes et de la nature des forces qui les créent », bien que ce fût de manière « trop naïvement géométrique » et dépourvue de justification mathématique qu'il chercha à en dessiner les contours². La difficulté de la tâche, le manque de compétence mathématique et l'absence d'une topologie adéquate, opposèrent toutefois des obstacles considérables à ces projets, qui n'aboutirent dans les années 1930 à aucun modèle mathématique à proprement parler. Waddington reconnut d'ailleurs en 1972 qu'il n'avait à l'époque pas même le niveau d'un mathématicien amateur et qu'il fut « complètement incapable de suivre ses propres prescriptions »³. De sorte que ces projets ne trouvèrent en fait un accomplissement qu'avec l'interprétation par Thom la même année de la notion de « champ morphogénétique » dans les termes de sa « théorie des catastrophes », une interprétation d'inspiration explicitement anti-méristique que le mathématicien qualifia de « vitalisme géométrique ». Thom, considérant avec horreur la conception « illusoire, cannibale et primitive » de la connaissance qui veut que « connaître une chose exige qu'on la réduise au préalable en pièces », attribuait à tout être vivant une « structure géométrico-algébrique » globale qui « régit les détails locaux comme l'entéléchie de Driesch » tout en étant néanmoins explicable en principe « uniquement à l'aide de déterminismes locaux, théoriquement réductibles à des mécanismes de nature physico-chimiques ». Il fut alors en mesure d'établir *a priori* certains résultats concernant la stabilité de cette structure, liés au nombre très restreint de types possibles de points « catastrophiques » (i.e. structurellement instables) dans les trajectoires des solutions d'un système dynamique dans l'espace des phases – dans la mesure où il s'agit d'un système à gradient⁴.

En dépit du relatif et provisoire échec relaté, cet épisode concernant le *Theoretical Biology Club* a l'intérêt de montrer que Woodger ne fut pas le seul à chercher dans des mathématiques « qualitatives » le moyen d'asseoir et de développer une biologie théorique d'inspiration holistique. Et que ce fut non l'élaboration d'une « biologistique », mais plutôt celui d'une « biotopologie » qui tendit à l'époque à être privilégié dans cette perspective. Ce qui n'empêcha pas Woodger de se consacrer exclusivement à la première voie dans le prolongement de ses réflexions sur le concept d'ordre hiérarchique, en dépit du fait qu'il avait lui-même vu l'intérêt que pouvait présenter la topologie pour la biologie. Ce choix mena rapidement à la fin de son importance au sein du « club » (où l'on doutait qu'il s'agisse d'une voie féconde), avant de le condamner progressivement à l'isolement académique⁵. Il est vrai que la voie de recherche dans laquelle il s'engagea l'amena à l'élaboration de ce qui représente peut-être l'œuvre la plus baroque de la littérature biologique, une œuvre qui mérite toutefois elle aussi d'être à plus d'un titre considérée ici.

2-4-6-4 – La « biologie axiomatique » de Woodger

C'est par l'intermédiaire de Popper que Woodger prit contact avec le logicien Alfred Tarski, qu'il rencontra en 1935. Et c'est avec l'aide active de Carnap et de Tarski qu'il élaborait puis publia en 1937 une « biologie axiomatique »⁶ menant à son terme le projet « biologistique » qu'il avait esquissé en 1930 et 1931 avec ses essais sur le concept d'ordre hiérarchique. Même si l'on ne peut manquer d'y

¹ Haraway D.J. (1976), p. 60 et pp. 131-133.

² Thom R. (1972), p. 24.

³ Waddington C.H., in Thom R. (1972), p. 7.

⁴ C'est-à-dire un système différentiel pouvant s'écrire : $\frac{d\vec{X}}{dt} = \overrightarrow{\text{grad}} V(\vec{X})$, où V est une fonction réelle du vecteur inconnu \vec{X} . La différence entre un point « structurellement stable » et un « point catastrophe » est la suivante : lorsqu'une trajectoire dans l'espace des phases passe par un point du premier type, cela correspond pour le système à un changement continu où le comportement reste toutefois qualitativement le même ; tandis que lorsqu'elle passe par un point du second type, cela correspond à un changement discontinu de comportement. Voir Thom R. (1972), notamment pp. 166-167 pour les commentaires cités ; voir aussi Fararo T.J. (1978) et Golubitsky M. (1978, 1979), ainsi que Petitot J. (1998), pp. 85-95 (*Dictionnaire des mathématiques*, Encyclopaedia Universalis).

⁵ Haraway D.J. (1976), p. 131 et Hofer V. (1996), p. 271.

⁶ Woodger J.H. (1937). Voir aussi Hofer V. (1996), pp. 241-246 et Varenne F. (2004), p. 105 et p. 113.

voir un héritage des efforts systématiques d'axiomatisation à l'œuvre dans les mathématiques (notamment sous l'impulsion de Hilbert) au début du siècle, ce traité manifeste d'abord chez Woodger un « tournant linguistique » marquant une pleine adhésion aux thèses logico-positivistes les plus radicales. Loin de la philosophie critique qui avait marqué ses *Biological Principles*, Woodger réduisait désormais entièrement le travail théorique à un travail « dirigé vers le langage ». Il considérait que la théorie s'élabore en deux temps : d'abord le remplacement de « conjonctions d'énoncés d'observation » par des « généralisations empiriques » ; puis la construction d'énoncés ayant des groupes de telles généralisations comme conséquences logiques. Une science se définirait dès lors comme « exacte » si son langage « atteint un degré de perfection tel que sa syntaxe est complètement connue » ; c'est-à-dire s'il est ce que Woodger appelait un « système axiomatique » (ou encore un « calcul »), défini comme un système de « signes » et d'« expressions construites à partir de ces signes en accord avec les règles syntaxiques du système ». Un tel langage devrait satisfaire aux conditions suivantes : (1) on peut formuler précisément les règles de construction de ses énoncés et (2) celles selon lesquelles un énoncé donné est considéré comme une conséquence d'un autre ; (3) tous les énoncés dans ce langage peuvent être dérivés des axiomes par l'application de ces règles. Le but de Woodger était de fournir à la biologie un tel « langage exact et parfaitement contrôlable », au moyen duquel la connaissance biologique pourrait être ordonnée¹.

Il faut souligner qu'il fut en premier lieu inspiré à cette fin par une remarquable anticipation par Kempe du concept d'isomorphisme au sens bertalanffien du terme² et surtout par des considérations de Weyl sur ce même concept en relation avec la théorie des modèles, où le physico-mathématicien avait en particulier défendu l'idée qu'un système axiomatique est une « forme vide » susceptible de servir de réceptacle pour des « sciences possibles », un modèle se comprenant dès lors comme une interprétation concrète particulière de cette forme³. Conformément à cette conception, Woodger visa l'élaboration d'un système axiomatique « in-interprété » tel que chaque théorie biologique particulière en soit un modèle particulier, c'est-à-dire tel que tous les symboles de ce système puissent être interprétables comme des concepts biologiques fondamentaux et que les propositions vraies y correspondent à des propositions ayant une signification et une validité empiriques dès lors que des constantes empiriques sont substituées aux variables logiques. Ce système axiomatique constituait pour lui le moyen de parvenir à accomplir parfaitement la mission de la biologie théorique telle qu'il la comprenait – « incarner abstraitement » la « forme du fait biologique ». Afin de construire le « calcul biologique » requis, Woodger utilisa le formalisme des *Principia Mathematica*. Cette utilisation était d'autant plus adaptée à son projet que la « théorie des types » de B. Russell (élaborée en réponse aux paradoxes de la théorie des ensembles) semblait fournir les moyens logiques rigoureux pour penser les hiérarchies d'objets, les « ensembles d'ensembles ». Pour Woodger, la vocation de ce travail d'axiomatisation était non seulement de mettre un terme aux « controverses stériles » en biologie, mais aussi de « guider la recherche expérimentale dans des directions profitables » encore inexplorées, voire éventuellement de « révéler des conséquences inattendues ». Il ne prétendait certes qu'illustrer l'application de la « méthode axiomatique » à la biologie, plus précisément à l'embryologie, à la génétique et à la taxonomie. Mais ce qu'il qualifia d'« esquisse » n'en répondait pas moins à un objectif ambitieux : être « un premier pas vers un effort social organisé pour créer un corps de théorie biologique systématique »⁴.

Woodger nomma « (*P, T, org, U, cell, m, f, wh, Env, genet*) » son système axiomatique⁵. *P* désignait la relation transitive et réflexive « être partie de » (au sens spatial ou temporel). *T* désignait la relation transitive et antisymétrique de précession dans le temps. *org* désignait la classe des unités organisées (cellules, organismes) considérées dans leur extension temporelle. Woodger appelait « tranche » une partie d'une telle unité à un instant donné. *U* désignait une relation intransitive et antisymétrique entre « membres » d'*org* : xUy signifiait que *y* est l'un des produits de division de *x* ou de sa fusion avec d'autres « membres » d'*org*. *cell* et *wh* désignaient les classes des cellules et des

¹ Woodger J.H. (1937), pp. 1-2.

² Kempe A.B., in Woodger J.H. (1937), p. 1 : « Deux systèmes qui sont de même forme ont précisément les mêmes propriétés, bien que les vêtements dont ils sont diversement habillés puissent nous conduire à les ranger dans des catégories très différentes, et même à les considérer comme appartenant à différentes branches de la science ».

³ Weyl H. (1927, 1949, 1963), p. 25. Woodger ne cita pas Weyl, mais s'y référa dans son premier chapitre, en bibliographie (p. 17).

⁴ Woodger J.H. (1937), pp. vii-ix et pp. 5-15.

⁵ Woodger J.H., *op. cit.*, pp. 53-64 et pp. 92-99.

organismes comme tous qui sont temporellement étendus et possèdent une première et une dernière « tranche ». m et f désignaient les classes de gamètes mâle et femelle. $Env\ x$ désignait l'environnement de x , i.e. la classe de tous les lieux de l'espace dans la première « tranche » de x à partir desquels un signal physique peut atteindre la dernière « tranche » de x . Enfin, $genet$ désignait la classe des propriétés génétiques – c'était une classe de classes. Ce n'étaient là que les classes et relations de base de ce système : Woodger en définit d'autres, afin de pouvoir montrer la capacité de son approche à rendre compte de faits non triviaux. Le principe de construction de son système axiomatique fut ainsi de définir des classes d'individus et des relations formelles entre eux, en leur imposant des contraintes auxquelles un sens biologique pouvait être attribué. Une fois définies ces classes et relations, le travail consistait à appliquer sur la base d'axiomes le calcul des relations aux variables logiques et à démontrer de manière purement formelle et *a priori* des « théorèmes » non triviaux ayant une signification biologique. Woodger parvint de la sorte à axiomatiser assez bien la génétique mendélienne. Son travail se révéla néanmoins objectivement stérile, dans la mesure où il construisit son système à partir des connaissances en vigueur au gré de ses besoins et où il ne parvint guère ainsi qu'à retrouver dans leur aspect qualitatif des résultats déjà établis et bien connus. Un fragment de son livre laisse entrevoir l'allure de cette entreprise d'axiomatisation¹ :

- 5.4.1 $\mathbf{Dup} =_{\text{Df}} (\mathbf{Dv} \upharpoonright \mathbf{cp})_* \cup (\check{\mathbf{D}}\mathbf{v} \upharpoonright \mathbf{cp})_*$
- 5.4.2 $\mathbf{A} =_{\text{Df}} \hat{\alpha} \{ (\mathbb{E}R, S, Q, x) : RCcQ . SCcQ . R \neq S .$
 $u \in C^4 R . v \in C^4 S . x \in C^4 Q - \mathbf{g} - \mathbf{D}''\mathbf{g} . u, v \in \overrightarrow{\mathbf{Div}}'x : .$
 $(y) : y \in \mathbf{g} . y \check{\mathbf{D}}_{po} \cup \mathbf{F} | \mathbf{D}_* x . \supset . (\mathbb{E}w) . w \mathbf{Ext}dy .$
 $w \mathbf{Dup}u \wedge w \mathbf{Dup}v \}$
- 5.4.3 $\mathbf{A} \in \text{sym} \cap \text{irr}$
- 5.4.4 $\mathbf{A} \in 1 \rightarrow 1$ Axiom
- 5.4.5 $\mathbf{Apr} =_{\text{Df}} \hat{\lambda} \hat{\alpha} [x \in \text{cell} . \lambda = \hat{\alpha} \{ (\mathbb{E}u, v) . \alpha = [u, v] .$
 $u \mathbf{Av} . u, v \in \overrightarrow{\mathbf{Cp}}'x \}$
- 5.4.6 $\mathbf{Dc} =_{\text{Df}} \hat{\alpha} \hat{\alpha} \{ x \in \text{cell} . \alpha = \hat{y} (y \mathbf{Cp}x : \sim (\mathbb{E}R) .$
 $R \in \mathbf{D}'\mathbf{Cc} . y \in C^4 R) \}$
- 5.4.7 $(x) : x \in \text{zyg} . \supset . \mathbf{E}! \mathbf{Apr}'x . \mathbf{E}! \mathbf{Dc}'x$ Axiom
- 5.4.8 $\mathbf{K} =_{\text{Df}} \hat{\alpha} \hat{\beta} \{ (\mathbb{E}u, v, x, y, R, S) . \alpha = [u, v] . \beta = [x, y] .$
 $R, S \in \mathbf{cpdend} . u, x \in C^4 R . v, y \in C^4 S . u \mathbf{Av} . x \mathbf{Ay} \}$
- 5.4.9 $\mathbf{K} \in \text{sym} \cap \text{trans}$

Un moment particulier de sa « biologie axiomatique » doit être mentionné ici. Je renvoie pour les détails à la récente étude qu'en a fait Franck Varenne². Pour l'approche de l'embryogenèse et de la morphologie, Woodger fut à un certain stade de construction de son système confronté à la difficulté qu'il n'était pas encore en mesure de définir la relation « être de plus grande complexité structurale que » ; donc que ce système ne pouvait pas rendre compte de ce phénomène fondamental de l'évolution organique que Woltereck et Bertalanffy qualifièrent par la suite d'« anamorphose »³. Woodger introduisit en conséquence la relation en question et la combina avec celle de précession temporelle de manière à définir un domaine de « tranches embryonnaires » temporellement ordonnées qui correspondent aux étapes du développement organique. Et il parvint sur cette base à élaborer une réfutation *de principe* du « vieux dogme » auquel des vitalistes comme Driesch étaient attachés, à savoir qu'« au cours de son évolution, le degré de multiplicité d'un système ne peut s'accroître de lui-même ». Il montra en effet la possibilité *en principe* de représenter cet accroissement en n'utilisant que des considérations logiques sur les relations entre cellules et entre composants cellulaires. Le vitalisme métaphysique lui apparut dès lors comme réfuté parce que totalement superflu : il se révélait de la sorte que rien d'autre n'a besoin d'être supposé pour expliquer le vivant que des relations logiques entre classes d'individus ; en vertu de quoi la logistique se retrouvait élevée au rang de moyen non mécaniciste de réfuter le vitalisme.

L'abstraction extrême et le caractère ésotérique de son formalisme, son incapacité à générer des hypothèses et des connaissances biologiques nouvelles, et tout simplement aussi son caractère

¹ Extrait de Woodger J.H., *op. cit.*, p. 95.

² Varenne F. (2004), pp. 115-120. Les passages correspondants dans Woodger J.H. (1937) se trouvent pp. 121-138.

³ Bertalanffy L. von (1949e), p. 109. Rappelons que ce terme fut appliqué par Woltereck et Bertalanffy dans un sens général englobant l'évolution phylogénétique et l'ontogénèse, en référence à un processus d'accroissement de degré de différenciation et de complexité.

essentiellement qualitatif auquel bien peu de ses collègues étaient prompts à accorder une grande valeur, firent que la « biologie axiomatique » de Woodger se heurta à une large indifférence et ne suscita à son époque aucune vocation. Même des néo-positivistes tels que Neurath, pourtant durablement disposés à le soutenir, finirent comme l'avait d'emblée fait Franck par juger Woodger trop éloigné des réalités empiriques et enfermé dans son système de pensée, voire suspect de travestir une métaphysique vitaliste au moyen de la logistique – de là vint que Mainx commença alors à se substituer à lui dans le mouvement néo-positiviste pour ce qui concerne les questions biologiques¹. Ceci ne signifie toutefois pas que ses travaux restèrent sans lendemain : Gerd Sommerhof dans sa « biologie analytique » (1950) et John R. Gregg dans son étude du « langage de la taxonomie » (1954) s'en inspirèrent très largement ; il en fut de même d'Aristid Lindenmayer dans les années 1960 et, comme l'a montré Varenne, un regain d'intérêt pour la « biologie axiomatique » de Woodger fut aussi suscité dans les dernières décennies par l'irruption de l'ordinateur dans les pratiques de modélisation².

2-4-6-5 – Les enseignements tirés par Bertalanffy des ébauches de « mathématiques de la forme » organique

Le plus important ici est que cette tentative « biologistique » de Woodger, aussi bien que les interrogations du *Theoretical Biology Club* quant à la pertinence de la topologie pour la biologie, apparaissent en définitive comme des aboutissements de la même logique que celle évoquée à propos des travaux et débats autour de l'analyse intégró-différentielle. On y voit en effet comment diverses philosophies biologiques holistiques furent amenées à chercher dans des mathématiques « au sens large » tout aussi diverses un pouvoir opératoire et les moyens de leur légitimité scientifique, cette recherche ne se limitant pas à servir ces philosophies, mais contribuant par nature au développement de la biologie mathématique. Ne serait-ce que par les leçons pouvant être tirées des échecs provisoires des entreprises correspondantes, mais plus positivement aussi en suscitant l'élaboration – ou tout au moins l'adaptation aux problématiques biologiques – de mathématiques adéquates. À la fois témoin et, dans une certaine mesure (par ses correspondances et les références à ses travaux) acteur de l'épisode considéré dans cette section, Bertalanffy commença dès 1932 à en tirer des enseignements tout aussi décisifs pour ses positions vis-à-vis des rapports entre biologie « organismique » et mathématiques que ceux qu'il tira des travaux de D'Arcy Thompson, Lotka, Rashevsky, Volterra et Donnan. À savoir que l'argument du caractère essentiellement qualitatif de maints problèmes biologiques fondamentaux, du fait qu'ils « mettent en jeu des relations d'ordre et de situation »³, ne pouvait pas plus légitimement être en principe opposé aux entreprises de mathématisation que l'argument selon lequel les mathématiques seraient essentiellement des outils d'analyse méristique inaptés à saisir les traits holistiques du vivant :

[Outre le problème du traitement des véritables totalités], une seconde difficulté du traitement mathématique des problèmes biologiques est qu'il ne s'agit pas tant pour certains problèmes biologiques importants de problèmes quantitatifs, mais de problèmes de forme, d'état systémique. Néanmoins, cela ne signifie en aucun cas un obstacle à la mathématisation de la biologie, car la mathématique n'est en aucun cas une science seulement quantitative comme on l'admet fréquemment : il y a au contraire en elle des domaines non quantitatifs tels que la topologie et la logique mathématique (ou logistique) qui s'occupent de pures questions d'ordre et dont il est tout-à-fait possible que le développement devienne important pour les systèmes d'ordre biologiques⁴.

Douze ans plus tard, dans son essai le plus célèbre publié en 1949, Bertalanffy s'associa explicitement aux trois membres fondateurs du *Theoretical Biology Club* à ce sujet, après avoir mentionné D'Arcy Thompson comme un précurseur. Et il le fit d'une manière telle que se trouve simultanément explicitée la connexion de ces considérations avec son projet de « systémiologie générale » :

Telles que je les vois, [la hiérarchie de l'organisme et la morphogenèse] sont des questions en partie contiguës à la topologie et à la géométrie de position, c'est-à-dire qu'elles concernent des problèmes quant à la manière dont des relations au sein de variétés doivent être exprimées. Il semble s'agir en

¹ Hofer V. (1996), pp. 271-275 et Varenne F. (2004), p. 120.

² Ungerer E. (1966), p. 51 et Varenne F. (2004), surtout pp. 316-321.

³ Bertalanffy L. von (1949e), p. 149.

⁴ Bertalanffy L. von (1937b), p. 18 et p. 185 (pour la référence en note à la topologie et la logistique).

partie de problèmes ayant trait à la théorie des groupes, dans la mesure où se pose la question des invariances par transformation de systèmes d'équations. On peut aussi songer aux développements de la logique mathématique, telle qu'elle a été mise à contribution par Woodger pour la définition de concepts biologiques. Enfin, une systémologie générale [*allgemeine Systemtheorie*] aura une contribution importante à faire à ces développements. Ces problématiques ont en commun d'être de nature non quantitative et de concerner des relations d'ordre et de situation [...] Est mathématique au sens large tout système d'ordre déductif et nous venons de laisser entendre qu'existent des approches d'une mathématique « non quantitative ». C'est en ce sens que la possibilité fut considérée par plusieurs auteurs (moi-même, Woodger et Bavink), auxquels d'autres tels que Needham et Waddington se sont associés, que le développement d'une mathématique non quantitative, ou « mathématique de la forme » [*Gestaltmathematik*], puisse être significative pour la biologie. Il s'agirait, comme Bavink l'a exprimé, d'une mathématique dans laquelle le concept de forme ou d'ordre jouerait le rôle primordial, et non celui de grandeur comme c'est le cas dans la mathématique usuelle, si merveilleusement adaptée à la physique¹.

Cet impact spécifique des biologistes anglais considérés ne doit toutefois être vu que comme un moment particulier de l'impact beaucoup plus général et profond sur les idées de Bertalanffy de l'ensemble des contributions au développement de la biologie mathématique examinées dans ce chapitre, dont il s'agit maintenant de faire le bilan.

2-4-7 – *Les médiations mutuelles fécondes entre biologie scientifique, pensées holistiques et mathématiques, et leur impact sur les idées de Bertalanffy*

La compréhension de cet impact passe à mon sens par celle des médiations mutuelles (ou logiques d'interaction) entre biologie scientifique, modes holistiques de pensée et mathématiques que les travaux considérés dans ce chapitre donnaient d'une manière générale à voir à Bertalanffy, à l'encontre des traditions de pensée très prégnantes tendant, comme je l'ai dit au 2-4-1-2, à faire *a priori* de leurs associations des paires d'oxymores. Il s'agit donc en premier lieu de dégager la logique de ces médiations, puis de considérer la manière dont elles affectèrent spécifiquement la compréhension que Bertalanffy eut de son programme « organismique » et la genèse de son projet « systémologique » général.

2-4-7-1 – *Logique et fécondité des médiations mutuelles entre biologie scientifique, pensées holistiques et mathématiques*

La plus évidente médiation est celle que les mathématiques jouèrent entre biologie scientifique et modes holistiques de pensée : nous avons vu de manière caractéristique chez D'Arcy Thompson, Lotka, Donnan et Woodger comment elles furent érigées en instruments de dissociation du holisme et du vitalisme métaphysique et permirent en conséquence au premier d'une part de se construire une respectabilité scientifique et d'autre part d'acquérir des outils pour devenir opérationnel, ou au moins pouvoir prétendre d'être en mesure de le faire.

Il est clair aussi dans tous les travaux considérés à l'exception de ceux de Rashevsky et Volterra que la biologie scientifique y joua le rôle de champ médiateur entre holismes et pensée « exacte ». D'une part, c'est en effet au contact de problèmes biologiques que les premiers purent vraiment sortir de leur confinement à la métaphysique et aux philosophies de la nature ; la biologie mathématique leur permit d'entamer une mutation en direction d'une pensée systémique « exacte » dont Lotka fait figure d'instigateur, qui se vouait résolument à faire un usage constituant et méthodologique des mathématiques. D'autre part, c'est par là-même dans le domaine de la biologie que de nouveaux champs de recherche mathématique devinrent susceptibles d'être sinon ouverts, tout au moins développés afin de contribuer à leur tour au développement de la « science exacte des systèmes » qui émergeait ainsi.

Bien que les travaux de Volterra et du premier Rashevsky suffisent à montrer que les modes holistiques de pensée ne furent pas les seuls à nourrir l'émergence de la biologie mathématique, il apparaît enfin qu'ils contribuèrent malgré tout très significativement à cette émergence en jouant un

¹ Bertalanffy L. von (1949e), pp. 149-150.

rôle médiateur entre biologie scientifique et mathématiques. Cette contribution se décline en quatre modalités. Au travers des travaux de D'Arcy Thompson, Prizibram, Lotka et du *Theoretical Biology Club* apparaît d'abord que des modes holistiques de pensée soumièrent à la biologie mathématique alors naissante des problématiques originales souvent jugées hors de portée de la science dans le contexte contemporain, lui fournissant ainsi l'occasion de démontrer sa pertinence. Une seconde contribution de ces modes de pensée est d'avoir suscité, par la nature même des problématiques qu'ils définissaient, une dissociation des approches mathématiques et physicalistes de la biologie, qui se retrouve aussi pour d'autres raisons dans l'approche « semi-phénoménologique » de Rashevsky. Déjà limitée à un simple rapport analogique chez D'Arcy Thompson, Prizibram et Lotka, cette dissociation devint radicale chez Woodger : la biologie se révélait pouvoir accéder directement à la mathématisation en « court-circuitant » les sciences physico-chimiques – une évolution dont Ullmo souligna beaucoup plus tard l'importance, sans toutefois que ce physicien structuraliste ne l'ait mise en rapport avec le holisme ni mentionné sa précocité :

L'autonomie des sciences de la nature animée vis-à-vis de leur substrat physique se manifeste déjà curieusement par le fait qu'elles commencent à poser directement leurs problèmes aux mathématiciens, sans passer par l'intermédiaire de la physique¹.

Cette contribution importante du holisme à la biologie mathématique alla de pair avec une troisième dont Donnan et le *Theoretical Biology Club* sont particulièrement représentatifs : le fait qu'il ait par là-même suscité la recherche d'outils mathématiques originaux et appropriés aux problèmes de la vie, avec la conscience aiguë du fait que ces outils n'étaient pas nécessairement ceux mis en œuvre par la physique et qu'ils restaient peut-être même à créer. Enfin, et justement parce qu'ils furent ainsi associés à la démonstration de la possibilité d'approches mathématiques respectant la spécificité des questions biologiques, les modes holistiques de pensée tendirent à jouer un rôle de facteur de réconciliation de certains biologistes avec les mathématiques ; une réconciliation qui, bien que restreinte à certains cercles, permit en particulier à la biologie mathématique de ne pas s'enfermer dans la production de modèles mathématiques dont la pertinence biologique restait douteuse – reproche que nous avons vu souvent adressé à Rashevsky.

2-4-7-2 – *L'impact de la biologie mathématique sur le programme « organismique » de Bertalanffy et sur la genèse de son projet « systémologique » général*

Toutes ces médiations ou logiques d'interaction jouèrent un rôle plus ou moins explicite mais effectif dans les réflexions de Bertalanffy au cours de la période décisive qui s'étend de la fin 1932 à la fin 1937. Le reste de cette seconde partie et le début de la troisième permettront en fait de montrer que la manière dont Bertalanffy actualisa son programme « organismique » et la formulation de son projet de « systémologie générale » furent l'exemplification la plus complète de ces logiques d'interaction.

C'est dans l'essai charnière publié en 1937, *Das Gefüge des Lebens*, que se manifeste au mieux la distance parcourue par Bertalanffy depuis la formulation initiale de son programme « organismique » en 1932. Le second volume de sa *Theoretische Biologie*, rédigé en 1940, fournit quelques éclairages supplémentaires auxquels il est utile aussi de se référer ici pour pointer les aspects les plus importants de l'impact des épisodes de l'histoire de la biologie mathématique considérés dans ce chapitre sur l'évolution de ses idées.

Le premier aspect marquant de cette évolution, qui porte surtout l'empreinte de Lotka, Volterra, Woodger et peut-être plus encore celle de Rashevsky, est la pleine prise de conscience par Bertalanffy de l'intérêt et même de la nécessité des mathématiques pour appréhender dans une perspective « galiléenne » les objets biologiques dans toute leur complexité, à l'encontre parfait de la vision alors dominante parmi les biologistes tirant justement argument de cette complexité pour s'opposer à toute entreprise de mathématisation. Il ne s'agissait pas pour le Viennois de nier la nécessité des approches jusqu'alors utilisées en biologie, mais d'y reconnaître la légitimité et l'importance de l'approche mathématique. Il récusait désormais radicalement les motifs de la défiance générale des biologistes à l'encontre de celle-ci, qu'il avait pourtant lui-même largement partagée jusqu'en 1929 puis encore – certes dans une mesure déjà moindre – jusqu'en 1932 :

¹ Ullmo J. (1969), p. 18.

On est en général peu disposé en biologie à admettre qu'un traitement mathématique des problèmes puisse être d'une grande utilité [...] Le biologiste se voit confronté à un événement d'une complexité immense ; vouloir la capturer dans le schéma abstrait de la formule mathématique lui apparaît comme une entreprise sans espoir de succès. Les problèmes fondamentaux de l'organique semblent au premier abord n'être en aucun cas accessible à un traitement mathématique [...] Mais les difficultés ne doivent aucunement nous dissuader *a priori*, du moment que l'on procède à partir d'une approche théorique correcte [...] *Le problème du traitement mathématique des événements biologiques ne tient pas tant à ce qu'ils soient en eux-mêmes trop compliqués pour pouvoir être traités mathématiquement, mais bien plutôt au fait que l'on doive les appréhender au moyen d'abstractions adéquates* et progresser du plus simple vers le plus compliqué¹.

Des abstractions utiles sont l'alpha et l'omega de la science. Même l'événement physique n'est pas si simple que les concepts fondamentaux [de la physique] se réalisent en réalité dans toute leur pureté ; « il n'existe » aucun gaz idéal ni aucun corps absolument rigide, mais cela n'a en rien empêché le développement de la machine à vapeur ni la construction de ponts. Il en va de même pour les schématisations en biologie [...] Il ne faut d'ailleurs pas oublier que même les concepts de la zoologie et de la botanique les plus conservatrices portent le caractère de schématisations conceptuelles [...] *La méfiance* que l'on peut fréquemment constater en biologie à l'encontre des procédés exacts *est moins logiquement que psychologiquement motivée*².

Mais si Bertalanffy en vint à être si bien disposé à l'égard de la biologie mathématique, c'est avant tout parce qu'il réalisa la compatibilité de la mathématisation et de son programme « organismique ». C'est justement en 1937 aussi qu'il insista, nous l'avons vu, sur l'existence d'outils mathématiques adéquats pour « le traitement de véritables totalités » et des problèmes qualitatifs d'« ordre », de « forme » ou encore d'« état systémique », constatant alors que les mathématiques ne sont « pas essentiellement analytiques » ni nécessairement quantitatives³. L'existence de telles mathématiques ne fut pas, loin s'en faut, la seule à jouer en faveur de cette prise de conscience. D'abord parce que des travaux tels que ceux de Lotka, Volterra et Rashevsky lui révélèrent aussi en parallèle que des mathématiques très classiques (le calcul différentiel et intégral) pouvaient être mises au service du programme « organismique », pourvu qu'on les fasse opérer sur des « abstractions adéquates » conformes à la perspective systémique sur laquelle il était fondé. Le fait est d'ailleurs que la prise de conscience de Bertalanffy tint largement aussi au fait qu'il put prendre acte, principalement par l'intermédiaire de Lotka et Rashevsky pour le premier, et de Woodger pour le second, de la possibilité de mises en œuvre de ses deux « principes organismiques » du « système ouvert en équilibre de flux » et de l'« ordre hiérarchique » à des fins biomathématiques ou « biologistiques » crédibles. Enfin, le constat de la possibilité effective d'une dissociation féconde des approches mathématiques et physicalistes de la biologie, dont il a été question plus haut, fut manifestement très important aussi, compte tenu de son objectif de construire une biologie théorique autonome :

Il faut souligner le fait que la « mathématisation » ne doit en aucune manière s'identifier à une « réduction aux lois de la physique et de la chimie contemporaines » [...] La mathématique est en soi un outil absolument universel pour formuler des relations nomothétiques, lesquelles ne sont nullement tenues d'être physico-chimiques⁴.

Contribua en particulier certainement à ses réflexions à cet égard le fait que Prizbram comme Lotka aient proclamé que la mathématisation peut et même doit en biologie procéder selon la voie d'une « statistique d'ordre supérieur », le second ayant concrètement montré comment cette voie conduisait effectivement, en conformité parfaite avec le programme « organismique », à la formulation de « lois systémiques exactes ».

C'est en ayant intégré tous ces éléments que Bertalanffy en vint selon ses propres termes à « prendre complètement au sérieux le terme 'exact' »⁵ qu'il avait utilisé en 1932 afin de définir la vocation théorique de ce programme. La tâche fixée à la biologie théorique « organismique » se trouvait donc désormais explicitement posée comme étant la formulation *mathématique* des « lois des

¹ Bertalanffy L. von (1937b), p. 15. Les italiques me sont propres.

² Bertalanffy L. von (1942), pp. V-VI. Les italiques me sont propres.

³ Bertalanffy L. von (1937b), p. 18.

⁴ *op. cit.* Voir aussi Bertalanffy L. von (1942), p. VIII.

⁵ Telle est l'expression significative qu'il utilisa dans (1942), p. IV.

systèmes biologiques », ce qui revenait en définitive, compte tenu de la définition qu'il en avait donnée en 1932, à la redéfinir comme la *théorie mathématique des systèmes biologiques* :

Le but de la biologie théorique est la détermination de lois des processus de la vie. Il est clair qu'il ne sera complètement atteint que lorsqu'on parviendra à formuler ces lois mathématiquement [...] Pour la biologie en tant que science nomothétique, la forme mathématique sera l'idéal à atteindre¹.

Un point implicite de la position de Bertalanffy, dont l'origine semble pouvoir être tracée chez Przigram, est que sa manière spécifique de définir l'objet de la biologie théorique le conduisait de la sorte *ispo facto* à poser la perspective systémique comme le cadre privilégié de construction d'une biologie mathématique, en tant que condition de son adéquation à ce qu'il jugeait être les problèmes proprement biologiques (ceux de l'ordre des événements biologiques et de leur reproduction).

Significative de la fermeté de l'engagement de Bertalanffy dans la promotion du développement de la biologie mathématique ainsi comprise fut sa décision, semble-t-il prise en 1938, de diriger l'édition d'une série de monographies destinées à cette fin. Le titre de cette série, *Abhandlungen zur exakten Biologie* [« Traités de biologie exacte »], ne devait rien au hasard : Bertalanffy entendait prolonger la collection de monographies qu'avait dirigée Schaxel jusqu'à l'orée des années 1930, interrompue depuis lors (ne serait-ce que par l'émigration de Schaxel en U.R.S.S. à la suite de son éviction par les nazis en 1933). Un prolongement qui n'avait toutefois rien d'une continuité. Ainsi écrivit-il en préambule de cette série :

Si la nouvelle série prolonge dans ses apparences les *Abhandlungen zur theoretischen Biologie*, sa problématique est toutefois essentiellement modifiée. Les traités [« *Abhandlungen* »] mentionnés se vouaient surtout à la clarification des problèmes fondamentaux de la biologie [...] La présente série ici inaugurée se fixe un nouvel objectif : elle veut former un point de rassemblement pour les recherches qui servent à la compréhension des lois générales des phénomènes de la vie. Une attention particulière devant y être portée aux problématiques et modes de recherche quantitatifs, qui démontrent de nos jours leur fécondité dans tous les domaines de la biologie².

Malheureusement pour Bertalanffy et sans doute aussi pour la promotion de la biologie mathématique dans le monde germanophone durant la guerre, le premier traité édité par Bertalanffy (en 1939) fut aussi le dernier, certainement en raison des contingences historiques : il s'agit de la publication en allemand de l'essai sur le « combat pour l'existence » d'Umberto D'Ancona, qui consistait principalement en une synthèse des travaux réalisés sur les systèmes biocénétiques par son beau-père (Volterra), Lotka et Kostitzin³.

Aux divers impacts du développement de la biologie mathématique sur Bertalanffy spécifiquement relatifs à sa philosophie biologique, auxquels on peut ajouter celui de la démonstration par Rashevsky de la possibilité effective d'étendre les entreprises de mathématisation aux organismes *individuels* (et non, comme le voulaient des biologistes comme Wilson, de les restreindre drastiquement aux associations biologiques), s'ajoutèrent les impacts relatifs à l'élaboration de son projet « systémologique » général. C'est particulièrement dans ce contexte que se marque le rôle de laboratoire joué par la biologie théorique pour ce projet. Eut certainement à cet égard un impact considérable sur Bertalanffy l'idée que l'on puisse étudier des systèmes abstraits de relations et se servir de telles études comme de guides théoriques permettant d'une manière générale de rationaliser la recherche dans les domaines où l'approche méristique des problèmes se heurte à leur « insondable complication » et surtout, plus spécifiquement, d'y construire *a priori* tantôt des typologies qualitatives de « systèmes concrets » (c'est-à-dire des « explications de principes » mathématiques définissant des « spectres de possibilités » quant à leur comportement), tantôt des modèles mathématiques de tels systèmes immédiatement opérationnels et pouvant être mis à l'épreuve du test empirique – Lotka et dans une moindre mesure Rashevsky étant bien sûr au premier chef concernés ici. Il en va très probablement de même de l'usage méthodologique d'analogies mathématiques tel qu'en fit Lotka pour la construction de modèle mathématique fondée sur une « identité de types » systémiques entre un système « concret » à l'étude et soit un autre déjà étudié, soit un système

¹ Bertalanffy L. von (1937b), pp. 15-16.

² Bertalanffy L. von, in D'Ancona U. (1939), p. III.

³ Sauf erreur de ma part, il est même remarquable que cet essai de D'Ancona fut édité d'abord en allemand par Bertalanffy avant de l'être en italien (langue maternelle de son auteur) en 1942 sous le titre : *La lotta per l'esistenza*.

hypothétique servant de construction auxiliaire (de « modèle au sens étroit » au sens de Bertalanffy) à cette fin. Un usage que nous allons quoiqu'il en soit retrouver pour ainsi dire à l'identique chez le Viennois dans l'élaboration de sa théorie de la croissance organique, comme dans celle de sa théorie des systèmes ouverts. Il en va de même (et ici, avec certitude) de l'exploitation heuristique et constructive d'isomorphismes tel qu'en fit Volterra, que ce soit pour la construction mathématique de concepts ou pour celle de relations nomothétiques. Et c'est finalement un accomplissement effectif de la vocation unificatrice des mathématiques que tous ces travaux donnèrent à voir à Bertalanffy, laissant poindre cette idée de morphologie générale « exacte » que D'Arcy Thompson et Przigram avaient eue en ligne de mire, en lui conférant une crédibilité que n'avait pas encore la *Gestalttheorie* de Köhler en dépit du progrès qu'elle avait réalisé dans sa direction. Bertalanffy ne tardant pas à penser, nous l'avons vu, qu'une telle morphologie pourrait substituer à la théorie purement métaphysique des catégories de N. Hartmann un système de correspondances systémiques à caractère mathématique ou logico-mathématique accomplissant certes la même fonction, mais sous une forme opérationnelle susceptible d'être aussi scientifiquement que philosophiquement et même idéologiquement féconde : unifier dans la diversité, sans réduire ni disséquer.

2-5 – De la théorie de la croissance organique à la « morphologie dynamique » : la mise en œuvre du programme « organismique »

Tous les développements de la biologie mathématique contemporaine qui viennent d'être considérés ne suffisent pas à eux seuls, malgré l'importance et la diversité de leur impact sur Bertalanffy, à rendre compte de l'évolution de ses idées et donc au premier chef de la genèse de son projet de « systémologie générale ». La pensée du Viennois avait elle-même en partie ce caractère « monadologique », ce trait « organismique » dont elle investissait les « systèmes organisés » : elle avait une logique propre de développement, vouée à s'accomplir indépendamment ou en dépit des influences externes. On peut poursuivre l'analogie en disant qu'elle a fonctionné comme un système ouvert qui, s'organisant sur la base de son « métabolisme » avec son environnement culturel en général et scientifique en particulier, soumettait en s'en nourrissant tous les imports concernés à un schème organisateur de pensée dont les éléments et la structure furent rapidement bien établis et pour l'essentiel intangibles.

Bertalanffy avait certes entre 1930 et 1932 structuré sa perspective « organismique » autour de schèmes scientifiques et philosophiques d'interprétation, lui permettant ainsi d'accoucher d'un programme « organismique » cohérent visant la constitution d'une biologie théorique « exacte » dont la mission était de formuler les *lois des systèmes* biologiques et de fournir une unité systématique aux multiples domaines des sciences de la vie. Mais, et ce d'autant plus si l'on prend en compte non seulement sa tentation très tôt perceptible d'étendre la portée de ses concepts et « principes » hors du domaine strictement biologique mais aussi – ce qui va largement de pair – la mission culturelle et idéologique que Bertalanffy assignait à cette biologie théorique, il ne pouvait naturellement pas s'arrêter à ce programme à maints égards inédit : il lui fallait le mettre en œuvre pour construire sa légitimité scientifique en montrant sa pertinence et sa fécondité, sans quoi il ne pouvait disposer du socle nécessaire à l'accomplissement du projet plus vaste dont sa biologie « organismique » n'était que le fer de lance. Ce qui signifiait logiquement qu'il se devait de montrer concrètement la capacité de son programme à être actualisé de telle sorte d'une part que des « lois systémiques exactes » puissent *effectivement* être formulées dans son cadre et d'autre part que des connexions entre domaines biologiques jusqu'alors séparés puissent *effectivement* advenir en vertu de cette mise en œuvre. Bertalanffy ne pouvait donc pas se borner à constater ses plus ou moins profondes convergences avec les divers développements contemporains de la biologie mathématique : s'il lui était possible – ce qu'il ne se priva pas de faire – de tirer argument de ces convergences au profit de la justification de ses propres projets, elles n'étaient en aucun cas suffisantes dans la mesure où aucun des travaux concernés n'était issu de son programme et ne s'y conformait strictement. C'est en s'efforçant de construire une théorie « organismique » *et* mathématique des phénomènes de croissance organique animale, puis de prolonger cette théorie par l'élaboration de ce qu'il appela une « morphologie dynamique » intégrant une grande multiplicité de problématiques biologiques jusqu'alors largement séparées, que le Viennois, dès qu'il eut publié son programme fin 1932, travailla à son indispensable actualisation.

Celle-ci n'était de surcroît pas seulement nécessaire d'un strict point de vue philosophique et scientifique : elle l'était aussi en vertu de raisons d'un tout autre ordre qui lui conféraient même une certaine urgence. C'est en effet début 1933 que la bourse de recherche que lui avait alloué entre 1930 et 1932 la *Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft* lui fut supprimée, et il se déroula encore plus d'un an avant qu'il obtienne son habilitation au très modeste poste de *Privatdozent* (le 9 mai 1934). Une charge d'enseignement qui ne lui assurait objectivement qu'une piètre situation académique. Il y a donc fort à parier que Bertalanffy, dont le comportement au cours des années qui suivirent a déjà été discuté et montre bien qu'il n'entendait déjà aucunement se contenter d'un poste si peu rémunérateur et surtout si peu conforme à l'idée qu'il se faisait de sa valeur, jugea d'autant plus nécessaire de mettre rapidement en œuvre son programme afin d'obtenir des résultats concrets et d'accroître ainsi ses chances d'obtenir dans un délai assez court une position académique plus satisfaisante.

L'une des conséquences importantes de ces nécessités d'ordres divers fut sa conception de la voie de mathématisation la plus adéquate dans le cadre de son programme « organismique ». Le fait est d'abord que les compétences mathématiques de Bertalanffy étaient limitées à maints égards, en particulier limitées à des mathématiques « classiques », et qu'il en était pleinement conscient ; sa correspondance en témoigne des années plus tard :

Je n'ai jamais été un mathématicien de première classe et n'ai tout simplement jamais réussi à piger les « nouvelles » mathématiques¹.

Ce n'est pourtant manifestement pas faute de s'être intéressé à ces « nouvelles » mathématiques : sa bibliothèque, à la fin de sa vie, contenait entre autres un ouvrage sur la théorie des graphes et un autre sur la théorie des ensembles et l'algèbre des structures, tous deux très techniques². Par ailleurs, si d'un côté Bertalanffy comprenait l'intérêt *a priori* de mathématiques « qualitatives » adéquates au traitement « exact » des questions biologiques et en prônait lui-même le développement, il était tout aussi conscient des limites au moins provisoires de tentatives telles que celles de Woodger et ne put que constater que la « biotopologie » restait à l'état embryonnaire. Dans ces conditions, la démonstration concrète de la capacité de son cadre « organismique » à formuler mathématiquement des « lois de systèmes » biologiques lui imposait inévitablement de recourir à des mathématiques « quantitatives » et « classiques », en l'occurrence celles les mieux adaptées à l'appréhension des systèmes dynamiques : le calcul différentiel et intégral. Comme je l'ai déjà souligné plus haut, c'est l'une des raisons majeures pour lesquelles les approches de Lotka, Volterra et Rashevsky lui apparurent exemplaires. C'est dans les deux essais respectivement publiés en 1937 et en 1942 que Bertalanffy consacra quelques pages à expliquer ce qu'il jugeait au moins provisoirement être la voie de mathématisation la plus prometteuse dans la perspective « organismique ». Il y distingua deux « voies » ou « méthodes » permettant d'aboutir à des formulations mathématiques en biologie. La « méthode statistique » d'abord, dont il ne dénia aucunement l'utilité ni même la nécessité, mais à laquelle il reprochait son incapacité à « frayer la voie d'une science rationnelle ». Il rejoignait en fait parfaitement Kostitzin, et probablement pas par hasard puisque ce dernier décrivit parfaitement en 1937 en ces termes la vision qu'ils avaient en commun :

Les mathématiques sont entrées dans les sciences naturelles [i.e. la biologie] par la porte de la statistique, mais ce stade cède le pas au stade analytique comme cela a eu lieu dans toutes les sciences rationnelles. Le rôle de la méthode statistique est de déblayer le terrain, d'établir une certaine quantité de lois empiriques, de faciliter le passage des variables statistiques aux variables analytiques [...] L'analyse mathématique est seule capable de remonter jusqu'à la causalité des phénomènes et d'en déduire toutes les conséquences logiques³.

Et c'est justement ce qu'il appelait lui aussi la « méthode analytique » que Bertalanffy choisit d'emprunter pour se construire une biomathématique « organismique ». Cette méthode, nous l'avons vu au 2-2-1-5, avait de prime abord un caractère doublement « classique » : en ce qu'elle se conformait aux canons de la procédure hypothético-déductive ; et en ce que « la mise en œuvre d'équations différentielles » y était posée comme « l'instrument de travail le plus important »⁴. Bertalanffy la modulait néanmoins de manière originale, de telle sorte qu'elle puisse répondre aux exigences de la perspective « organismique ». Il le fit d'abord en l'associant explicitement aux procédures de construction de « modèles conceptuels », dont il avait déjà pointé en 1932 la nécessité pour appréhender la « complication immense » des phénomènes biologiques ; le rôle de ces modèles étant caractérisé comme la « mise en exergue de *certaines* propriétés des systèmes étudiés, à savoir leurs propriétés 'essentiels', permettant justement par-là même de les rendre accessibles à une étude exacte » qui, une fois initiée, peut être progressivement perfectionnée par une « complication croissante » des hypothèses faisant l'objet d'une formalisation mathématique⁵. Par ailleurs, il subordonnait en fait sa « méthode analytique » à une approche « statistique d'ordre supérieur », de sorte qu'il s'agissait moins pour lui d'opposer les deux méthodes en question que d'en trouver une combinaison adéquate à ses projets. C'est en ce sens qu'il put écrire :

L'opposition entre méthodes statistique et analytique n'a rien à voir avec l'opposition entre lois naturelles statistiques et rigoureusement causales. Le procédé analytique ne dit en aucune manière

¹ Lettre de Bertalanffy L. von à Locker A. (11/04/1969), *Archives du B.C.S.S.S.*

² Les deux ouvrages en question sont Laue R., *Elemente der Graphentheorie und ihre Anwendung in den biologischen Wissenschaft*, Leipzig, Geest & Portig, 1970 ; et Gordon C.K., *Introduction to Mathematical Structures*, Belmont, Dickenson, 1967.

³ Kostitzin V.A. (1937), p. 13.

⁴ Bertalanffy L. von (1942), p. VII et p. 236.

⁵ Bertalanffy L. von (1937b), p. 16.

que les lois concernées n'ont pas un caractère statistique, i.e. ne représentent pas l'incarnation d'un nombre immense de micro-événements¹.

Sa théorie de la croissance organique fut toute entière construite entre 1933 et 1940 sous le signe de cette combinaison.

2-5-1 – *La théorie mathématique de la croissance animale globale*

Le fait que Bertalanffy se soit tourné vers le problème de la croissance organique animale (celui de la croissance globale dans un premier temps, puis celui de la croissance relative) tient à la fois au contexte académique dans lequel il travailla dans les années 1930 et aux missions qu'il assignait à la biologie théorique « organismique ».

Il n'y avait pas de département de biologie à l'université de Vienne en 1933, mais un département de botanique et un département de zoologie. Soutenu par Versluys et travaillant depuis 1925 en relation plus ou moins directe avec le *Prater Vivarium* dirigé par Przibram, il était tout naturel pour lui d'inscrire ses recherches dans le cadre du second département, auquel il était déjà dans une large mesure intégré. Si l'on tient compte d'une part du fait que Przibram avait placé les recherches menées au sein de son institut sous le signe de la construction de ce qu'il appelait une « morphologie dynamique » vouée au traitement « exact » des phénomènes morphogénétiques, et d'autre part des interactions entre cet institut et les travaux de D'Arcy Thompson, on peut déjà affirmer que Bertalanffy était prédisposé à s'intéresser au phénomène de la croissance organique animale.

Est surtout décisif le fait que probablement aucun autre phénomène ne se prêtait aussi bien à sa perspective « organismique » et à la mise en œuvre de son programme. D'abord parce qu'il s'agit d'un phénomène fondamental de la morphogénèse dont l'étude relève particulièrement bien *a priori* du point de vue dynamiciste, « héraclitéen » qu'il défendait, lequel l'amena à tenir la forme organique pour l'« expression d'un flux ordonné d'événements »². En second lieu parce que le fait qu'aucune croissance organique n'est possible sans assimilation de matière et d'énergie dut lui suggérer presque immédiatement la pertinence du « système ouvert » comme schème directeur d'étude de ce phénomène. En troisième lieu parce que ce dernier apparaissait déjà à l'époque où Bertalanffy s'y intéressa comme un lieu de confluence de plusieurs domaines et problématiques biologiques, ne pouvant donc que susciter l'intérêt d'un biologiste soucieux de transformer sa discipline elle-même en une « totalité organique ». Ce motif fut bien explicité par Bertalanffy en 1941 :

Nous pouvons considérer la croissance organique comme une intersection entre physiologie et morphologie, vers laquelle convergent des problèmes issus des domaines les plus divers de la biologie, de la biochimie quant à la physiologie du métabolisme jusqu'à la physiologie du développement et la morphologie³.

Enfin, non seulement ce phénomène avait jusqu'au début des années 1930 fait l'objet de recherches actives en zoologie, mais il s'agissait de l'un des seuls domaines biologiques avec celui de la dynamique des populations qui, parce qu'il était accessible à des analyses quantitatives, avait déjà fait l'objet de tentatives de mathématisation. La plupart de ces motifs expliquant la focalisation de Bertalanffy sur le phénomène de croissance organique (surtout le dernier) sont là encore apparents en 1941, dans l'article-manifeste où il définit les grandes lignes de sa « morphologie dynamique » :

Si nous nous interrogeons sur la manière dont une telle morphologie dynamique pourrait être élaborée, quelles sont les forces par l'intermédiaire desquelles s'érigent les formes organiques, alors la croissance s'impose ici comme l'un des phénomènes les plus importants. La croissance a encore un avantage particulier : elle fait partie des phénomènes biologiques qui peuvent le plus facilement être appréhendés quantitativement. Donc s'il est dans notre intention de parvenir par l'intermédiaire de la perspective indiquée [i.e. l'organisme comme « flux ordonné d'événements »] à des lois

¹ Bertalanffy L. von (1942), p. VIII.

² Cette conception fondamentale de la forme organique était comme nous l'avons vu constitutive de sa perspective « organismique » dès la fin des années 1920. L'expression citée ici date toutefois de 1941 : Bertalanffy L. von (1941a), p. 3.

³ Bertalanffy L. von (1941a), p. 3.

concevables de manière exacte, nous pouvons précisément ici au moins nous attendre à trouver des lois quantitatives, qui forment la prémisse d'une morphologie dynamique¹.

Une motivation supplémentaire doit toutefois être ajoutée : les insuffisances patentes des travaux existants sur la croissance organique animale. Elles semblaient justifier les critiques déjà relatées qu'un Ponder ou un Wilson adressaient aux ambitions de mathématiser les processus organiques individuels. Mais le Viennois, tout en s'inspirant de ces travaux, perçut au contraire dans leurs insuffisances la démonstration éloquente de la pertinence du point de vue théorique qu'il promouvait depuis plusieurs années. Avant de considérer la construction de sa propre théorie, il me faut donc ici commencer par examiner ces travaux.

2-5-1-1 – *La problématique de la croissance animale globale : difficultés et controverses*

Avant même de concerner ses approches mathématiques, le premier obstacle auquel se heurtaient les études de la croissance organique concernait ses causes, qu'il s'agisse de sa vitesse ou, surtout, de ses limites. Une certaine unanimité régnait quant à la nécessité de distinguer des « facteurs internes » et des « facteurs externes ». L'influence de la température et de la qualité de la nourriture sur la vitesse de croissance, et celle de la gravité sur ses limites (pointée par D'Arcy Thompson) étaient en particulier reconnues comme des facteurs du second type². Un consensus existait aussi sur l'idée que les « facteurs internes » sont « essentiellement plus importants », qu'ils « déterminent principalement la croissance »³. Mais les controverses commençaient dès que l'importance relative et même la nature de ces différents « facteurs internes » était discutée. Et il importe déjà de voir que s'y profilait là aussi l'opposition entre points de vue méristique et holistique.

Le point de vue très majoritaire suivait une hypothèse formulée en 1913 par l'Américain Charles S. Minot. Il consistait à attribuer la cause essentielle de la croissance et de ses limitations au processus de différenciation cellulaire. L'argument se fondait en premier lieu sur le constat que la multiplication cellulaire a pour corrélat une croissance en volume de l'organisme, et en second lieu sur le fait que la vitesse de division des cellules et le nombre de cellules capables de division se révélait apparemment décroître avec leur degré de différenciation⁴. Cet argument était très critiquable (et fut justement critiqué en particulier par Bertalanffy), parce qu'il contredisait la réalité physiologique de certains organismes tels que les planaires (dont les limites de la croissance existent en dépit du maintien d'un potentiel de différenciation considérable) et faisait l'impasse sur les phénomènes de régénération⁵. Sa force apparente fut pourtant accrue par des études portant sur la croissance des tissus, principalement celles de l'Ukrainien Ivan I. Schmalhausen réalisées au milieu des années 1920. Celles-ci tendaient en effet à montrer que les tissus et les organes atteignant de manière précoce un haut degré de différenciation (par exemple le cerveau) ont une croissance plus lente que les autres, c'est-à-dire encore que la croissance des organes est d'une manière générale d'autant plus lente que leur formation est ancienne dans le processus morphogénétique⁶. Si les bases cytologiques de la croissance globale restaient une simple hypothèse plus ou moins plausible sujette à caution, une compréhension méristique du phénomène apparaissait d'ailleurs envisageable sur des bases histologiques. Schmalhausen fut avec l'Allemand Wilhelm Ludwig l'un des principaux représentants de ce point de vue. Lequel pouvait certes s'appuyer sur les similitudes observables, parfois mathématiquement exprimables par des formules homologues, entre le cours de la croissance globale

¹ Bertalanffy L. von (1941a), p. 3. Il écrivit aussi huit ans plus tard ((1949e), p. 73), en faisant toutefois là allusion à ses propres travaux alors déjà réalisés sur le sujet : « La mécanique du développement n'a fourni que des notions qualitatives et non une 'théorie' au sens d'un ensemble d'énoncés dont des lois particulières et des prédictions sous une forme rigoureuse, si possible quantitative, puissent être déduites. Nous sommes toutefois dans une situation plus favorable eu égard à un processus partiel du développement : dans le domaine de la croissance, nous disposons de conceptions théoriques dont des déductions quantitatives peuvent être tirées ».

² Voir Pütter A. (1920), pp. 301-306 ; Saller K. (1927), p. 459 et pp. 473-478 ; et Thompson D'Arcy W. (1917, 1942, 1961), pp. 32-33.

³ Saller K. (1927), p. 473.

⁴ *op. cit.*, p. 466.

⁵ Bertalanffy L. von (1933a), p. 645 et (1934a), pp. 649-650.

⁶ Schmalhausen I.I. (1927a), pp. 480-508 et (1927b), pp. 37-38 en particulier. Voir aussi Saller K. (1927), pp. 467-468.

et celui de la croissance de certains tissus¹ ; mais ce point de vue reposait surtout sur une pétition de principe qu'il est légitime de caractériser comme méristique :

La courbe pour la croissance globale apparaît, comme l'a montré Schmalhausen, comme une somme ou comme une sorte de valeur moyenne entre toutes les courbes de croissance particulières des organes ; il en résulte que sans la connaissance du cours de la croissance des organes individuels, on ne peut réclamer d'une courbe empirique de la croissance globale qu'elle puisse permettre de comprendre sans reste chacune des particularités de son cours².

Cette perspective suscita des controverses dans la seconde moitié des années 1920 après qu'eût été remarquée – notamment par Wilson à propos du cas de l'équation « logistique » – son inconsistance mathématique, liée au fait que l'addition de deux fonctions de croissance de même type fournit en général une fonction d'un type différent³.

Mais le plus important est qu'une toute autre approche des limites de la croissance, holistique celle-là, fut en parallèle défendue par certaines voix. D'Arcy Thompson avait déjà pointé en 1917 les limites intrinsèques de la croissance globale imposées en principe par la diminution des rapports entre surfaces et volumes dans l'organisme à mesure de sa croissance linéaire : compte tenu de la pesanteur et en supposant un lien direct entre volume et poids, il voyait en effet cette diminution tendre à minorer par rapport au poids le pouvoir de production d'énergie, posé en relation directe avec la capacité respiratoire et donc avec la surface (pulmonaire par exemple) ; une minoration impliquant pour des formes semblables une robustesse décroissant en raison de la taille de l'animal⁴. Il s'agissait là d'un type systémique de limitation, par lequel Thompson avait esquissé un lien mathématique entre croissance et processus métaboliques. Ce lien était certes admis par tous, Schmalhausen considérant par exemple lui-même que les changements de croissance sont en partie liés à des changements métaboliques⁵. Mais il s'agissait d'autre chose avec l'idée beaucoup plus radicale de *caractériser* la croissance par les seuls phénomènes métaboliques. Cette idée avait en fait été esquissée en 1914 par Roux et en 1915 par Verworn lorsqu'ils interprétèrent la croissance organique comme une prédominance des processus d'assimilation sur ceux de dissimulation⁶. Et cette caractérisation fut le fondement de l'approche de ce phénomène par Pütter en 1920, qui va se révéler être l'une des principales sources d'inspiration de Bertalanffy :

L'accroissement réel d'un système vivant résulte de la différence entre assimilation et dissimulation [...] La croissance atteint son terme parce que que l'assimilation et la dissimulation se tiennent en équilibre. Cette conception dynamique de la limitation de la croissance est le fondement de [mes] développements théoriques [...] N'est essentiel à la théorie de la croissance que la relation à la masse des deux processus d'assimilation et de dissimulation, donc aussi leur relation mutuelle⁷.

Pütter insista sur le fait que des « facteurs externes » de la croissance tels que la température et la nourriture n'en sont que dans la mesure où ils affectent le métabolisme. Lorsqu'un commentateur comme Karl Saller lui reprocha en 1927 que sa conception de la croissance ne constituait qu'« une simple circonlocution du problème » laissant absolument sans réponse la question de savoir pourquoi survient un tel équilibre entre processus métaboliques⁸, il mit bien en évidence l'insatisfaction engendrée par ce qu'il faut déjà appeler une approche « organismique » de ce phénomène, qui délaissait délibérément ses causes sous-jacentes pour se concentrer sur des paramètres de nature essentiellement statistique et étudier la possibilité de les relier nomothétiquement au moyen de l'analyse mathématique : un renversement total de perspective, donc, où l'explication d'un aspect du

¹ Voir par exemple Buch Andersen E. & Fischer A. (1929) pour des formulations mathématiques de croissance histologique, les équations des courbes de croissance des tissus étudiés y étant homologues à certaines de celles considérées plus loin quant à la croissance globale.

² Ludwig W. (1929), p. 737.

³ Voir Kingsland S.E. (1985), pp. 89-90. Si l'argument est justifié du point de vue mathématique (bien que l'on puisse, certes au prix de conditions drastiques leur faisant en fait perdre tout intérêt, construire des contre-exemples non triviaux, y compris comme le fit Pearl avec les fonctions « logistiques »), il restait épistémologiquement inoffensif pourvu que l'on renonce à utiliser une loi mathématique du même type s'appliquant aux parties et au tout dans des buts prédictifs, et qu'on se limite à lui donner une signification statistique.

⁴ Thompson D'Arcy W. (1917, 1942, 1961), pp. 15-26.

⁵ Schmalhausen I.I. (1927a), p. 474.

⁶ Saller K. (1927), p. 455.

⁷ Pütter A. (1920), pp. 298-300.

⁸ Saller K. (1927), pp. 471-472.

comportement du système organique – la croissance – était recherchée dans les contraintes inhérentes à une dynamique globale.

L'état très insatisfaisant de la recherche sur la croissance organique dans les années 1910 et 1920 se marque déjà par les témoignages périodiques de l'ignorance de ses déterminants et de l'incapacité même à la conceptualiser convenablement :

Notre connaissance des phénomènes de croissance est pour le moins décousue.

Une définition de la croissance nous reste encore impossible actuellement, car nous manque une pleine compréhension des causes ultimes de ce phénomène.

De même que les raisons et le cours de la croissance ne sont pas clarifiés dans leurs causes, les causes du terme de la croissance ne sont guère connues¹.

D'une manière générale, les biologistes étudiant la croissance organique résistaient toutefois à la tentation de chercher secours dans des analogies à caractère transdisciplinaire, que ce soit avec les phénomènes de croissance démographique ou avec ceux de croissance d'agrégats cristallographiques. Un argument décisif opposé aux tentations de tirer des analogies avec ces derniers était l'existence de limitations de principe à la croissance organique, absentes en ce qui concerne les cristaux². Quant à l'analogie avec la croissance de populations, qui trouva chez Pearl et Lotka des avocats notoires, elle fut régulièrement attaquée, en premier lieu par les spécialistes des phénomènes de croissance organique. Ainsi Schmalhausen s'attachait-il en 1929 à montrer sur la base du lien étroit qu'il établissait entre croissance organique et différenciation des tissus que la diminution de la vitesse de croissance dans un organisme et dans une population ont des causes si différentes en principe que l'analogie ne peut être d'aucune pertinence : il n'y aurait dans le second cas « aucun analogue de la différenciation » histologique, la croissance y étant « limitée par des causes extérieures qui ne sont pas inhérentes à la population elle-même », au contraire du second cas où elle serait limitée par des « causes immanentes », avec un « cours compulsif » que des conditions extérieures ne peuvent que « très peu modifier ». Pour Schmalhausen, les ressemblances à maints égards entre courbes de croissance, qui rendaient souvent possible de rendre compte simultanément et dans une mesure plus ou moins satisfaisante des deux types de croissance au moyen de fonctions de mêmes types (telles que les fonctions « logistiques » généralisées de Pearl³), n'avaient donc aucune signification et tenaient à ce qu'il appelait le « caractère beaucoup trop général » de la fonction exponentielle (utilisée dans presque toutes les modélisations en question) et à son « incapacité à permettre de mettre en évidence ce qui fait la caractéristique des processus de croissance dans les organismes »⁴. Il est évident que Bertalanffy, qui connaissait très bien les travaux de Schmalhausen, fut sensible à la distinction ainsi opérée entre les deux phénomènes de croissance : nous l'avons vu précisément distinguer dans le même sens les « intégrations d'ordre supérieur » des organismes vivants en relation avec son opposition entre systèmes « exonomes » et « endonomes ». Mais qu'il n'ait clairement effectué cette distinction qu'à partir de 1937 suggère aussi une influence de Kostitzin, qui avait insisté la même année sur les inadéquations de l'analogie en question en pointant en particulier le rôle très différent de la « frontière » dans les systèmes ouverts concernés :

Par une généralisation naturelle et facile, on assimile volontiers un organisme à une population animale ou végétale [...] Certes, il est possible de former une chaîne reliant les deux cas extrêmes, et il est bien difficile d'y indiquer l'emplacement exact de la coupure séparant deux types de phénomènes. Cependant, cette impossibilité ne signifie pas que les extrémités se confondent et que les mêmes lois régissent le développement numérique d'une population sans structure sociale à composants tout-à-fait indépendants et celui d'un organisme supérieur à interdépendances multiples et compliquées. Il peut arriver que dans la première approximation les deux types puissent être exprimés par des équations analogues, mais on peut être sûr que ni les deuxième approximations, ni les interprétations des coefficients vitaux ne sont les mêmes [...] La nourriture nécessaire à une

¹ Respectivement Mendel L.B. (1916), Harms J.W. (1924) et Saller K. (1927), in Saller K. (1927), p. 459 et pp. 470-471.

² *op. cit.*, p. 455.

³ Rappelons qu'il s'agissait chez Pearl de fonctions du temps t du type $f(t) = \frac{L}{1+Ce^{-P(t)}}$, où f est la variable étudiée (effectif, masse, etc.), L une constante représentant la valeur limite supérieure de f , C une constante positive et P un polynôme de valuation 1 (i.e. de valeur nulle en 0) ; la courbe de telles fonctions étant une sigmoïde croissante dont la position du point d'inflexion varie suivant P .

⁴ Schmalhausen I.I. (1929b), en particulier pp. 693-694 et pp. 703-705.

population est proportionnelle au nombre d'individus ; dans un organisme, elle n'est proportionnelle ni au nombre de cellules ni au poids du corps. Il en est de même de tous les échanges avec le milieu extérieur : pour une population animale ou végétale ces échanges sont proportionnels au nombre d'individus, pour un animal à sang chaud ils sont plutôt proportionnels à la surface du corps [...] La différence entre les deux n'est pas quantitative, mais qualitative [...] Dans la vie d'une population la frontière joue un rôle secondaire ; c'est à l'intérieur que l'on cherche et trouve la nourriture [...] Au contraire, avec un organisme l'immigration et l'émigration de cellules ne sont guère à envisager, par contre les courants de matières alimentaires et d'énergie sont d'une importance capitale¹.

À l'absence de consensus concernant les causes de la croissance organique et à l'inadéquation manifeste des analogies envisageables avec d'autres phénomènes de croissance s'ajoutaient des controverses au sujet de la *définition* même de ce processus. Certains, de Julius Sachs (en 1892) et Charles B. Davenport (en 1899) à Eugen Korschelt (en 1924), avaient cherché à fournir une définition englobante de tous les phénomènes de croissance, en caractérisant celle-ci comme une augmentation de volume ou de grandeur (éventuellement accompagnée nécessairement de changements de forme). Mais d'autres leur opposèrent la nécessité d'une spécification du concept en biologie, qui tienne compte en particulier de la capacité de création de matière organique par métabolisme et des limitations imposées à la croissance. Problématiques dans la perspective d'une mathématisation de ces phénomènes étaient plus encore les controverses régnant à propos de la manière de *mesurer* la croissance, donc au sujet de la variable pertinente dont il s'agissait d'étudier les variations :

La mesure que l'on tient pour suffisante afin d'étudier la croissance dépend du concept que l'on relie à sa caractérisation².

Certains, de Alfred Schaper en 1902 à Jürgen W. Harms en 1924, s'opposèrent en particulier à la pertinence du choix de la masse aux motifs qu'une croissance pondérale est possible sans augmentation de taille et qu'une croissance des grandeurs linéaires et/ou surfaciques est possible sans augmentation de masse – Schaper ayant même souligné la possibilité d'une croissance surfacique sans croissance pondérale, qualifiée d'« endogène » parce que se produisant sans import de matériel à partir de l'environnement. La première objection se justifiait toutefois essentiellement eu égard aux cas après tout exceptionnels de la croissance humaine et de celle des animaux domestiques, la variation de taille étant dans ces cas-là effectivement moins sujette que la masse aux fluctuations liées aux modes « artificiels » de nourriture ; et il lui fut donc reproché d'être un renoncement en général injustifié à considérer la croissance en plusieurs dimensions. Quant à la seconde objection, elle pointait surtout l'importance d'un aspect plus « qualitatif » de croissance, de processus d'organisation et de complexification susceptibles d'advenir même à l'âge adulte ; une importance que nous retrouverons soulignée dans les travaux de Boulding et que l'on pouvait toutefois bien admettre sans renoncer à la pertinence de l'étude de la variable masse, que la plupart des analystes persistèrent à juger être la meilleure³. L'avantage de cette variable était notamment qu'elle permettait sous l'hypothèse de proportionnalité de la masse au volume de mesurer indirectement les dimensions linéaires et surfaciques en utilisant respectivement les puissances $1/3$ et $2/3$ de la masse, qui sont bien alors respectivement homogènes à une longueur et à une surface. L'intérêt était que ces dimensions linéaires ou surfaciques sont en général plus difficilement mesurables que la masse ; une telle mesure indirecte pouvant de surcroît, dans une situation de « croissance proportionnelle » (i.e. de similitude de la forme organique au cours de la croissance) ou s'en approchant, correspondre à des grandeurs linéaires ou surfaciques effectivement observables et mesurables⁴.

La problématique des études mathématiques de la croissance organique animale globale se formulait dès lors de la manière suivante : déterminer pour un animal d'une espèce donnée, voire pour des classes d'animaux les plus larges possibles avec des formes du même type, des relations exprimant en fonction du temps t l'évolution de sa masse μ et de sa longueur λ (identifiée si besoin est à la « longueur » $\mu^{1/3}$). La problématique d'une *théorie* mathématique de ces phénomènes consistant à fournir de plus une explication rationnelle de ces relations et de l'évolution en question. Une telle entreprise pouvait légitimement paraître vaine s'il s'agissait de saisir par une seule formule l'ensemble

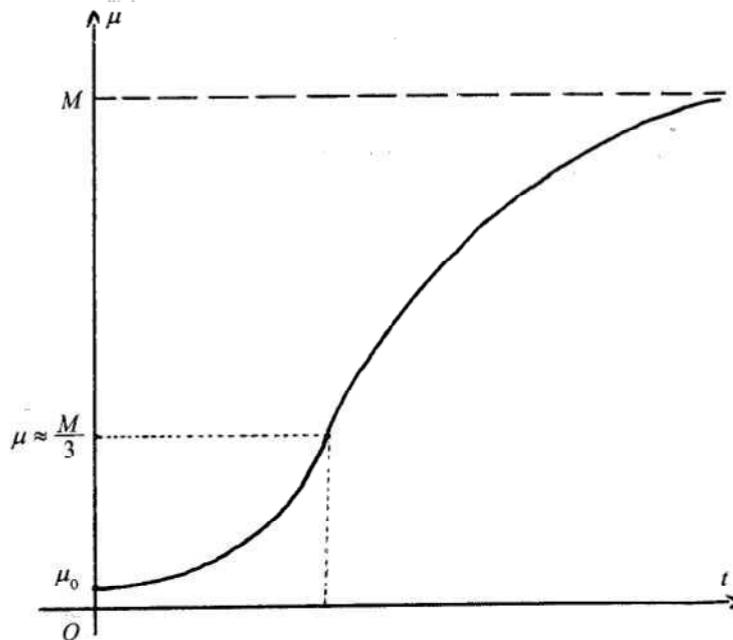
¹ Kostitzin V.A. (1937), pp. 157-159.

² Saller K. (1927), p. 478.

³ Sur ces controverses, voir *op. cit.*, pp. 454-456 et pp. 478-479.

⁴ Pütter A. (1920), pp. 301, 310, 322 et 325.

du cours de la croissance d'un organisme, compte tenu de la fréquente existence de phases différentes de croissance liées aux cycles hormonaux et saisonniers. Mais à une éventuelle restriction près à de telles phases (et plus généralement en cas de relative constance des paramètres conditionnant la croissance), certaines caractéristiques générales se dégagent dans les courbes empiriquement déterminables des fonctions μ et λ . Il fut observé que celles représentant μ sont le plus souvent de forme sigmoïde, avec une croissance à partir de la masse initiale μ_0 qui s'infléchit pour une valeur de μ voisine du tiers de la masse finale M ; une situation impliquant en particulier la décroissance du « taux de croissance intrinsèque » (ou « vitesse de croissance spécifique » de la masse)¹ $\frac{1}{\mu} \frac{d\mu}{dt}$ au cours du temps, au moins après cette inflexion² :



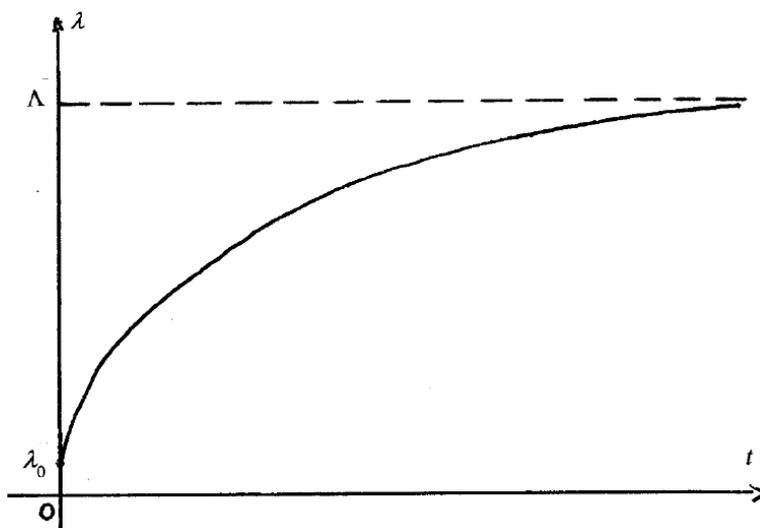
Il fut néanmoins aussi observé, chez certains organismes comme les larves d'insectes ou chez des micro-organismes tels que les bactéries, que la masse μ peut suivre une évolution très différente où le taux de croissance reste relativement constant, de sorte que la croissance se trouve alors être en bonne approximation de type exponentiel avant de subir une interruption brutale (qui peut par exemple correspondre à une métamorphose ou à une division)³. Quant aux courbes représentatives de la « longueur » λ , il avait été observé qu'elles peuvent elles aussi être dans certains cas de type exponentiel. On put toutefois constater en général qu'elles correspondent à une vitesse de croissance tendant à décroître à mesure de l'augmentation de la « longueur » elle-même, λ apparaissant ainsi comme une fonction concave du temps qui croît de la « longueur » initiale λ_0 vers la valeur (« asymptotique ») Λ correspondant à la « longueur » finale. Telles étaient les bases empiriques formant en fin de compte le seul socle commun sur lequel s'accordaient les différents chercheurs⁴.

¹ Selon les expressions de Needham A.E. (1973), p. 594 et de Ludwig W. (1929), p. 739 respectivement.

² En effet, la forme sigmoïde (croissante) implique une croissance de $\frac{d\mu}{dt}$ avant le point d'inflexion et une décroissance ensuite ; par conséquent, $\frac{d^2\mu}{dt^2} < 0$ au-delà du point d'inflexion. Ce qui implique dans cette dernière hypothèse que $\frac{d}{dt} \left(\frac{1}{\mu} \frac{d\mu}{dt} \right) = -\frac{1}{\mu^2} \frac{d\mu}{dt} + \frac{1}{\mu} \frac{d^2\mu}{dt^2} < 0$.

³ La croissance exponentielle étant en toute rigueur obtenue pour une équation correspondant à un « taux de croissance intrinsèque » constant puisque $\frac{1}{\mu} \frac{d\mu}{dt} = a$ équivaut à $\mu(t) = \mu_0 e^{at}$ (où a est une constante).

⁴ Voir Pütter A. (1920), pp. 321-322; Schmalhausen I.I. (1927a), p. 474 ; Saller K. (1927), p. 480 ; Ludwig W. (1929), p. 738. Voir aussi Bertalanffy L. von (1934a) et (1942), pp. 237-271 pour un exposé critique et compréhensif des débats contemporains.



Ces formes de courbes jouèrent un rôle important en faveur de l'interprétation cytologique des causes de la croissance et de sa limitation. En effet, par la nature même de la division cellulaire, l'effectif d'un agrégat de cellules issu d'une ou plusieurs cellules croît en raison géométrique au cours d'une durée égale à un nombre entier de périodes (la période étant le temps moyen nécessaire pour une division), de sorte que la croissance en nombre et donc en volume d'un tel agrégat est en principe exponentielle, sous la condition toutefois que la période en soit effectivement une à proprement parler, c'est-à-dire qu'elle soit constante. En suggérant la décroissance du « taux de croissance intrinsèque » de la masse, les courbes empiriques de croissance pondérale semblaient donc corroborer l'hypothèse d'un lien entre cette décroissance et celle de la vitesse de division des cellules au cours des processus successifs de différenciation¹. Que l'on accepte ou non l'explication cytologique de la croissance, cette décroissance du « taux de croissance intrinsèque » de la masse conduisit invariablement les biologistes qui travaillaient à l'étude mathématique de la croissance animale globale à chercher une expression différentielle de son évolution selon le schéma formel :

$$\frac{1}{\mu} \frac{d\mu}{dt} = \varphi$$

où φ est une fonction décroissante qu'il s'agissait de spécifier. Plusieurs types d'équations de croissance peuvent en découler, selon le choix du type de décroissance de la fonction φ . Les quatre choix les plus simples consistent *a priori* à imposer à φ d'une part d'avoir soit t seul, soit μ seul pour argument, et d'autre part de décroître de manière soit affine soit inverse. Mais tous ces choix n'étaient pas adéquats et d'autres étaient envisageables².

2-5-1-2 – La multiplicité des tentatives de formulation mathématique du cours de la croissance animale globale – Leurs insuffisances et critiques respectives

Un examen relativement détaillé des choix qui furent effectivement faits et des critiques qu'ils suscitèrent est fourni dans l'annexe 2-5-1-2. L'inédaquation patente du modèle « logistique » et l'influence sur Bertalanffy d'un modèle hydrodynamique de la croissance animale globale construit en 1920 par Pütter y sont en particulier mis en exergue. Le tour d'horizon réalisé avec cet examen suffit à montrer l'état particulièrement incertain et chaotique du domaine de l'étude mathématique de la croissance animale globale au moment où Bertalanffy commença à s'y investir à son tour, en 1933.

En lieu et place de véritables théories qui auraient intimement connecté hypothèses biologiques, formalisation mathématique et tests empiriques, on ne disposait guère que d'un foisonnement d'équations et de formules dont aucune ne pouvait prétendre à la moindre supériorité, qui se limitaient encore bien souvent en définitive à un simple ajustement de données empiriques et

¹ Ludwig W. (1929), p. 739.

² Pour une discussion systématique de la typologie dérivant de cette quadripartition et des autres possibilités, voir *op. cit.*, pp. 740-749.

restaient incapable d'établir des résultats qu'on ne connaissait déjà. Toutes les études réalisées étaient susceptibles de s'accorder plus ou moins correctement à certaines données expérimentales, mais toutes se heurtaient aussi à des cas révélant leurs profondes insuffisances, aucune d'entre elles ne parvenant à rendre compte de tous les types de croissance ni même à saisir simultanément l'ensemble des quelques caractéristiques phénoménologiques générales sur lesquelles les chercheurs étaient pourtant prêts s'accorder. Aucune ne reposait sur des hypothèses biologiques solides et sur une rationalité faisant consensus. À l'incapacité d'y parvenir se substituait l'arbitraire de l'introduction de constantes dépourvues de signification biologique et, pour bon nombre d'entre elles, d'un découpage du cours de la croissance en plusieurs phases ajustées par des formules différentes.

Les témoignages de l'insatisfaction suscitée par cette situation étaient récurrents, particulièrement à la fin des années 1920. On trouvait certes à l'époque quelques vigoureux avocats d'une biomathématique de la croissance que cette situation ne suffisait pas à désespérer. Ainsi B. Baule, tout-à-fait dans l'esprit de D'Arcy Thomson, compara-t-il en 1925 la formule mathématique au microscope, à un outil indispensable au chercheur qui lui permet de dégager les relations sous-jacentes aux régularités empiriquement observées, de progresser vers la détermination de leurs causes et d'en dégager le « sens profond » :

La formule mathématique est le seul instrument en mesure de nous ouvrir à une compréhension du microcosme, puis de l'élargir. Ce n'est que par le calcul, par la conclusion logique, que la recherche peut progresser dans tout domaine fermé à nos organes des sens¹.

Mais la sous-détermination flagrante des formulations mathématiques du cours de la croissance globale, liée à leur manque de rationalité biologique, conduisait nombre de biologistes à souligner leur impuissance à appréhender l'« essence » du phénomène et à récuser les prétentions associées de leur conférer le statut de lois en soulignant le caractère illusoire des ajustements empiriques au moyen desquels leurs auteurs cherchaient à en justifier la pertinence. Certains en vinrent à dénoncer la tendance à confondre dans le domaine de la croissance organique « la science de la nature avec des mathématiques » avec « la science de la nature en tant que mathématiques »² :

On n'a découvert aucune loi avec la représentation analytique de la croissance, mais seulement réalisé des imitations artificielles.

Les formulations mathématiques de la croissance ne sont pas encore des lois (au sens biologique).

La nature empirique des formules interdit la dérivation de conclusions mathématiques et leur transfert au domaine physiologique. Lorsque le calcul selon une formule s'accorde mieux avec les valeurs trouvées qu'avec d'autres formules, on peut seulement en conclure que la courbe se laisse mieux représenter par sa voie calculatoire, mais jamais qu'elle est physiologiquement plus véridique [...] On parvient certes pour des parties de courbe particulières, par exemple au moyen des formules de Brody, de Pütter et de Schmalhausen, à trouver un certain accord entre les valeurs calculées et les valeurs effectivement observées. Mais cette approximation n'est jamais que purement empirique et inessentielle, au sens où elle ne fournit aucune explication du processus de croissance³.

En était bien souvent tirée la conclusion du caractère prématuré des approches mathématiques de la croissance, dans un esprit empiriste que la réflexion déjà citée de Ponder sur le « besoin » contemporain de « plus de mesure et de moins de théorie » dans ce domaine, en fait reprise de Lafayette B. Mendel, un analyste de la croissance qui l'avait formulée dans les mêmes termes dès 1916, ne fut jamais, en 1934, qu'une manifestation tardive :

Le point de vue physiologique doit précéder le point de vue mathématique ; c'est seulement ainsi que l'on parviendra ultérieurement à réaliser le développement mathématique d'une légalité plus approfondie [...] Une formulation mathématique du cours extérieur de la croissance n'est pas encore possible, pour autant qu'elle se rapproche de l'essence du processus de croissance⁴.

Une véritable décision [entre toutes les formulations existantes] ne deviendra possible que si l'on analyse précisément la croissance de manière plus descriptive et moins formelle. Le traitement

¹ Baule B. (1925), in Saller K. (1927), p. 494.

² Selon l'expression du biochimiste Andor Fodor (1922), reprise en 1924 par Rippel A. : in Saller K. (1927), p. 494.

³ Respectivement Enriques P. (1909), Gärtner R. (1922) et Saller K. (1927), in Saller K. (1927), p. 487 et pp. 494-495.

⁴ Saller K. (1927), p. 487 et p. 585. Sur L.B. Mendel : *op. cit.*, p. 459.

formel de la croissance semble actuellement s'être épuisé et devrait de manière opportune être relayé par une méthode plus descriptive¹.

C'est dans ce contexte périlleux, donc, que Bertalanffy s'engagea à son tour dans l'étude mathématique de la croissance animale. Il est d'ailleurs tout-à-fait probable qu'un tel contexte, loin de le dissuader, constitua au contraire une incitation en ce sens : il était dans une large mesure paradigmatique de l'état « critique » de la biologie, un concentré de bon nombre de problèmes que le Viennois liait directement à l'absence de biologie théorique. Réussir à élaborer une théorie mathématique de la croissance digne de ce nom dans le cadre « organismique » promettait à n'en pas douter de constituer un succès considérable à l'appui de son programme et donc de la philosophie biologique qui l'avait engendré.

2-5-1-3 – Une première approche de la croissance animale globale par Bertalanffy : modèle d'un système chimique ouvert dirigé vers un « pseudo-équilibre dynamique »

Le premier article de Bertalanffy sur la croissance organique fut publié en 1933. Il manifeste déjà une bonne familiarité avec les débats et travaux antérieurs sur ce problème, avec en particulier des références à Schmalhausen, Robertson, Pütter, Saller et Ludwig – ces deux derniers ayant respectivement fourni en 1927 et 1929 des études synthétiques et compréhensives permettant d'avoir une bonne vision d'ensemble de l'état des recherches dans le domaine². Pas plus que dans l'article plus conséquent sur le sujet qu'il publia l'année suivante, Bertalanffy ne s'y appuya sur des travaux expérimentaux propres : tout indique qu'il ne commença pas à entreprendre ses propres études expérimentales sur la croissance organique avant 1935, et qu'il ne le fit plus probablement que vers 1936-1937, peu avant son départ pour les États-Unis, où il fut aussi, au cours de l'été 1938, amené à travailler un temps au laboratoire de biologie marine de Woods Hole (Massachusetts) et à y conduire des expérimentations – il y retrouva notamment Weiss et y rencontra Wilson³.

Le point de départ de Bertalanffy dans ce premier article fut un développement de son idée esquissée l'année précédente, déjà considérée au 2-3-3-2, qui consistait à « élargir » la loi d'action de masses⁴ par-delà le cadre de la cinétique chimique pour la « transposer aux systèmes vivants » du point de vue d'une « statistique d'ordre supérieur ». Il reprit à cet effet le modèle de système chimique ouvert qu'il avait alors construit afin d'illustrer le principe de constance des « relations de masses » dans ce qu'il n'appelait pas encore un « équilibre de flux », mais un « pseudo-équilibre dynamique ». Son approche était à cet égard d'une inspiration très voisine de celle de Lotka lorsque ce dernier construisit sa modélisation du système proie-prédateur à deux espèces au moyen d'un détour par un système chimique hypothétique et d'une analogie mathématique. En effet, il commença de même par modéliser l'évolution d'une concentration dans un système chimique ouvert purement hypothétique construit par analogie avec la représentation qu'il se faisait déjà de l'organisme comme système ouvert, et ce avec la même interprétation de la croissance organique que Pütter – i.e. en tant qu'expression de la prédominance des processus anaboliques sur les processus cataboliques, leur équilibre dynamique caractérisant le terme de la croissance. Il put alors obtenir des équations de croissance au moyen d'un transfert par analogie mathématique à l'organisme animal de la modélisation du système chimique ainsi obtenue. En fait, nous allons voir que ces équations étaient formellement homologues à celles de Pütter. Mais Bertalanffy ne se limita pas pour autant à substituer un tel modèle chimique au modèle hydrodynamique de son collègue. Il chercha justement à montrer que ce dernier est « superflu » et que l'on peut éviter le manque de rationalité biologique et l'incohérence mathématique qu'il avait entraînés dans ses analyses⁵. Le modèle chimique du Viennois avait la fonction exacte de ce que nous l'avons vu appeler par la suite un « modèle au sens étroit »⁶ : il ne s'agissait pas encore pour lui en 1933 de construire un modèle théorique de la croissance, mais bien de se servir de ce « modèle au sens étroit » afin de déterminer les variables et paramètres ayant tous

¹ Ludwig W. (1929), p. 755 et p. 758.

² Bertalanffy L. von (1933a).

³ Bertalanffy L. von (1938), t p. 193 où des études expérimentales propres sur *Lebistes reticulatus* menées à l'université de Vienne sont mentionnées, ainsi que celles qu'il mena à Woods Hole. Voir aussi Bertalanffy M. von (1973), pp. 43-44 et Brauckmann S. (1997), pp. 6-7.

⁴ L'expression en tant que telle se trouve dans Bertalanffy L. von (1934a), p. 616.

⁵ *op. cit.*, p. 634. Voir aussi l'annexe 2-5-1-2.

⁶ « Une construction *auxiliaire* qui illustre certaines relations et permet de travailler plus facilement avec elles ».

une signification biologique qui semblaient nécessaires et suffisants pour construire un tel modèle théorique, en montrant que le choix en question permettait d'envisager des relations empiriquement pertinentes et rationnellement fondées entre ces variables et paramètres.

Le système chimique imaginé par Bertalanffy est composé de substances réactives (a, b, c, etc.) dont la masse transformée est proportionnelle à la masse actuellement disponible à l'intérieur du système (conformément à la loi d'action de masses) ; quantité disponible dont une fraction $k \in]0; 1[$ est donc supposée se transformer en produits de réaction (e, f, g, etc.) par unité de temps (analogue des processus cataboliques), cependant qu'une masse déterminée E des mêmes substances réactives (a, b, c, etc.) afflue dans le système par unité de temps (analogue des processus anaboliques) et que les produits de réaction (e, f, g, etc.) sont entièrement évacués du système au fur et à mesure de leur production, de telle sorte que les seuls composants présents dans ce système demeurent les substances réactives (a, b, c, etc.). Sans écrire l'équation différentielle traduisant l'évolution de la masse m de ce système conformément à ces conditions, à savoir ce que l'on noterait

$$\frac{dm}{dt} = E - km ,$$

Bertalanffy en fournit la solution exacte, avec $m_0 = m(0)$:

$$m = M - (M - m_0)e^{-kt} \quad \text{avec } M = \frac{E}{k} = \lim_{t \rightarrow +\infty} m(t).$$

Il souligna la propriété remarquable manifestée par un tel système, qui est de transiter d'un état instable vers un état final qu'il qualifia ici de « métastationnaire », lequel est équifinal (indépendant de m_0) et ne dépend que des modalités de son ouverture, c'est-à-dire des constantes E et k caractérisant l'« assimilation » et la « dissimulation »¹.

Il s'agissait ensuite pour Bertalanffy de montrer que ces formules « se laissent appliquer sous la forme d'un calcul global aux processus de croissance biologique ». Dans sa perspective « métaboliste », le seul problème était pour lui de savoir comment lier les processus d'assimilation et de dissimulation. La construction analogique du modèle chimique imposait alors naturellement en retour de considérer les constantes E et k comme exprimant respectivement ces processus en tant que « valeurs moyennes statistiques », c'est-à-dire sous le point de vue d'une « statistique d'ordre supérieur ». Restait à savoir quelle variable faire correspondre à la masse des substances réactives impliquées dans le modèle chimique pour que l'analogie soit pertinente. Bertalanffy s'appuya à cet effet sur des travaux publiés en 1929 qui avaient établi par l'étude *in vitro* de cultures de certains tissus animaux de forme circulaire que le rayon de telles cultures peut justement (au moins dans les cas étudiés) être décrit au moyen d'équations homologues à celles décrivant l'évolution de son système-modèle chimique : ceci suggérait déjà que la mesure de la « dimension » du système à considérer dans l'analogie était sa grandeur linéaire². Il invoqua aussi implicitement la « loi de surface » de Rubner³ en observant (sans égard pour les modèles de Rashevsky) que si l'on considère une cellule sphérique de rayon r en croissance sous l'hypothèse que l'assimilation, au motif qu'elle dépend de l'absorption de nutriments au niveau de la membrane de la cellule et est donc directement corrélée à sa surface externe, est constante par unité de surface, alors l'hypothèse simple de proportionnalité de la dissimulation au volume de la cellule implique aussi une proportionnalité avec un facteur k au rayon r du rapport entre les mesures de la dissimulation et de l'assimilation ; de sorte que r satisfait des équations du même type que précédemment. Ainsi l'analogie de Bertalanffy pouvait-elle s'achever en considérant la « longueur » λ comme l'analogie de la masse m dans son modèle chimique ; d'où la formule qu'il savait bien sûr conforme à celle de Pütter (voir l'annexe 2-5-1-2) :

$$\lambda(t) = \Lambda - (\Lambda - \lambda_0)e^{-kt} \quad \text{avec } \Lambda = \frac{E}{k} = \lim_{t \rightarrow +\infty} \lambda(t)$$

où E et k désignaient toutefois, contrairement à la formule utilisée par Pütter, des « constantes d'anabolisme » et « de catabolisme » ayant une signification biologique et des valeurs susceptibles

¹ Bertalanffy L. von (1933a), pp. 639-640.

² Andersen B.E. & Fischer A. (1929), en particulier pp. 28-32 et p. 50 ; Bertalanffy L. von (1933a), pp. 641-642.

³ Voir l'annexe 2-5-1-2 : selon cette « loi », le taux d'anabolisme par unité de masse décroît en fonction de la taille d'un organisme mais demeure constant par unité de surface.

d'être déterminées expérimentalement ; et ce même si, comme Pütter l'avait déjà vu, l'hypothèse de constance de l'assimilation par unité de surface était trop restrictive, la réalité imposant d'en faire une fonction non constante de λ . Se déduisait aussi de la formule précédente l'expression de la masse μ , là encore homologue à celle de Pütter :

$$\mu(t) = \left[M^{\frac{1}{3}} - \left(M^{\frac{1}{3}} - \mu_0^{\frac{1}{3}} \right) e^{-kt} \right]^3 \quad \text{avec } M = \left(\frac{E}{k} \right)^3 = \lim_{t \rightarrow +\infty} \mu(t)$$

Bertalanffy put alors montrer, en reprenant des données expérimentales de Robertson et Schmalhausen, que ces formules en réalisaient un ajustement bien meilleur que celles (exposées dans l'annexe 2-5-1-2) employées par ces derniers, tout en évitant leurs inconvénients de principe respectifs (qu'il s'agisse de la nécessité d'une subdivision de la courbe en plusieurs parties, de la position insatisfaisante du point d'inflexion des courbes pondérales ou de la contradiction avec l'équifinalité de la masse et de la longueur finales) et en engageant l'étude de la croissance dans une nouvelle voie, beaucoup plus prometteuse et mieux fondée biologiquement : celle de ses connexions avec la physiologie du métabolisme¹. Bertalanffy ne fournit pas dans son article la méthode qui lui permit de réaliser ces ajustements, c'est-à-dire celle de détermination de la « constante de dissimilation (ou de catabolisme) » k (dont E peut se déduire par la relation $E = kM^{\frac{1}{3}}$). Mais il la fournit l'année suivante² : elle consistait à partir de la relation $\ln(\Lambda - \lambda) = \ln(\Lambda - \lambda_0) - kt$; à construire ensuite le diagramme semi-logarithmique associé, de telle sorte qu'on obtienne un « nuage » de points relativement bien alignés ; et à appliquer enfin la méthode de régression linéaire par la méthode des moindres carrés afin de déterminer le coefficient directeur de la droite de régression de $\ln(\Lambda - \lambda)$ en t , dont l'opposé donne la valeur de k .

Quoiqu'il en soit, ces premiers travaux ne permettaient guère à Bertalanffy, et il en était parfaitement conscient, que de montrer la *possibilité* de construire un véritable modèle mathématique de la croissance animale globale sur la seule base de la considération de l'organisme comme système ouvert et de la prise en compte de « l'un des traits essentiels les plus généraux des systèmes organiques », à savoir leur métabolisme, « sans la moindre hypothèse particulière sur la nature des processus vitaux » sous-jacents. C'est l'année suivante, en 1934, qu'il fournit un tel modèle théorique, avec ce que cela impliquait comme exigences compte tenu du cadre perspectiviste où il se plaçait.

2-5-1-4 – Premier modèle mathématique bertalanffien de croissance animale globale

Son approche fut dans cet article beaucoup plus systématique que dans le précédent. Il commença par en expliciter les fondements méthodologiques, à savoir en premier lieu une actualisation particulière de sa « théorie de l'indétermination biologique » et du point de vue « organismique » général d'une « statistique d'ordre supérieur ». Ces derniers se retrouvaient ici mobilisés au service de l'ambition d'une théorisation mathématique de la croissance globale, dont Bertalanffy posait ainsi la légitimité contre toutes les critiques contemporaines :

La croissance dépend aussi bien de facteurs internes qu'externes [...] Compte tenu de cette complication, la croissance globale est souvent considérée aujourd'hui comme un processus dont les raisons sont inexplicables [...] Et il est compréhensible que des chercheurs critiques conscients de la difficulté du problème opposent leur scepticisme au traitement mathématique de la croissance. De multiples exemples en physique et biophysique montrent cependant [...] qu'il est en principe possible de fournir des lois de type statistique pour les processus globaux inaccessibles à une analyse des événements sous-jacents [...] En ce sens, nous allons rechercher s'il est possible d'effectuer sous une forme *statistique* faisant *abstraction des processus individuels* une *analyse quantitative* de l'évolution de la croissance *en tant que processus global*³.

Ce qui signifiait donc, puisque le choix était fait par le Viennois de les tenir pour les seuls facteurs déterminants essentiels de ce processus, qu'il allait s'agir pour lui (comme pour Pütter et conformément aux réflexions de Przigram à ce sujet) de mathématiser la croissance globale en ne

¹ Bertalanffy L. von (1933a), pp. 642-645.

² Bertalanffy L. von (1934a), pp. 626-628.

³ *op. cit.*, p. 618. Les italiques me sont propres.

prenant en compte l'assimilation, la dissimilation et leur relation que de ce point de vue d'une « statistique d'ordre supérieur » :

La multiplicité des processus d'assimilation et de dissimilation n'est pas à étudier dans le détail ; il nous suffit pour une analyse quantitative de la croissance de prendre en compte la relation dans laquelle ils se trouvent [...] Pour le traitement mathématique de la croissance, nous avons seulement besoin, par *abstraction des processus individuels* d'anabolisme et de catabolisme, d'introduire des expressions qui signifient sous une forme *statistique* des *valeurs moyennes* pour l'anabolisme et le catabolisme globaux¹.

Encore fallait-il toutefois être clair sur ce que l'on entendait par « mathématiser ». Et Bertalanffy, dont on retrouve bien sûr ici en première ligne la conception anti-empiriste de la théorisation mathématique, fut particulièrement vigoureux dans sa récusation des velléités d'assimiler les travaux antérieurs sur le sujet à d'authentiques mathématisations. Il remarquait en effet que quand bien même ces travaux avaient réussi à faire concorder des relations mathématiques avec des données empiriques, ce qui n'était d'ailleurs pas toujours le cas, aucune de ces relations ne présentait la faculté d'embrasser un large spectre de phénomènes de croissance de manière raisonnablement précise tout en ayant une capacité prédictive. Et qu'il s'agissait essentiellement de simples exercices d'ajustement caractérisés avant tout par l'absence de force démonstrative, dont toutes les faiblesses, au premier chef l'absence de rationalité et de valeur explicative, tenaient au fait que l'on avait cherché avec elles à plaquer des mathématiques directement sur des données empiriques au lieu de les concevoir comme le produit d'une mise en forme mathématique d'hypothèses biologiques :

Nous ne pouvons pas procéder en tentant en premier lieu de réaliser empiriquement une approximation satisfaisante de tel ou tel cours de croissance par une fonction quelconque, avant de rechercher *a posteriori* une interprétation physiologique de l'équation ainsi obtenue ; car du fait de leur caractère compliqué, les courbes de croissance peuvent, ainsi que le montrent les traitements mathématiques du problème de la croissance jusqu'alors, être restituées avec une plus ou moins bonne approximation par des expressions mathématiques très différentes, de sorte qu'en cas d'ajustement imprécis il devient difficile de décider si cette imprécision est déterminée par un choix erroné de la fonction ou plutôt par le fait que le cours normal de la croissance fut perturbé par des facteurs compliqués. Au contraire, nous devons *partir d'hypothèses plausibles sur les causes* de la croissance *et formuler mathématiquement ces hypothèses*. Ensuite, nous avons à *tester si la loi adoptée s'accorde à l'expérience*, c'est-à-dire si les cours empiriques de croissance se laissent effectivement calculer selon la voie choisie².

Bertalanffy n'avait aucunement l'intention de se limiter comme ses prédécesseurs à une *description* du cours de la croissance globale. Il s'agissait pour lui de *l'expliquer*. C'est-à-dire, compte tenu de sa conception nomologico-déductive de l'explication, que la mathématisation avait à ses yeux pour fonction de permettre la subsomption de ce processus sous des principes en fournissant les moyens de dériver logiquement les conséquences nécessaires de ces principes, et qu'elle ne pouvait donc accomplir cette fonction qu'en conjonction avec des considérations proprement biologiques. Le Viennois répondait ainsi indirectement non seulement aux critiques spécifiquement adressées aux « mathématiques de la croissance », mais plus largement à l'une des objections majeures adressées par l'immense majorité de ses collègues biologistes aux approches biomathématiques en général :

En tant que biologistes, nous ne pouvons nous satisfaire de l'élaboration d'une formulation mathématique qui se limite à réaliser une approximation plus ou moins bonne du cours de la croissance [...], c'est-à-dire qui constitue en dernière analyse une *description* des courbes de croissance par des expressions mathématiques. En réalité, une formulation mathématique n'a au contraire de sens biologique que lorsqu'elle *explique* l'évolution caractéristique des courbes, c'est-à-dire lorsqu'elle nous permet une compréhension des fondements causaux du processus [...] Une étude quantitative d'un phénomène tel que la croissance reste stérile tant que l'analyse demeure mathématique-formelle. L'exigence que nous devons poser est bien plutôt l'association d'analyses mathématiques, morphologiques et physiologiques. Si nous satisfaisons cette exigence, nous aurons

¹ *op. cit.*, p. 622. Les italiques me sont propres.

² Bertalanffy L. von (1934a), pp. 618-619. Les italiques me sont propres.

indiqué la voie qui peut mener à une légalité exacte en biologie et l'élever au rang de science exacte de la nature, laquelle permet la pleine domination conceptuelle et pratique des phénomènes¹.

La construction d'un modèle mathématique du cours de la croissance globale nécessitait donc en premier lieu celle d'un « objet-modèle » de l'organisme en croissance susceptible d'être mathématiquement modélisé. Cet « objet-modèle » était sans surprise engendré par son premier schème d'interprétation « organismique » : c'était celui d'un système ouvert aux flux de matière, assimilant une partie de la matière issue de son environnement et en dissimilant une fraction, l'accroissement de masse de ce système résultant du déséquilibre entre ces processus antagonistes. En était dérivé un « objet-modèle » de la croissance proprement dite par adjonction du principe de constance des facteurs « externes » et « internes » déterminants ces processus ; un principe qui revenait à analyser la croissance globale sous l'hypothèse d'une « constance des conditions physiologiques », à une restriction éventuelle près à une phase de croissance déterminée, dont Bertalanffy souligna bien la nécessité pour toute prétention à saisir mathématiquement le cours global de la croissance². L'« objet modèle » de la croissance construit sur ces principes était dès lors :

$$\text{Variation de masse} = \text{assimilation} - \text{dissimilation} \quad (\text{par unité de temps})$$

Il s'agissait ensuite de faire des hypothèses sur les deux processus d'assimilation et de dissimilation, dont l'expérience devrait *a posteriori* justifier ou non la pertinence. Ici commençait le travail de modélisation mathématique à proprement parler :

Nous n'avons aucune possibilité d'établir directement dans quelles relations se trouvent les processus organiques sous-jacents à l'assimilation et à la dissimilation. Afin de progresser néanmoins vers une analyse ultérieure, nous devons d'abord faire une hypothèse simple sur ces relations ; l'expérience devra ensuite montrer dans quelle mesure les conséquences qui s'en déduisent s'y accordent et donc dans quelle mesure cette approche peut être vue comme valable³.

En premier lieu, une hypothèse parfaitement légitime de régularité était que la variation de la masse μ par unité de temps peut être exprimée sous forme différentielle. Mais que dire de l'assimilation et de la dissimilation ? Sous l'hypothèse de constance des conditions physiologiques, elles pouvaient être *a priori* considérées comme des fonctions ayant pour arguments μ et le temps t . Bertalanffy, et il y a à cela de bonnes raisons qui seront considérées plus loin, supposa que seule la masse devait être retenue comme argument, sans jamais, avant 1964, fournir une raison de principe qui le motivait implicitement en ce sens ; à savoir que c'était la seule manière d'assurer à la fonction μ solution de l'équation recherchée la propriété d'avoir une valeur limite « équifinale »⁴. Cette première phase de modélisation fournissait en effet l'équation différentielle générale :

$$\frac{d\mu}{dt} = A(\mu) - C(\mu) \quad (1)$$

où A et C sont des fonctions exprimant respectivement l'effet sur la variation de masse des processus anaboliques et cataboliques. De sorte que la masse finale M , solution de l'équation $\frac{d\mu}{dt} = 0 \Leftrightarrow (A - C)(\mu) = 0$, était effectivement dans ces conditions nécessairement indépendante de la masse initiale μ_0 et des éventuelles péripéties du cours de la croissance affectant sa durée jusqu'à son terme. Restait à spécifier les fonctions A et C . Du point de vue mathématique, le plus simple était de les considérer comme des puissances de μ . Mais il était hors de question pour Bertalanffy de se limiter à de telles considérations, puisque l'exigence de rationalité biologique était simultanément posée.

En ce qui concerne C , tout indiquait la pertinence de la définir comme une fonction linéaire de μ . En effet, bon nombre d'études expérimentales consistant à soumettre un animal à l'état de jeûne et soit à mesurer la quantité d'azote contenue dans la matière dissimilée (essentiellement l'urine et les fèces), soit en mesurant directement la déperditions de protéines par comparaison des masses totales et des masses protidiques par unité de masse sur une longue période de jeûne, avaient établi une

¹ Bertalanffy L. von, (1934a), p. 619 et (1941a), pp. 4-5.

² Bertalanffy L. von (1934a), p. 619 et p. 622.

³ *op. cit.*, p. 622.

⁴ Pour cette justification très tardive, voir Bertalanffy L. von (1964d), pp. 22-23.

proportionnalité de cette perte à la masse par unité de temps, donc sa décroissance exponentielle, conformément à une équation du type :

$$\frac{d\mu}{dt} = -c\mu$$

c , « constante de catabolisme », correspondait dans cette équation à ce que Rubner avait appelé à la fin du XIX^e siècle le « taux d'usure » [*Abnützungquote*], mesure de la fraction de la masse totale perdue par unité de temps par les excréments, la sueur, le désquamage, la perte de poils, etc¹. Quant à la fonction A , Bertalanffy persista en 1934 à faire la même hypothèse que l'année précédente : la proportionnalité de l'assimilation à la surface σ de l'organisme. Cette hypothèse était cette fois justifiée d'une part par la dépendance directe de l'assimilation à l'absorption de nutriments, celle-ci dépendant non moins directement de la mesure des surfaces de résorption (telles que celle du tractus intestinal) ; et d'autre part par la dépendance de l'anabolisme au « métabolisme de fonctionnement » grâce auquel les énergies nécessaires à la synthèse organique sont fournies, lequel se révélait très souvent assujéti à la « loi de surface » de Rubner (indépendamment des explications insuffisantes que celui-ci en avait donné). Bertalanffy put aussi appuyer son hypothèse sur des considérations morphologiques : son collègue allemand Richard Hesse avait ainsi montré en 1927 d'une part la nette tendance des surfaces intestinales à se trouver chez les petits animaux dans un rapport plus élevé à leur masse que chez les animaux plus grands, favorisant ainsi une plus grande assimilation par unité de masse ; et d'autre part la tendance, pour des organismes de formes similaires, à atteindre une taille d'autant plus grande que le développement de leurs surfaces internes est important². Ainsi Bertalanffy retrouvait-il, mais en ayant cette fois fourni toutes ses justifications, l'équation de croissance :

$$\frac{d\mu}{dt} = a\sigma - c\mu \quad (2)$$

Laquelle pouvait s'écrire, sous les hypothèses simplificatrices de proportionnalité de la masse au volume et de croissance proportionnelle :

$$\frac{d\mu}{dt} = a\mu^{\frac{2}{3}} - c\mu \quad (3)$$

Une combinaison mathématiquement heureuse d'hypothèses, puisqu'elle était précisément celle permettant d'intégrer de manière exacte cette équation de Bernoulli au moyen de la « longueur », c'est-à-dire du changement de variable $\lambda = \mu^{\frac{2}{3}} = \mu^{1-\frac{1}{3}}$, et de retrouver les solutions :

$$\lambda(t) = \Lambda - (\Lambda - \lambda_0)e^{-\frac{c}{3}t} \quad \text{avec } \Lambda = \frac{a}{c}$$

$$\mu(t) = \left[M^{\frac{1}{3}} - \left(M^{\frac{1}{3}} - \mu_0^{\frac{1}{3}} \right) e^{-\frac{c}{3}t} \right]^3 \quad \text{avec } M = \left(\frac{a}{c} \right)^3$$

Bertalanffy réitéra dans son article de 1934 son insistance sur les mérites déjà évoqués de ces équations par rapport à celles fournies par ses prédécesseurs, dont elles évitaient effectivement la plupart des inconvénients. S'il reconnut la valeur des travaux de Pütter, il pointa en particulier le fait qu'il avait substitué au douteux « nombre de croissance » de son collègue une constante directement liée au « taux d'usure » de Rubner, qui avait par là-même une signification biologique claire³. Il fournit par ailleurs de multiples nouvelles preuves de l'adéquation empirique de ses équations en montrant leur très bonne concordance avec la croissance observée chez bon nombre d'espèces aquatiques, principalement des poissons d'eau froide (à croissance lente) – des expériences qu'il réalisa lui-même à Vienne vers 1936 et à Woods Hole en 1938 sur *Lebistes reticulatus* lui permirent par la suite de montrer que leur adéquation demeure chez cette espèce de poisson ayant l'intérêt original d'être tropical et à croissance rapide, mais surtout qu'elle reste tout-à-fait adéquate à la description du cours de la croissance à des stades post-embryonnaires précoces⁴.

¹ Bertalanffy L. von (1934a), p. 623 et p. 639 ; (1941c), pp. 514-515 ; (1942), pp. 178-179, pp. 211-214 et p. 240 ; (1964d), p. 23.

² Bertalanffy L. von (1934a), p. 623 et p. 633 ; (1942), pp. 191-202, p. 240 et pp. 243-244.

³ Bertalanffy L. von (1934a), p. 625, p. 634 et pp. 646-650 ; ses critiques sont plus détaillées dans (1942), pp. 259-271.

⁴ Bertalanffy L. von (1938), pp. 192-195.

L'aspect à mes yeux le plus important de son article de 1934, où l'on retrouve une manifestation de son perspectivisme déjà discutée au 2-1-3-11, reste toutefois que Bertalanffy, qui affirmait « ne pas vouloir se satisfaire » de ces apparents succès, chercha à y faire un « pas supplémentaire » : montrer qu'il y avait une véritable *objectivité* dans ses équations, au sens où ses « constantes métaboliques » n'étaient « pas seulement des grandeurs mathématiquement construites, mais des réalités physiologiques ». En effet, nous avons vu que l'ajustement de données empiriques au moyen de ses équations lui permettait de calculer une valeur approchée de la « constante de catabolisme » c ; il montra alors pour plusieurs espèces la concordance entre ces valeurs et celles des « taux d'usure » correspondants que des expériences de physiologie du métabolisme permettaient de déterminer de manière complètement indépendante de ses équations. Il s'agissait là pour lui d'« une vérification importante de la théorie », sachant qu'une telle objectivité était justement à ses yeux une condition nécessaire pour pouvoir effectivement parler de « théorie » :

En physique vaut toujours comme la plus forte vérification d'une théorie le fait que puissent s'en déduire des conséquences mathématiques qui peuvent être confirmées par des domaines et des méthodes de recherche totalement différents. Nous croyons avoir atteint ici quelque chose de semblable dans le domaine biologique¹.

Et Bertalanffy de souligner qu'une conséquence de cette réussite était de rendre totalement superflue la mystérieuse « pulsion » que certains vitalistes, arguant en particulier de son équifinalité, avaient invoquée pour expliquer la croissance : le cours de celle-ci apparaissait dans son modèle théorique comme une conséquence nécessaire des conditions du système ouvert organique, l'état final apparaissant en particulier univoquement déterminé par le rapport entre « constantes métaboliques »². Si l'argument était affaibli par le fait que sa modélisation avait d'emblée été choisie afin d'assurer cette équifinalité, il est indéniable que le Viennois avait déjà trouvé avec ce premier modèle une illustration concrète de ce que pouvait fournir une biologie holistique se plaçant « par-delà le mécanicisme et le vitalisme ».

2-5-1-5 – *Les insuffisances du premier modèle et leurs significations*

Bertalanffy ne pouvait toutefois pas esquiver plusieurs problèmes *a priori* posés par sa modélisation (2) et les équations de croissance qui en dérivait. Le premier semblait être celui de leur confrontation au cas des mammifères, dont la croissance était en général considérée comme défiant toute tentative de description au moyen d'une seule équation compte tenu de l'importance qu'y jouent tant des facteurs externes tels que la nutrition, la température et les cycles saisonniers, que des facteurs internes, en particulier hormonaux. Mais il ne s'agissait pas d'un problème essentiel pour Bertalanffy : son modèle théorique étant d'emblée construit sous l'hypothèse de constance de tous ces facteurs, on ne pouvait pas lui opposer de tels arguments. La seule question pertinente était de savoir si ses équations permettaient effectivement de rendre compte des différentes phases de la croissance éventuellement induites par la variation de ces facteurs, pourvu que soient alors prises en compte les modifications correspondantes des « constantes métaboliques ». C'est à la fin de son dernier article publié sur la croissance organique, en 1964, que Bertalanffy exprima au mieux l'esprit de sa théorie (alors aboutie) à cet égard :

Ce qui est réellement invariant [dans les phénomènes de croissance globale], c'est l'organisation des processus exprimée par certaines relations. Voilà ce qu'établit la théorie et ce que montre l'expérimentation, à savoir qu'il existe des *relations fonctionnelles entre certains paramètres métaboliques et certains paramètres de croissance*. Ceci n'implique pas que les paramètres eux-mêmes soient inchangeables – et l'expérimentation montre qu'ils ne le sont pas³.

Ses travaux au sujet spécifique des mammifères, effectués entre 1935 et le début 1937, se manifestèrent dans le troisième article sur la croissance qu'il publia en 1938 à l'issue de son séjour aux États-Unis. Il s'y révèle que Bertalanffy analysa au cours de cette période bon nombre de données empiriques fournies dans la littérature existante (sans qu'il n'ait là entrepris ses propres

¹ Bertalanffy L. von (1934a), p. 645. Voir aussi pp. 639-644.

² *op. cit.*, p. 626.

³ Bertalanffy L. von (1964d), p. 28. Les italiques me sont propres.

expérimentations) afin de mettre une nouvelle fois à l'épreuve son modèle théorique. Il parvint d'abord à montrer sur le cas des rats et des souris que moyennant une subdivision de l'analyse du cours de la croissance tenant compte des phases de croissance distinctes impliquées par la transition vers la maturité sexuelle, donc par des transformations hormonales affectant le métabolisme, ses équations persistaient à très bien rendre bien compte du cours de la croissance globale de ces animaux¹. Mais, dans son effort perspectiviste pour établir l'objectivité de ses équations de croissance, il s'intéressa aussi au cas de l'homme. Et il montra que le « minimum physiologique de protéines », c'est-à-dire la quantité de protéines nécessaire pour la conservation de l'organisme lorsque tous ses besoins énergétiques sont satisfait par des apports non protéiques, à savoir environ 80 g quotidiens pour un adulte de 70 kg, peut être calculé à partir de ses équations de croissance (il trouva 81,7 g) : la valeur de ce minimum par unité de masse et de temps, là encore déterminable par des expériences physiologiques indépendantes de ses équations, se révélait bien correspondre à sa « constante catabolique ». Un problème restait toutefois en suspens en 1938, à savoir l'important décalage systématiquement observé (dans le cas des souris et des rats comme dans celui de l'homme) entre le catabolisme protéique tel que déterminé par le minimum d'excrétions d'azote pour un organisme privé de nutriments azotés et le minimum physiologique de protéines effectivement observé, environ deux fois plus élevé². Mais cette apparente contradiction, qui rendait problématique le modèle de Bertalanffy du point de vue de sa volonté d'identifier sa « constante de catabolisme » au « taux d'usure », fut transformée tout au long des années 1940 en triomphe par le biais de l'introduction de l'utilisation de traceurs isotopiques pour l'étude du taux de renouvellement protéique (quantité de protéines éliminées par unités de masse et de temps) : il apparut alors que les méthodes antérieurement utilisées pour l'étude du catabolisme protéique étaient inadéquates, et surtout que ces taux tels que mesurés chez tous les mammifères qu'avaient étudiés Bertalanffy en 1938 correspondaient remarquablement bien aux « constantes cataboliques » de ses équations de croissance associées, pouvant d'ailleurs de ce fait être considérés comme leur interprétation la plus adéquate³.

Si Bertalanffy put ainsi établir la compatibilité de son modèle avec la distinction de plusieurs phases ou cycles de croissance, d'autres cas de croissance animale globale semblaient *a priori* devoir lui opposer une résistance beaucoup plus problématique : restaient en effet tous les cas où le cours de la croissance est non seulement quantitativement, mais surtout qualitativement très différent de celui prévu par ses équations. Ainsi apparaissait-il que si (3) et les formules qui en dérivait s'accordaient bien aux bactéries de forme sphérique, tel n'était pas du tout le cas des bactéries ayant une forme de bâtonnet, dont la longueur et la masse ont une croissance de type exponentielle. Mais Bertalanffy remarqua bien en 1934 que si (3) se trouvait incontestablement mise en défaut dans ce cas, il n'en allait pas de même de (2) et encore moins de (1). En effet, dans la mesure où les bactéries en question croissent presque exclusivement en longueur selon une seule direction, leur surface comme leur volume tendent à croître proportionnellement à leur longueur telle que mesurée selon l'axe de leur croissance ; de sorte que l'hypothèse de croissance proportionnelle, qui implique une proportionnalité de la surface au carré de la longueur, n'est pas satisfaite dans ce cas et que longueur et masse se trouvent ici toutes deux solutions d'une équation du type :

$$\frac{dy}{dt} = ay - cy$$

dont la solution $y = y_0 e^{(a-c)t}$ correspond bien à des croissances linéaire et pondérales de type exponentiel⁴.

Un autre cas *a priori* problématique car correspondant à ces mêmes types de croissance était celui des larves d'insectes. Il apparaissait plus gênant encore que le précédent, dans la mesure où l'équation (2) devenait ici elle-même intenable. Ce cas est en effet particulier (bien que certains autres organismes, nous le verrons plus loin, s'y rangent aussi) : la « loi de surface » de Rubner ne s'y applique pas du tout. Dérivée du lien établi entre anabolisme et respiration (absorption d'oxygène), qui se trouve certes en général en raison directe de la surface, elle ne s'applique pas au cas des insectes,

¹ Bertalanffy L. von (1938), pp. 196-206.

² *op. cit.*, pp. 207-211.

³ Bertalanffy L. von (1942), pp. 186-188 et (1964d), pp. 26-27.

⁴ Bertalanffy L. von (1934a), pp. 629-630 et (1938), p. 187.

pour lesquels Wolfgang von Buddenbrock avait montré en 1928 une proportionnalité à la masse de l'intensité respiratoire. Néanmoins, au lieu de voir dans ces faits une réfutation de son modèle, Bertalanffy considérait qu'il s'agissait d'une nouvelle « preuve », « frappante », de sa solidité¹. Car la modélisation (1) tient parfaitement ici, prenant simplement la forme :

$$\frac{d\mu}{dt} = a\mu - c\mu$$

avec encore des solutions de type exponentiel.

Se manifeste bien là une conséquence de la conception perspectiviste que Bertalanffy se faisait de la théorisation, qui contribua beaucoup à son originalité et l'on peut même dire à sa force par rapport aux autres approches mathématiques du problème de la croissance organique globale. Seule l'équation (1) lui apparaissait comme fondamentale pour la construction de sa théorie. Sa vision illustre parfaitement la nécessité sur laquelle j'ai insisté au 2-2-2-4 de distinguer les concepts d'« objet-modèle », de modélisation et de modèle. Car si (1) constituait la première étape de la modélisation de son « objet-modèle », elle n'en constituait guère plus qu'une mise en forme mathématique certes privilégiée parmi d'autres possibles, mais très générale, à laquelle la fonction d'« objet-modèle », mathématique cette fois, était déléguée. Et Bertalanffy avait très bien compris qu'aucun échec de certaines modélisations spécifiques construites sur sa base ne pouvait directement l'invalider, tant que l'on restait en mesure de lui faire jouer un rôle d'interprétation mathématique adéquate du phénomène étudié en revenant en amont de ces modélisations. En d'autres termes, qu'une sorte de hiérarchie était engendrée au cours du processus de modélisation, dont les niveaux supérieurs n'ont pas à être remis en cause dans leur fonction tant que les niveaux qui leur sont subordonnés n'ont pas épuisé leur potentiel. (1) jouait ainsi le rôle de dernier niveau supérieur à remettre en question avant de s'attaquer à son « objet-modèle » de la croissance et, ultimement au schème d'interprétation « organismique » dont il était dérivé. En conséquence, si l'équation (2), première étape de spécification de la modélisation mathématique, présentait pour lui l'intérêt d'exprimer des hypothèses biologiquement fondées et de permettre une description fidèle du cours de la croissance observé chez de nombreuses espèces, Bertalanffy eut quasiment d'emblée conscience du fait qu'elle n'avait pas à être dogmatiquement interprétée ni utilisée, sa généralité présentant d'indéniables limites. Ses travaux entre 1935 et 1941 eurent à cet égard non pas pour but d'en démontrer l'universalité, mais d'en délimiter avec autant de précision possible le spectre de validité, quand bien même il se révélait large :

Ce qui importe en réalité n'est évidemment pas de poser la règle de surface [de Rubner] comme un dogme, [...] mais d'établir sans préjugés quelle sorte de dépendance entre taille et métabolisme est réalisée dans les différents groupes animaux. Et une étude de ce type montre que la règle de surface, i.e. la dépendance du métabolisme à la puissance deux tiers de la masse corporelle, n'est qu'un des cas possibles, qui représente en tout état de cause de loin le plus important et le plus répandu ; mais à ses côtés viennent encore d'autres formes de dépendance².

Il va certes se révéler qu'il demeura toujours attaché à son hypothèse sur la dissimilation et le catabolisme – un attachement légitime au vu de ses assises expérimentales auquel il trouva aussi, nous le verrons, des raisons mathématiques. Mais sa reconnaissance, dès son article de 1934, de la variabilité de l'intensité d'assimilation fut précisément le point de départ d'une construction beaucoup plus sophistiquée achevée vers 1939 et seulement publiée en 1941 (certainement en partie du fait des circonstances historiques difficiles, mais aussi pour des raisons purement scientifiques qui seront évoquées plus loin) : une véritable *théorie* mathématique de la croissance organique globale satisfaisant, contrairement à son premier modèle, *tous* les critères qu'il considérait comme nécessaires pour pouvoir parler de théorie – au premier chef ici : la capacité à embrasser l'ensemble des phénomènes de croissance animale globale et celle d'en prévoir certains aspects encore inconnus. L'aboutissement en fut une classification des « types de croissance » globale en fonction de « types métaboliques » correspondants³. Bertalanffy la qualifia de « généralisation » de ses travaux publiés en 1934, mais il avait alors déjà posé les bases de cette théorie tout en suggérant sa nécessité. Il en avait aussi clairement défini la motivation, profondément enracinée dans son point de vue

¹ Bertalanffy L. von (1934a), pp. 632-633 et (1938), pp. 187-189.

² Bertalanffy L. von (1941c), p. 511.

³ Bertalanffy L. von (1941c) et (1949a).

« organismique » : établir un « lien causal nécessaire » mathématiquement exprimable entre métabolisme et croissance et retourner ainsi le point de vue classique qui faisait du métabolisme une fonction de la taille du corps pour faire de celle-ci une fonction du premier¹. Il est par ailleurs probable que Bertalanffy, qui mentionna dès 1933 l'aide du mathématicien Hans Rademacher², ait été très tôt conscient des directions dans lesquelles il pouvait *a priori* tenter la généralisation en question, qu'il va s'agir maintenant d'examiner avant de considérer sa portée vis-à-vis de son programme « organismique », mais aussi dans la genèse simultanée de son projet de « systémologie générale ».

2-5-1-6 – La théorie mathématique de la croissance animale globale de Bertalanffy

La première spécification de (1) opérée par le Viennois³ consista à exprimer la croissance de l'assimilation et de la dissimilation en raison allométrique de la masse, c'est-à-dire à y formuler les fonctions A et C comme des fonctions puissances positives de μ , en une équation encore très générale dont on peut remarquer qu'elle contenait l'équation « logistique » aussi bien que sa modélisation (3) comme cas particuliers :

$$\frac{d\mu}{dt} = a\mu^m - c\mu^n \quad \text{avec } 0 < m \leq n \quad (4)$$

Bertalanffy justifia le choix de la stricte positivité des exposants par une raison purement biologique simple, celle de la croissance avec la masse, toujours observée, de l'assimilation et de la dissimilation dans des conditions normales. Il justifia par contre l'inégalité $m \leq n$ par des considérations purement mathématiques, à ceci près qu'elles étaient motivées par l'observation biologique : le fait que les courbes de croissance pondérale empiriquement déterminées au cours d'un cycle de croissance donné soient toujours de type sigmoïde lorsqu'elles n'ont pas une forme exponentielle (lequel cas se retrouve avec $m = n = 1$). L'ambition de pouvoir rendre compte par une même théorie mathématique de tous les types de croissance observés imposait de pouvoir retrouver cette possibilité, d'autant plus qu'elle apparaissait de loin la plus générale. Or, pour qu'une courbe intégrale de (4) soit de type sigmoïde, il faut qu'elle admette un point d'inflexion. Bertalanffy, qui prit soin ici de fournir une justification mathématique détaillée, établit en premier lieu que ce point d'inflexion, s'il existe, se produit pour une valeur de μ correspondant à $\frac{\mu}{M} = \left(\frac{m}{n}\right)^{\frac{1}{n-m}}$, où M désigne la masse finale (asymptotique) de valeur $\left(\frac{a}{c}\right)^{\frac{1}{n-m}}$ (correspondant à la solution non triviale de l'équation $\frac{d\mu}{dt} = a\mu^m - c\mu^n = 0$). Bertalanffy omit de préciser qu'une condition nécessaire pour l'existence d'un point d'inflexion⁴ est que la masse initiale μ_0 soit inférieure à $\left(\frac{m}{n}\right)^{\frac{1}{n-m}}M$. Mais il montra correctement⁵ que la nécessité de l'inégalité

¹ Bertalanffy L. von (1941c), pp. 510-513.

² Bertalanffy L. von (1933a), p. 645. Sur Rademacher (connu pour ses travaux sur les fonctions holomorphes) : Taton R. (1964, 1995), p. 43.

³ Bertalanffy L. von (1941c), pp. 513-514 et pp. 524-526 pour les justifications mathématiques des inégalités concernant m et n .

⁴ On déduit d'abord de (4) que $\frac{d^2\mu}{dt^2} = (ma\mu^{m-1} - nc\mu^{n-1}) \frac{d\mu}{dt}$. Dès lors qu'il y a croissance, $\frac{d\mu}{dt} > 0$ implique donc que $\frac{d^2\mu}{dt^2}$ est du signe de $(ma\mu^{m-1} - nc\mu^{n-1})$. Or, $ma\mu^{m-1} - nc\mu^{n-1} \leq 0 \Leftrightarrow \frac{\mu^{n-1}}{\mu^{m-1}} \geq \frac{ma}{nc} \Leftrightarrow \mu^{n-m} \geq \frac{m}{n} \frac{a}{c}$. On a donc : $\frac{d^2\mu}{dt^2} \leq 0 \Leftrightarrow \mu \geq \left(\frac{m}{n}\right)^{\frac{1}{n-m}}M$.
Telle est la justification fournie par Bertalanffy. Plus précisément, on déduit de ce qui précède d'une part que $\frac{d^2\mu}{dt^2} < 0$ pour $\mu > \mu_0$ si $\mu_0 \geq \left(\frac{m}{n}\right)^{\frac{1}{n-m}}M$ et qu'il ne peut donc dans ce cas pas y avoir de point d'inflexion. Et d'autre part que si, au contraire, $\mu_0 < \left(\frac{m}{n}\right)^{\frac{1}{n-m}}M$, alors $\frac{d^2\mu}{dt^2} > 0$ dès que $\mu_0 \leq \mu < \left(\frac{m}{n}\right)^{\frac{1}{n-m}}M$, $\frac{d^2\mu}{dt^2} = 0$ pour $\mu = \left(\frac{m}{n}\right)^{\frac{1}{n-m}}M$ et $\frac{d^2\mu}{dt^2} < 0$ pour $\left(\frac{m}{n}\right)^{\frac{1}{n-m}}M < \mu < M$: ce qui prouve que la courbe représentative de la fonction μ admet effectivement dans ce cas un point d'inflexion pour $\mu = \left(\frac{m}{n}\right)^{\frac{1}{n-m}}M$.

⁵ Sa démonstration fut la suivante ((1941c), p. 526) : l'inégalité $\frac{d^2\mu}{dt^2} = (ma\mu^{m-1} - nc\mu^{n-1}) \frac{d\mu}{dt} < 0$, qui est équivalente à $ma\mu^{m-1} - nc\mu^{n-1} < 0$ sous l'hypothèse de croissance de μ , donne lorsqu'elle est appliquée en M l'inégalité : $maM^{m-1} - ncM^{n-1} < 0$;

$\frac{d^2\mu}{dt^2} < 0$ dès lors que μ a dépassé la valeur $\left(\frac{m}{n}\right)^{\frac{1}{n-m}}M$ correspondant au point d'inflexion, donc en particulier à la limite $\mu = M$, implique effectivement la condition $m < n$.

Cette première spécification (4) de l'« objet-modèle » mathématique (1) pouvait toutefois être poursuivie au moyen d'autres considérations imposant des conditions plus contraignantes sur les exposants m et n . Revenant sur son hypothèse de 1934 qui s'était justement révélée trop restrictive, Bertalanffy retint d'abord la condition $m \geq \frac{2}{3}$ (au lieu de l'égalité) sur la base de deux arguments physiologiques. Le premier était qu'au moins chez les animaux supérieurs (aérobies), la production des énergies nécessaires aux processus anaboliques est conditionnée par la respiration, la capacité d'assimilation d'oxygène croissant *au moins* en raison des surfaces la permettant ; et que même en prenant en compte les cas d'animaux anaérobies, l'expérience n'avait jamais mis en évidence de cas où cette capacité n'est pas *au moins* proportionnelle à cette dimension en bonne approximation homogène à une surface qu'est la puissance $\frac{2}{3}$ de la masse. Le second argument, déjà rencontré et valant tout particulièrement pour les animaux inférieurs, était que l'anabolisme dépend aussi de la capacité de résorption des nutriments, et qu'il croît donc aussi *au moins* en raison proportionnelle aux surfaces permettant cette résorption¹. Par ailleurs, outre le fait qu'aucune raison biologique ne pouvait permettre de laisser penser à une dépendance de la dissimilation à la masse en raison allométrique supérieure à 1, des raisons déjà exposées conduisirent Bertalanffy à reprendre l'hypothèse de l'égalité $n = 1$. On pouvait bien sûr songer aussi à envisager le cas où $n < 1$, mais d'une part rien ne le justifiait du point de vue expérimental ; et d'autre part, Bertalanffy remarqua que les courbes intégrales de (4) obtenues sous l'hypothèse $\frac{2}{3} \leq m < n < 1$ ne présentaient que des différences minimales par rapport à celles obtenues sous l'hypothèse $\frac{2}{3} \leq m < n = 1$. S'il se limita à le montrer numériquement sur un cas particulier² ($m = \frac{2}{3}$ et $n = \frac{3}{4}$), on peut démontrer que des variations de n entre m et 1 sous cette hypothèse affectent effectivement très peu la position du point d'inflexion des courbes intégrales (ce qui est d'autant plus vrai que m est grand ou que n est voisin de 1)³.

Bertalanffy put conclure l'ensemble de ces considérations à la fois biologiques et mathématiques par la modélisation suivante, qui constitue ce que l'on peut appeler les *équations générales de la croissance animale globale de Bertalanffy*, lesquelles forment une classe particulière des équations différentielles non linéaires dites de Bernoulli :

$$\frac{d\mu}{dt} = a\mu^m - c\mu \quad \text{avec} \quad \frac{2}{3} \leq m \leq 1 \quad (5)$$

soit : $M^{n-m} > \frac{ma}{nc}$. En tenant compte de $M = \left(\frac{a}{c}\right)^{\frac{1}{n-m}}$, on obtient donc : $\frac{a}{c} > \frac{m a}{n c}$, d'où $\frac{m}{n} < 1$ puis, compte tenu de la positivité supposée de $n : m < n$.

¹ Bertalanffy L. von (1941c), p. 516.

² *op. cit.*, pp. 530-531.

³ Bertalanffy n'a fourni que les résultats concernant le cas particulier mentionné, et sans détail justificatif. Je démontre ici ce résultat dans le cas général. Supposons en effet que $m \geq \frac{2}{3}$ soit fixé et que l'on fasse varier n sur l'intervalle $]m; 1[$. On a vu que le rapport $\frac{\mu}{M}$

correspondant au point d'inflexion de la sigmoïde est une fonction φ_m de n qui s'exprime par : $\varphi_m(n) = \left(\frac{m}{n}\right)^{\frac{1}{n-m}} = e^{-\frac{\ln(n)-\ln(m)}{n-m}}$. Sa

dérivée est donnée par $\varphi'_m(n) = \frac{\left(\frac{m}{n}-1\right)-\ln\left(\frac{m}{n}\right)}{(n-m)^2} e^{-\frac{\ln(n)-\ln(m)}{n-m}}$ et compte tenu de l'inégalité $\ln(x) < x - 1$ valable pour tout $x > 0$, on en

déduit qu'elle est strictement positive sur $]m; 1[$; de sorte que φ_m est une fonction strictement croissante à valeurs dans $]\lim_{n \rightarrow m} \varphi_m(n); \lim_{n \rightarrow 1} \varphi_m(n)[$, c'est-à-dire (puisque $\lim_{n \rightarrow m} \varphi_m(n) = e^{-\ln'(m)} = e^{-\frac{1}{m}}$) dans $I_m =]e^{-\frac{1}{m}}; m^{\frac{1}{1-m}}[$. Les deux bornes de l'intervalle ainsi obtenu sont clairement croissantes avec m et son amplitude tend à décroître à mesure que m se rapproche de 1. On a

$I_{2/3} =]\frac{1}{e\sqrt{e}}; \frac{8}{27}[\approx]0,2231; 0,2963[$; et on a : $\lim_{m \rightarrow 1} I_m = \frac{1}{e} \approx 0,3679$ car $\lim_{m \rightarrow 1} m^{\frac{1}{1-m}} = \lim_{m \rightarrow 1} e^{-\frac{\ln(m)-\ln(1)}{m-1}} = e^{-\ln'(1)} = e^{-1}$. Il

en résulte bien que les fluctuations de la position du point d'inflexion en fonction de celles de n par rapport à sa position lorsque $n = 1$ sont d'autant plus minimales que m devient proche de 1, et que même lorsque m est voisin de 2/3, elles demeurent dans des limites assez étroites, certes sensibles si n est lui-même voisin de 2/3 mais sans effet majeur sur les prévisions théoriques dans le cas contraire. On vérifie par exemple que si $m = 2/3$, la variation relative de $\varphi_{2/3}(n)$ par rapport à $\varphi_{2/3}(1)$ est inférieure à 5% tant que $n > 0,92$.

Pour autant que $m < 1$, le changement de variable $z = \mu^{1-m}$ permet d'obtenir une équation auxiliaire linéaire en z intégrable sans difficulté et d'en déduire la solution exacte de chacune de ces équations de croissance (que Bertalanffy a fournie mais sans démonstration)¹ :

$$\mu(t) = [M^{1-m} - (M^{1-m} - \mu_0^{1-m})e^{-(1-m)ct}]^{\frac{1}{1-m}}$$

$$\text{avec } M = \left(\frac{a}{c}\right)^{\frac{1}{1-m}} = \lim_{t \rightarrow +\infty} \mu(t)$$

Conformément aux analyses plus générales concernant (4) exposées plus haut (avec ici $n = 1$), les courbes intégrales de (5) sont des courbes exponentielles si $m = 1$ et sont dans tous les autres cas des courbes sigmoïdes dès lors que $\mu_0 < m^{\frac{1}{1-m}}M$ (elles sont simplement concaves sinon), avec un point d'inflexion tel que $\frac{\mu}{M} = m^{\frac{1}{1-m}}$ qui croît avec $m \in \left[\frac{2}{3}; 1\right[$ de $\frac{8}{27} \approx 0,2963$ à la valeur limite $\frac{1}{e} \approx 0,3679$ (valeur dont on peut remarquer qu'elle est aussi celle obtenue pour le point d'inflexion des courbes intégrales des équations de Gompertz : voir l'annexe 2-5-1-2)².

De ces solutions de (5), Bertalanffy put aussi déduire l'expression de la « longueur » $\lambda = \mu^{\frac{1}{3}}$, dont il faut rappeler qu'elle ne pouvait effectivement référer en bonne approximation (i.e. dans la mesure de la pertinence de l'hypothèse de proportionnalité de la masse au volume) à une longueur mesurable que dans le cas idéal d'une croissance proportionnelle, et à un facteur constant près :

$$\lambda(t) = [\Lambda^{3(1-m)} - (\Lambda^{3(1-m)} - \lambda_0^{3(1-m)})e^{-(1-m)ct}]^{\frac{1}{3(1-m)}}$$

$$\text{avec } \Lambda = M^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{a}{c}\right)^{\frac{1}{3(1-m)}} = \lim_{t \rightarrow +\infty} \lambda(t)$$

Ce sont justement les propriétés des courbes représentatives de ces fonctions « longueur » qui eurent une importance éminente, décisive même, dans la valorisation de cette théorie. La valeur $m = \frac{2}{3}$ se révéla en effet à Bertalanffy jouer un rôle très important : elle est le lieu d'un changement qualitatif dans les courbes de croissance linéaire. L'étude de $\frac{d^2\lambda}{dt^2}$ montre que cette dérivée seconde est du signe de $\left[a\left(m - \frac{2}{3}\right)\lambda^{3(m-1)} - \frac{c}{3}\right]$. Or, si ceci implique bien toujours des courbes de croissance linéaire concaves (le cas usuellement observé) pour $m = \frac{2}{3}$, tel n'est plus le cas lorsque $\frac{2}{3} < m < 1$: elles sont alors certes encore concaves lorsque $\lambda_0 \geq \Lambda(3m - 2)^{\frac{1}{3(1-m)}}$, mais se trouvent dans le cas contraire être elles aussi sigmoïdes, avec un point d'inflexion croissant avec $m \in \left[\frac{2}{3}; 1\right[$ dans l'intervalle $\left]0; \frac{1}{e}\right[$ (une dernière précision que Bertalanffy n'a pas fournie, pas plus que la démonstration complète de ces résultats)³. L'importance considérable de ce changement qualitatif est qu'il constituait un théorème

¹ Bertalanffy s'est limité à donner les résultats. Je les démontre ici. En divisant pour $\mu \neq 0$ les deux membres de l'équation (5) par μ^m , on obtient : $\frac{1}{\mu^m} \frac{d\mu}{dt} = a - c\mu^{1-m}$. Or, en posant $z = \mu^{1-m}$, on a : $\frac{dz}{dt} = (1-m)\frac{1}{\mu^m} \frac{d\mu}{dt}$. On en déduit $\frac{dz}{dt} = (1-m)a - (1-m)cz$, équation linéaire qui s'intègre en $z = \frac{a}{c} + Ke^{-(1-m)ct}$, où la constante d'intégration K est déterminée par $z(0) = \mu_0^{1-m}$ et vérifie donc : $K = \mu_0^{1-m} - \frac{a}{c}$. On en déduit $z = \frac{a}{c} - \left(\frac{a}{c} - \mu_0^{1-m}\right)e^{-(1-m)ct}$. D'où les solutions annoncées, en utilisant $\frac{a}{c} = M^{1-m}$ et $\mu = z^{\frac{1}{1-m}}$.

² Là encore, ces résultats sont énoncés par Bertalanffy sans preuve. Je les démontre ici : la fonction $\varphi : m \mapsto m^{\frac{1}{1-m}} = e^{\frac{\ln(m)}{1-m}}$ a pour dérivée $\frac{\left(\frac{1}{m}-1\right)-\ln\left(\frac{1}{m}\right)}{(1-m)^2} m^{\frac{1}{1-m}}$, qui est strictement positive d'après l'inégalité : $\forall x > 0, \ln(x) < x - 1$. Donc φ est strictement croissante sur $\left[\frac{2}{3}; 1\right[$. Comme $\lim_{m \rightarrow 1} m^{\frac{1}{1-m}} = \lim_{m \rightarrow 1} e^{-\frac{\ln(m)-\ln(1)}{m-1}} = e^{-\ln'(1)} = e^{-1}$, le résultat annoncé s'en déduit, puisqu'on a aussi $\varphi\left(\frac{2}{3}\right) = \frac{8}{27}$.

³ Voir Bertalanffy L. von (1941c), p. 528, où très peu de précisions sont apportées à ce sujet : à peine plus que ces résultats y sont en fait mentionnés, les conditions de leur validité y étant quant à elle ignorées. On déduit de (5) et de $\mu = \lambda^3$ que $\frac{d(\lambda^3)}{dt} = a\lambda^{3m} - c\lambda^3$. D'où résulte d'abord : $\frac{d\lambda}{dt} = \frac{1}{3} [a\lambda^{3m-2} - c\lambda]$. Ce résultat est fourni par Bertalanffy. Mais c'est le seul : il se limite ensuite à conclure sans argument que

d'existence entièrement *a priori*, dérivé de manière purement mathématique, alors que l'existence effective d'animaux dont les cours réels de croissance pondérale et linéaire sont simultanément de type sigmoïde n'était pas expérimentalement établie. Par-là même n'était certes peut-être pas fournie l'occasion d'une « expérience cruciale » pour le modèle que Bertalanffy avait ainsi élaboré, mais certainement au moins celle de le mettre à l'épreuve du dernier critère qu'il jugeait nécessaire pour lui conférer un authentique statut théorique : la capacité de prévoir des phénomènes non encore observés et donc par là-même de susciter des recherches expérimentales mettant ces prévisions à l'épreuve.

C'est probablement en grande partie pourquoi il tarda relativement à publier cette théorie mathématique. Huit ans s'écoulèrent entre sa première approche et cette publication, alors qu'on ne peut suspecter Rademacher de ne pas avoir été en mesure de lui fournir dès 1933 l'ensemble des analyses qui précèdent, d'autant plus que le Viennois avait déjà bien défini sa problématique à l'époque et qu'il était en mesure de les envisager en principe. Mais Bertalanffy, certainement très attaché à la réussite de cette entreprise dont il jugeait manifestement (et avec raison) cardinal le rôle dans l'actualisation de son programme « organismique », prit grand soin d'avoir tous les éléments nécessaires afin d'être en position de faire valoir la force de sa théorie par rapport à toutes les tentatives précédentes de mathématisation du phénomène en question. Les deux situations théoriques $m = \frac{2}{3}$ et $m = 1$ ne posaient pas de difficultés majeure à cet égard : qu'elles soient réalisées par les soins de Bertalanffy et de ses élèves ou dans d'autres laboratoires, bon nombre d'études expérimentales lui permirent de s'assurer dès la fin des années 1930 de la pertinence empirique des prévisions mathématiques correspondantes, en montrant dans chaque cas étudié une correspondance impeccable entre sa « constante anabolique » et la mesure de la respiration tout autant qu'entre sa « constante catabolique » et le « taux d'usure », et la possibilité de retrouver les valeurs de ces constantes par des voies indépendantes de son modèle. Mais le cas stratégique $\frac{2}{3} < m < 1$ ne semble avoir pu être réglé qu'en 1940, c'est-à-dire dès lors que Bertalanffy eût obtenu son poste de « maître de conférences » à l'université de Vienne et put librement conduire ses recherches en y associant des étudiants. C'est justement à cette fin que l'une de ses élèves, Ingeborg Müller, réalisa cette année-là sous sa direction des études expérimentales sur le métabolisme et la croissance de limnées (mollusques gastéropodes d'eau douce) et de planaires aquatiques. L'avantage particulier de ces vers plats est que leur croissance est en excellente approximation proportionnelle, de sorte que l'assimilation de la longueur réelle à $\mu^{\frac{1}{3}}$ est pertinente. Ces études permirent d'établir chez les espèces considérées une dépendance de la consommation d'oxygène et de la production de dioxyde de carbone, donc en définitive du « métabolisme de fonctionnement », à la puissance $\frac{3}{4}$ de la masse. Et les deux biologistes purent montrer que les courbes de croissance « linéaire » telles que déduites des équations générales

dans le cas où $n = 2/3$ « et seulement dans ce cas », le point d'inflexion « disparaît ». Je démontre les résultats annoncés comme suit. De l'équation précédente se déduit par dérivation : $\frac{d^2\lambda}{dt^2} = \frac{1}{3} \frac{d\lambda}{dt} [(3m-2)a\lambda^{3m-3} - c]$; soit aussi $\frac{d^2\lambda}{dt^2} = \frac{d\lambda}{dt} [(m - \frac{2}{3})a\lambda^{3(m-1)} - \frac{c}{3}]$. D'où le premier résultat annoncé puisque $\frac{d\lambda}{dt} > 0$. Ensuite, si $m = \frac{2}{3}$, alors $\frac{d^2\lambda}{dt^2}$ est du signe de $-\frac{c}{3}$, donc strictement négative ; de sorte que la fonction λ est dans ce cas toujours concave. Si par contre $\frac{2}{3} < m < 1$, alors $\frac{d^2\lambda}{dt^2}$ peut éventuellement s'annuler pour $(3m-2)a\lambda^{3m-3} = c$, c'est-à-dire pour $\lambda^{3(1-m)} = (3m-2)\frac{a}{c}$ et donc, en tenant compte de $\Lambda = \left(\frac{a}{c}\right)^{\frac{1}{3(1-m)}}$, pour $\lambda = \Lambda(3m-2)^{\frac{1}{3(1-m)}}$. Dans ces conditions, si $\lambda_0 \geq \Lambda(3m-2)^{\frac{1}{3(1-m)}}$, alors $\lambda^{3(1-m)} > (3m-2)\frac{a}{c}$ pour tout $\lambda > \lambda_0$, donc $c > (3m-2)a\lambda^{3(m-1)}$, soit : $(m - \frac{2}{3})a\lambda^{3(m-1)} - \frac{c}{3} < 0$; d'où résulte $\frac{d^2\lambda}{dt^2} < 0$ et donc la concavité de λ . Par contre, si $\lambda_0 \leq \Lambda(3m-2)^{\frac{1}{3(1-m)}}$, on obtient par le même procédé que $\frac{d^2\lambda}{dt^2} > 0$ pour $\lambda_0 < \lambda < \Lambda(3m-2)^{\frac{1}{3(1-m)}}$, que $\frac{d^2\lambda}{dt^2} = 0$ pour $\lambda = \Lambda(3m-2)^{\frac{1}{3(1-m)}}$, et que $\frac{d^2\lambda}{dt^2} < 0$ pour $\Lambda(3m-2)^{\frac{1}{3(1-m)}} < \lambda < \Lambda$; d'où un point d'inflexion pour $\lambda = \Lambda(3m-2)^{\frac{1}{3(1-m)}}$. On montre enfin en étudiant la fonction $\psi : m \mapsto (3m-2)^{\frac{1}{3(1-m)}}$ sur $]\frac{2}{3}; 1[$ que ce rapport exprimant la position du point d'inflexion croît avec m de 0 à $\frac{1}{e} \approx 0,3679$: sa dérivée est du signe de $\theta : m \mapsto 3(1-m) + (3m-2)\ln(3m-2)$, dont la dérivée $m \mapsto 3\ln(3m-2)$ est elle-même négative sur l'intervalle considéré, de sorte que θ est décroissante ; et comme θ admet la limite nulle en 1, elle est strictement positive, de sorte que ψ est strictement croissante ; enfin, $\lim_{m \rightarrow 2/3} \psi(m) = 0$ sans difficulté et $\lim_{m \rightarrow 1} \psi(m) = \lim_{h \rightarrow 0} e^{-\frac{\ln(1-3h)}{-3h}} = e^{-1}$ en utilisant $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\ln(1+x)}{x} = \ln'(1) = 1$.

avec la valeur $m = \frac{3}{4}$ correspondaient très précisément à celles observées pour les longueurs réellement mesurées, avec non seulement des courbes de croissance qualitativement conformes à la théorie, c'est-à-dire de forme sigmoïde, mais aussi une position du point d'inflexion expérimentalement déterminée qui coïncidait assez précisément avec celle théoriquement calculée¹. Ce résultat fut corroboré par des études ultérieures réalisées dans les années 1940 par d'autres biologistes, certains crustacés se révélant aussi suivre cette « règle des $\frac{3}{4}$ »².

C'est donc avec la force de ces résultats que Bertalanffy publia sa théorie en 1941.

Type métabolique Rapport allométrique m (anabolisme à la masse)	Type de croissance Équations de croissance pondérale $\left(\frac{d\mu}{dt} = a\mu^m - c\mu\right)$ Équations de croissance « linéaire » ($\lambda = \mu^{\frac{1}{3}}$)	Exemples
Respiration proportionnelle à la surface $m = \frac{2}{3}$	Courbes de croissance pondérale sigmoïdes avec atteinte d'un état final stationnaire et inflexion aux environs du tiers de la masse finale $M = \left(\frac{a}{c}\right)^3$ $\mu(t) = \left[M^{\frac{1}{3}} - \left(M^{\frac{1}{3}} - \mu_0^{\frac{1}{3}} \right) e^{-\frac{c}{3}t} \right]^3$ Courbes de croissance « linéaire » concaves avec atteinte d'un état final stationnaire ($\Lambda = \frac{a}{c}$) $\lambda(t) = \Lambda - (\Lambda - \lambda_0) e^{-\frac{c}{3}t}$	Poissons Lamellibranches Mammifères
Respiration proportionnelle à la masse $m = 1$	Courbes de croissance pondérale et « linéaire » exponentielles. Aucun état stationnaire n'est atteint : la croissance est brutalement interrompue (métamorphose, cycles saisonniers ou autre raison) $\mu(t) = \mu_0 e^{(a-c)t}$ $\lambda(t) = \lambda_0 e^{\frac{a-c}{3}t}$	Larves d'insectes Orthoptères Hélicidés
Respiration intermédiaire entre proportionnalité à la surface et proportionnalité à la masse $\frac{2}{3} < m < 1$	Courbes de croissance pondérale sigmoïdes avec atteinte d'un état final stationnaire et inflexion vers le tiers de la masse finale $M = \left(\frac{a}{c}\right)^{\frac{1}{1-m}}$ $\mu(t) = \left[M^{1-m} - (M^{1-m} - \mu_0^{1-m}) e^{-(1-m)ct} \right]^{\frac{1}{1-m}}$ Courbes de croissance « linéaire » sigmoïdes avec atteinte d'un état final stationnaire ($\Lambda = \left(\frac{a}{c}\right)^{\frac{1}{3(1-m)}}$) $\lambda(t) = \left[\Lambda^{3(1-m)} - (\Lambda^{3(1-m)} - \lambda_0^{3(1-m)}) e^{-(1-m)ct} \right]^{\frac{1}{3(1-m)}}$	Planaires aquatiques Lymnées aquatiques

¹ Bertalanffy L. von (1941c), p. 512 et pp. 522-524. Voir (1942), p. 245 pour l'intérêt spécifique des planaires du point de vue de la croissance linéaire. Trois autres élèves de Bertalanffy datant de la même époque sont cités dans une note de (1948c), p. 255 : outre Müller, il s'agit de M. Rella, O. Hoffmann-Ostenhof et O. Schreier ; Bertalanffy cosigna plusieurs articles avec eux sur le sujet entre 1941 et 1948.

² Bertalanffy L. von (1953b), p. 251. Voir aussi Needham A.E. (1973), pp. 597-598.

Son aboutissement était une typologie consistant à mettre en correspondance le « type de croissance » (pondérale et linéaire) d'un animal et son « type métabolique » (l'anabolisme étant mesuré comme fonction de la respiration ou de la capacité de résorption), et à fournir les équations permettant de prédire l'un à partir de la seule connaissance de l'autre – de calculer les courbes de croissance à partir de paramètres métaboliques et, réciproquement, de calculer ces paramètres lorsqu'on dispose de données empiriques sur la croissance¹. Ces types n'étaient pas à comprendre comme des « caractéristiques rigides d'espèces », mais plutôt comme des « *cas idéaux* observables dans certaines conditions »², qui « n'épuisent pas le phénomène » mais en saisissent l'essentiel³.

Bertalanffy était bien fondé à estimer avoir réalisé avec ce modèle ce qu'aucune étude antérieure n'était parvenue à réaliser : à savoir non pas élaborer de simples relations mathématiques permettant d'ajuster avec plus ou moins de bonheur certains cours empiriques de croissance globale, mais embrasser l'ensemble des manifestations de ce phénomène dans une même construction en lui fournissant un « fondement causal » exprimé de manière « déductive-mathématique », en « déduisant ses lois de données physiologiques » et finalement en « unifiant la physiologie de la croissance et celle du métabolisme en un domaine dominé par des lois exactes »⁴. Il ne s'agissait certes pour lui que d'un *modèle*, « soutenu par une quantité considérable de preuves expérimentales » mais n'ayant aucune vocation à être définitif. Un modèle *théorique* (ou « théorie ») digne de ce nom néanmoins, car ayant « prouvé ses capacités explicatives et prédictives, et offrant des problèmes bien définis pour la recherche ultérieure » :

Nous ne pouvons parler de vérification et d'équations représentant une théorie que si (1) les paramètres se manifestant peuvent être confirmés par des expériences indépendantes ; et si (2) des prédictions de faits non encore observés peuvent être dérivées de la théorie [...] Les équations de croissance dites de Bertalanffy sont à ma connaissance les seules dans le domaine qui s'efforcent de satisfaire aux conditions mentionnées [...] Et la théorie parvient effectivement à les satisfaire⁵.

Le fait remarquable est que la valeur de la théorie de Bertalanffy fut durablement reconnue par les analystes de la croissance et du métabolisme, et qu'en dépit de son ancienneté, elle *demeure* un fondement de l'analyse des phénomènes en question. Certaines faiblesses furent vite pointées, qui concernaient avant tout l'interprétation des « constantes métaboliques » et tenaient par exemple au fait que le catabolisme est au moins autant que l'anabolisme lié à la respiration. Néanmoins, A.E. Needham et Friedrich Krüger, qui étaient parmi les meilleurs spécialistes de ces problèmes dans les années 1960 et 1970, estimèrent à l'époque qu'« aucune critique » n'avait en fait « sérieusement menacé les fondements » de la théorie de Bertalanffy et que, si elle nécessitait bien des modifications ou aménagements, elle ne serait pour l'essentiel pas rejetée parce qu'elle était « sagement fondée », ayant d'ailleurs été corroborée dans une bien plus large mesure qu'elle n'avait été mise en difficulté. L'un de ses grands mérites, par-delà le problème de la croissance organique, ayant selon eux été de montrer que même en biologie, les mathématiques peuvent être nécessaires afin d'accéder à une compréhension profonde des phénomènes⁶. Les recherches et débats récents semblent leur donner raison. On compte au cours des vingt dernières années en moyenne pas moins de soixante-cinq articles annuellement publiés sur la croissance animale qui se réfèrent à la théorie de Bertalanffy (certains le font aussi en dynamique des populations)⁷, et elle persiste même chez ses plus vigoureux critiques récents à conserver la valeur d'une approximation de certains modèles plus sophistiqués, très satisfaisante sous certaines conditions⁸.

¹ Bertalanffy L. von (1941c), pp. 531-532 ; (1942), p. 259 ; (1949a), p. 157 ; (1951a), p. 116.

² Bertalanffy L. von (1964d), p. 28.

³ Bertalanffy L. von (1937b), p. 91 et (1941a), p. 9.

⁴ Bertalanffy L. von (1941c), p. 510 et p. 532.

⁵ Bertalanffy L. von (1964d), p. 22, p. 27 et p. 30.

⁶ Needham A.E. (1973), pp. 602-617 et Krüger F. (1973), pp. 645-668.

⁷ *Science citation index expanded*.

⁸ Le plus caractéristique de ce point de vue est Day T. & Taylor P.E. (1997), notamment p. 391.

2-5-1-7 – *L'impact de la théorie mathématique de la croissance animale globale de Bertalanffy dans l'évolution de ses idées*

Du point de vue de l'actualisation du programme « organismique », le très significatif succès de cette théorie était tel qu'il dépassait peut-être même les espérances que Bertalanffy y avait d'emblée placées. Elle constituait une démonstration d'autant plus magistrale de la pertinence de ce programme et de la fécondité de la perspective dont il était issu que les phénomènes qu'elle appréhendait avaient pour l'essentiel résisté à toutes les approches antérieures, en particulier méristiques, et qu'en lieu et place d'une véritable théorie n'avait guère avant elle régné que le « chaos des faits et opinions » dont Bertalanffy ne cessait de dénoncer l'omniprésence en biologie. Le schème théorique d'interprétation du « système ouvert » tendant vers un « équilibre de flux » s'y était pour la première fois concrètement révélé susceptible de façonner un « objet-modèle » prêt à être mathématiquement modélisé du point de vue d'une « statistique d'ordre supérieur », et le modèle ainsi engendré avait permis de formuler des lois de croissance parfaitement conformes à l'idée que Bertalanffy se faisait de ce que sont des « lois systémiques exactes ». Contre tous ceux qui ne se lassaient pas de dénoncer l'intrusion des mathématiques dans l'étude des individus biologiques et plus encore contre tous ceux (parfois les mêmes d'ailleurs) qui se plaisaient à confiner tout holisme dans le rôle d'une métaphysique stérile, le cours de la croissance animale globale, en particulier sa limite, avait reçu avec sa théorie une explication rationnelle cohérente typiquement « organismique » et couchée en langage mathématique : celle d'un produit nécessaire de l'ouverture du système organique aux flux de matière et de l'interaction dynamique des « forces » métaboliques immanentes réglant les modalités de ces flux. Et elle avait par là-même pu à deux égards accomplir la mission unificatrice du programme « organismique » : d'une part en connectant deux domaines biologiques jusqu'alors largement séparés – ceux de la physiologie de la croissance et de la physiologie du métabolisme ; et d'autre part en dévoilant un principe systémique général commun sous lequel la diversité et les « caprices » apparents des modes de croissance animale globale pouvaient être subsumés.

Si l'on conserve à l'esprit que la construction de cette théorie fut contemporaine de l'élaboration de son projet « systémologique » général, il importe aussi de comprendre comment et pourquoi elle a pu jouer un rôle important dans la genèse de ce dernier par delà le domaine strictement biologique, en conjonction bien sûr avec l'impact déjà souligné sur sa pensée d'autres travaux biomathématiques. Ce rôle me semble pour l'essentiel avoir trait à la fonction des mathématiques dans la théorisation systémique. Commençons à cet égard par remarquer que si l'aboutissement de sa théorie de la croissance animale globale fut une typologie, sa construction fut elle-même de part en part conforme à la méthode typologique et à l'esprit « goethéen ». En effet, pour reprendre l'expression de Goethe, Bertalanffy ne fit autre chose avec (2) et (3) dans un premier temps, puis avec (5), que « concevoir un type général » de la croissance animale globale dont tout son travail consista ensuite à « suivre les métamorphoses » à travers le monde animal. À la manière de Goethe et conformément à la conception de la méthode hypothético-déductive qu'il avait exposée en 1932, il conçut ce type en imposant certes initialement au phénomène étudié une forme de conceptualisation « librement choisie » issue de son premier schème « organismique » d'interprétation (la relation (1)). Mais d'une part cette forme était elle-même construite « en tenant compte des faits expérimentaux » (l'existence de processus métaboliques et l'équifinalité de la croissance), et d'autre part le type (5) qu'il en dérivait fut obtenu par « introduction de conditions particulières » les prenant aussi en compte (formes de dépendances connues des processus métaboliques aux variables telles que la masse et la surface)¹ ; de sorte que toute sa construction fut issue d'un subtil dialogue entre l'*a priori* et l'empirie, entre le mouvement ascendant vers le « type général » et l'attention à l'infinie diversité des cas particuliers, suivant impeccablement de ce point de vue la voie ouverte par le père de la morphologie.

Par rapport à ce dernier, une nouveauté radicale était toutefois introduite par Bertalanffy : le caractère mathématique de ce « type général » et de l'unité qu'il permettait d'exprimer dans la diversité du monde animal. Ce n'est en quelque sorte qu'en l'« incarnant » dans cette forme mathématique que le Viennois put montrer comment un même principe systémique général, décliné sous trois modalités plus spécifiques, permet d'interpréter de manière unifiée tous les processus de croissance animale globale et d'en construire une typologie. Le pouvoir opératoire de l'analyse

¹ Voir Bertalanffy L. von (1932b), p. 27, déjà cité.

mathématique ne s'était pas ici révélé indispensable seulement pour dégager cette même *structure* sous-jacente à la diversité des cours de croissance particuliers, cette invariance d'un type de relations entre certaines variables qui constituait l'objet ultime de la recherche « systémologique » : mieux, lui seul avait permis, parce qu'elle était inscrite dans la structure même de la famille d'équations (5), de prévoir l'existence d'un « type de croissance » intermédiaire avec la nouveauté qualitative qu'il implique pour les courbes de croissance « linéaire », Bertalanffy insistant lui-même sur le fait qu'il est « déductible de raisons *purement mathématiques* »¹. Par là-même s'était révélée, comme dans la typologie des états stationnaires à deux variables de Lotka et l'application qu'il en fit aux associations biologiques, la possibilité de dériver *a priori* des propriétés de « choses » *en tant qu'elles sont reconstruites comme des systèmes* à partir de la seule étude des propriétés formelles d'un système abstrait conçu pour les étudier, un « système général » dont ces « systèmes concrets » font figure d'interprétations particulières. Un pas décisif se trouvait ainsi franchi en direction du projet de « systémologie générale ».

Un autre était aussi important de ce point de vue : du fait de son succès, le mode de construction de la théorie de la croissance apparaissait en effet comme exemplaire de la procédure « systémologique » en tant que méthode de construction de modèles systémiques ayant une authentique valeur théorique : (1) concevoir un « objet-modèle » *constituant* la « chose » étudiée comme un *objet systémique* ayant des caractéristiques très générales (en l'occurrence, le système ouvert métabolisant); (2) construire une première formalisation mathématique ou logico-mathématique du système obtenu, elle-même aussi générale que possible tout en permettant une conformité à certaines caractéristiques phénoménologiques jugées essentielles du phénomène étudié (l'équation (1) de Bertalanffy); (3) modéliser en un « système général » l'« objet-modèle » purement formel ainsi obtenu en introduisant un premier niveau de spécifications permettant de pouvoir le faire opérer tout en conservant encore un niveau élevé de généralité qui rend ce « système général » encore susceptible d'être mis en œuvre pour appréhender des « choses » d'une toute autre nature *a priori* (les équations (4) de Bertalanffy, que l'on peut sous la condition qui leur est associée considérer comme un « système général » de la croissance limitée, *a priori* applicable à d'autres phénomènes de croissance, en démographie ou en cinétique chimique par exemple); (4) étudier les propriétés de ce « système général » afin d'être en mesure de préciser les seules spécifications nécessaires et suffisantes à lui apporter afin d'assurer en principe la *possibilité* de rendre compte avec lui de toutes les caractéristiques connues et jugées essentielles de la « chose » étudiée; (5) en déduire, en conjonction avec des considérations d'ordre empirique, une modélisation *a priori* possible de l'« objet-modèle » formel (les « équations de croissance » de Bertalanffy, qui constituent elles-mêmes un « système général » de la croissance animale globale); (6) tirer toutes les conséquences logiques possibles de cette modélisation; (7) s'assurer par sa confrontation aux connaissances empiriques acquises que toutes les interprétations particulières de cette modélisation y sont raisonnablement conformes; enfin, les deux processus d'objectivation du modèle : (8) corroborer par l'expérimentation les prévisions du modèle ne correspondant pas à des connaissances empiriques acquises; (9) établir la possibilité de principe de retrouver dans chaque situation empirique les valeurs numériques prises par les paramètres introduits dans la modélisation par des voies totalement indépendantes du modèle. La construction de la théorie avait aussi montré que pouvait le cas échéant être utilement intégré à cette procédure, plus particulièrement pour son étape (5), l'usage d'un ou plusieurs « modèles au sens étroit » (tels celui du système chimique ouvert de Bertalanffy), dans la mesure bien sûr où à de telles constructions « auxiliaires » peuvent être associées le même « objet-modèle », voire le même « système général ».

Tous ces aspects jouèrent certainement un rôle significatif dans son élaboration du projet de « systémologie générale », même si aucun de ses écrits n'a évoqué explicitement ce rôle. Pour autant, Bertalanffy fut loin de se contenter du succès obtenu avec sa théorie de la croissance animale globale pour se consacrer pleinement au développement de ce projet. Le fait est que cette théorie, en dépit de la richesse de son apport à l'actualisation du programme « organismique », était loin de suffire à cette fin. Le second schème « organismique » d'interprétation, celui de l'« ordre hiérarchique », n'y jouait strictement aucun rôle. Seul un aspect de l'ordre des événements organiques, de l'organisation des êtres concernés, y avait été appréhendé. Enfin, le domaine biologique que le programme « organismique » avait vocation à investir tout entier était loin de se limiter à la physiologie du

¹ Bertalanffy L. von (1941c), pp. 528-529.

métabolisme et de la croissance. Aussi Bertalanffy se préoccupa-t-il logiquement dès 1933 et jusqu'à la fin de la guerre d'autres questions biologiques. Son objectif devint en fait très vite de développer une « morphologie dynamique » dont sa théorie de la croissance animale globale ne constituerait qu'un des moments et qui parviendrait à instaurer un véritable fil conducteur entre toutes les problématiques biologiques fondamentales, y compris celle que sa perspective « organismique » avait initialement délaissée : l'historicité. Ce sont ces travaux qu'il va maintenant s'agir de considérer : si leur impact direct sur la genèse du projet « systémologique » général, non négligeable par certains aspects, est sensiblement moindre que celui de sa seule théorie de la croissance animale globale, leur importance reste indirectement considérable même à cet égard si l'on tient compte du fait que Bertalanffy, qui en fut vite conscient ou tout au moins le devint par la force des choses en 1937, ne pouvait sérieusement prétendre à la possibilité et à l'intérêt d'une « systémologie générale » sans être au moins en mesure d'invoquer un maximum de succès de sa « systémologie biologique ».

2-5-2 – Vers une « morphologie dynamique »

Aux yeux de Bertalanffy, l'une des significations les plus importantes de sa théorie de la croissance animale globale était comme nous l'avons vu de connecter les physiologies du métabolisme et de la croissance. Mais il ne s'agissait pour lui que d'un premier pas vers l'accomplissement du projet plus général consistant, à rebours de la scission qu'avait opérée Haeckel entre morphologie (comme « théorie des formes ») et physiologie (comme « théorie des fonctions »)¹ à unifier ces deux domaines de la biologie qui en étaient selon lui venus à incarner les pôles extrêmes de l'opposition entre perspectives holistiques et méristiques :

La morphologie se concentre sur l'unité vivante et la totalité de l'organisme. La physiologie contemporaine porte au contraire de manière dominante l'empreinte d'un procédé « sommatif », « atomistique ».

Il ne s'agissait pas seulement pour lui, comme s'y efforçaient les avocats récents et contemporains d'un « retour à la morphologie idéaliste », de « compléter la perspective physiologique par une perspective morphologique-holistique »², voire de l'y soumettre : s'il tenait lui aussi la seconde comme une exigence, une véritable synthèse lui semblait possible et c'est précisément à démontrer la capacité du cadre « organismique » défini en 1932 à réaliser cette synthèse qu'il travailla jusqu'à la fin de la guerre, en convergence avec la construction de sa théorie de la croissance animale globale.

2-5-2-1 – Considérations systémiques sur la morphologie en général et sur le concept d'homologie en particulier

Bertalanffy publia d'abord en 1933, presque simultanément à son premier article sur la croissance organique, une réflexion critique sur l'état de la morphologie contemporaine. Cette réflexion fut reprise et prolongée l'année suivante (donc là encore parallèlement à sa publication de son second article sur la croissance organique) dans un article plus particulièrement voué à développer une nouvelle interprétation du concept fondamental d'homologie.

Son article de 1933 fut consacré à une discussion des développements récents de la morphologie et des controverses qui la traversaient alors en liaison étroite avec la critique des théories sélectionnistes et mutationnistes de l'évolution phylogénétique. Ces développements et controverses, ainsi que la conception « bionomogénétique » de l'évolution à laquelle Bertalanffy fut conduit dès cette époque, ont déjà été assez discutés aux 1-4-5-2, 1-4-5-3 et 2-3-2-5 pour qu'il ne soit pas utile d'y revenir longuement ici. Il suffira de rappeler que si le Viennois était naturellement enclin à considérer avec une certaine sympathie les appels au « retour à Goethe », il récusa la prétention des partisans des droits de la « morphologie idéaliste » à disposer avec le *Wesensschau*, l'« intuition des essences » mise en avant par la phénoménologie de Husserl depuis quelques années, d'une forme supérieure de connaissance restaurant le « type » (compris comme plan de construction idéal des organismes) au fondement de toute morphologie, à rebours donc des explications de type phylogénétique auxquelles

¹ Voir Schaxel J. (1919), p. 17.

² Bertalanffy L. von (1933b), pp. 72-73.

cette discipline avait tendu à se réduire au cours des précédentes décennies. Il souligna de surcroît qu'il y avait de ce point de vue un « danger » dans l'opposition, radicalisée par cette réaction, entre morphologie et physiologie : celui de faire du *Wesensschau* un « asile d'ignorance » où se réfugier lorsque les problèmes ne semblent pas pouvoir être résolus par la physiologie. Il considérait non seulement que les « métamorphoses » des formes animales, leur émergence et leur structure, sont « accessibles à des explications phylogénétiques et physiologiques », mais que de telles explications sont nécessaires, car du point de vue de la logique scientifique, la seule perspective typologique ne mène qu'à des « constats purement descriptifs »¹. Le point sur lequel il rejoignait toutefois les partisans de la « morphologie idéaliste » était le constat que les explications jusqu'alors fournies par les théories « sélectionniste » et « mutationniste » de l'évolution phylogénétique restaient profondément insuffisantes du fait de leur mérisme et de leur « réactivisme ». Et c'est dans son article de 1933 que le Viennois, s'appuyant sur les travaux de von Goebel, Versluys, Novikov, Philiptschenko, Jollos et Abel, commença en conséquence de ce constat à développer sa conception « bionomogénétique », dont les prémisses se trouvent dès le XIX^e siècle chez Owen, Müller et von Baer² : s'exerceraient des « lois internes de forme », ou « de structures », qui s'expriment chez les organismes par des « caractéristiques d'organisation » autonomes n'ayant « rien à voir avec l'adaptation » ; des « lois de la morphogenèse immanentes » qui codétermineraient l'évolution phylogénétique en opérant une sélection parmi les variations contingentes admissibles au titre de cette évolution, et confèreraient à celle-ci une « directivité intérieure ». Typiquement « organismique » par l'expression du principe d'« activité primaire » qu'elle manifestait, il s'agissait d'une conception dynamique interprétant tout processus morphogénétique comme une « réaction entre les 'puissances' inhérentes à l'organisme et les conditions extérieures ». Tout en demeurant sur le « sol ferme » de la science, elle semblait à Bertalanffy fournir le cadre adéquat pour répondre à l'ensemble des critiques adressées aux théories « sélectionniste » et « mutationniste »³.

Quant au débat contemporain plus spécifique sur le concept d'homologie, lui aussi discuté au 1-4-5-3, Bertalanffy s'en mêla en 1934 d'une manière telle que sa contribution mérite à plus d'un titre d'être considérée. Une transformation de ce concept lui apparaissait nécessaire. Que ce soit aux sens typologique, « typologico-évolutif » ou phylogénétique, il avait en effet toujours présupposé la possibilité d'une correspondance d'un-à-un (« bijective ») entre parties tenant compte des diverses transformations éventuelles de ces parties, voire de la fusion ou de la disparition de plusieurs d'entre elles. Or, le Viennois pointa le fait que plusieurs découvertes récentes en anatomie comparée et en embryologie (notamment par Versluys) venaient dans les années 1920 d'établir l'existence de cas où une telle correspondance est impossible et où il se révèle nécessaire de tenir pour homologues non pas des organes complets considérés individuellement, mais des régions entières anatomiquement et fonctionnellement caractérisées de formation embryonnaire⁴. Deux « menaces » très sérieuses, surtout pour le concept phylogénétique d'homologie, étaient en particulier apparues. La première venait des phénomènes de régénération, dont l'étude avait établi que différents matériaux embryonnaires peuvent produire le même organe. La seconde venait quant à elle des expériences de greffe de Spemann et de ses élèves, qui avaient montré réciproquement que le même matériel embryonnaire peut, selon sa localisation, produire des organes complètement différents. Tout en remarquant que la subdivision du concept d'homologie effectuée par Ray Lancaster entre « homogénie » et « homoplasie »⁵ ne permettait aucunement, bien au contraire, de lever ces difficultés, Bertalanffy ne partageait pas du tout la conclusion que Spemann avait lui-même tirée de ses travaux, à savoir que ses expériences auraient « dissous » le concept d'homologie. Pour lui, les difficultés impliquées par ces développements de la recherche n'étaient « pas dans la nature des choses », mais « induites par l'introduction d'idées préconçues » se ramenant en fin de compte à « la forte orientation préformiste inhérente au vieux concept d'homologie » ; une orientation que la physiologie récente aurait réfuté au profit d'un point de

¹ *op. cit.*, pp. 70-73.

² Voir Camardi G. (2001), notamment p. 483 et pp. 506-510 sur Owen ; et Lenoir T. (1982), pp. 76-96 sur von Baer et Müller.

³ *op. cit.*, pp. 74-81. Voir aussi (1934b), pp. 359-361.

⁴ Bertalanffy L. von (1934c), pp. 91-92.

⁵ L'homogénie réfère à une communauté de facteurs héréditaires ontogénétiques et phylogénétiques ; l'homoplasie à une communauté de forme de développement en conséquence de forces identiques affectant différents facteurs héréditaires.

vue épigénétiste selon lequel « les structures adultes ne sont pas complètement prédéterminées par des gènes correspondants, mais graduellement déterminées au cours du développement » :

Ce qui est d'emblée fixé, ce ne sont pas les facteurs matériels héréditaires pour les organes individuels, mais le plan d'organisation qui produit par la suite un organisme spécifique. Ce plan est suivi même si l'on change le processus de développement par interférence expérimentale¹.

Le Viennois jugea en conséquence que si le « vieux » concept typologique d'homologie devait effectivement être abandonné en tant que tel, il pouvait être réhabilité sous une forme inédite, proprement systémique, qu'il concevait comme le complément pertinent et indispensable (mais en aucun cas comme le substitut) du concept phylogénétique, et comme une « synthèse adéquate entre les exigences légitimes de l'anatomie comparée d'un côté, et les preuves issues de la mécanique du développement de l'autre ». Il nomma « homologie de physiologie du développement » ce concept renouvelé (Ungerer, parfaitement en phase avec lui, préférant quelques années plus tard le qualifier de concept « typologique-développemental »²). Bertalanffy le qualifia aussi de « dynamique », dans la mesure où il ne s'agissait plus avec ce concept d'homologuer des formes ou structures fixées, mais des conditions d'organisation régies par des lois dynamiques :

Je pense que nous pouvons sans hésitation maintenir le concept d'homologie, à condition de considérer comme facteur décisif *la relation organisationnelle plutôt que le matériel* impliqué dans la production d'un organe. À cause de cette constance et conformité des conditions d'organisation, nous pouvons considérer un organe comme homologue même s'il se développe à partir de différents matériaux [...] Le vieux concept d'homologie fondé sur la conformité de position reste aussi tenable au vu des preuves fournies par la physiologie du développement. Néanmoins, cette position ne peut plus être spécifiée comme une localisation géométrique, mais plutôt comme un *résultat dynamiquement déterminé*. Conformément à cette vision, *nous définirons comme « homologues » les organes qui occupent la même position dans l'ensemble de relations d'organisation*. Ce quatrième concept d'homologie, l'« homologie de physiologie du développement », diffère du concept classique en ce que la « correspondance de position » à laquelle on réfère ici n'est plus seulement un idéal, mais une réelle correspondance organisationnelle. Il peut être appliqué sans difficulté aux cas où seules des régions productrices d'organes, et non les organes individuels, peuvent être homologués. *Le critère d'homologie, désormais, n'est plus la structure fixée, mais la localisation de certaines conditions systémiques*³.

Ces réflexions de Bertalanffy sont exemplaires de l'ambition que nous avons vue d'emblée sous-jacente à toute son entreprise intellectuelle : réhabiliter sous une forme critique les philosophies romantiques (allemandes) de la nature, au premier chef celle de Goethe. Remarquons aussi, du point de vue strictement biologique, que son rejet de la « structure fixée » comme critère d'homologation s'inscrivait dans la parfaite continuité de sa conception dynamique de l'organisme. Déjà dessinée dès le début des années 1930, l'idée selon laquelle ce qui se conserve dans la forme organique n'est pas tant une structure matérielle fixée qu'un ordre de processus, c'est-à-dire une « légalité systémique », prenait plus fermement corps avec ce concept renouvelé d'homologie. Il importe de voir que c'est cette idée, tout autant directrice de la construction de sa théorie de la croissance animale globale où elle avait à ses yeux cette force supplémentaire de s'incarner dans une forme mathématique, qui guida en définitive tous les travaux biologiques et biophilosophiques du Viennois jusqu'à l'énoncé général qu'il mit au fondement de sa « morphologie dynamique » dans son « manifeste » à ce sujet publié en 1941. Notons au passage la convergence impeccable avec la redéfinition néo-kantienne du concept de « substance » qui s'exprime dans cet énoncé :

Toute forme organique est l'expression d'un flux ordonné d'événements [...] La persistance qui se manifeste dans les formes organiques n'est pas celle d'une structure fixée, mais celle d'un état stationnaire. Si l'on demande ce qui reste à l'issue d'une telle dissolution des formes dans un complexe de processus ordonné hiérarchiquement [*übereinandergeordnete Prozesse*], il n'y a qu'une seule réponse : ce qui persiste est l'ordre, la légalité dans laquelle sont réunis ces processus⁴.

¹ *op. cit.*, pp. 93-94.

² Ungerer E. (1942), p. 45.

³ Bertalanffy L. von (1934c), p. 95. Les italiques me sont propres.

⁴ Bertalanffy L. von (1941a), pp. 2-3.

Mais par-delà la biologie, il importe aussi dans les considérations de Bertalanffy évoquées ici que c'est en transformant comme il le fit l'homologie en un concept systémique qu'il l'engageait dans la voie transdisciplinaire et logico-mathématique qui allait devenir la sienne dans son projet « systémologique » général. Remarquable en effet est la conjonction entre l'interprétation de ce concept comme correspondance de « conditions systémiques » et le développement parallèle de sa théorie de la croissance globale, qui montrait simultanément la possibilité effective de mathématiser de telles « conditions systémiques ». Il y avait incontestablement là matière à suggérer l'idée qu'une correspondance de « conditions systémiques » est susceptible de s'incarner dans un même formalisme, et réciproquement l'idée qu'une correspondance entre formalisations mathématiques d'aspects déterminés de deux « choses » construites comme des objets systémiques exprime une homologie entre ces systèmes. De sorte que s'il avait maintes autres sources d'inspiration déjà largement discutées en relation avec le concept d'« isomorphisme », celui d'« homologie mathématique » auquel Bertalanffy associa intimement ce dernier pour fonder son projet « systémologique » général fut à n'en pas douter significativement suggéré par ce concept systémique d'homologie. On peut envisager aussi que les relations entretenues par le Viennois avec Woodger au cours de ces années décisives (1933-1937) aient joué un rôle non négligeable en ce sens. Dans son essai publié en 1937 sur la « méthode axiomatique en biologie », l'Anglais livra en effet des réflexions allant dans cette même direction lorsqu'il définit l'homologie comme une « correspondance eu égard à une classe de propriétés morphologiques », son approche logiciste le conduisant à remarquer qu'une telle correspondance définit une relation d'équivalence et qu'un groupe taxonomique n'est autre de ce point de vue qu'une classe d'équivalence des propriétés morphologiques considérées¹. Tous les éléments se trouvaient donc en place pour que Bertalanffy conçoive la légitimité d'une homologation entre objets systémiques fondée sur l'existence d'une classe d'équivalence induite par un même modèle formel rendant compte de propriétés communes à ces objets par-delà leurs spécificités, le « système général » des relations abstraites dont chacun de ces objets apparaîtrait comme interprétation particulière eu égard aux propriétés considérées.

2-5-2-2 – De la possibilité d'un traitement mathématique de la croissance relative

L'engagement du Viennois dans les débats autour du concept d'homologie reflétait sa préoccupation pour la résolution de ce qu'il avait dès ses débuts considéré comme l'un des problèmes fondamentaux de la biologie, voire le plus important : celui de la *forme* organique. Si son modèle théorique de la croissance animale globale se vouait à la description d'un aspect quantitatif important de la morphogenèse, il est d'autant plus clair qu'il n'allait pas au cœur de ce problème que la connexion entre ses équations de croissance pondérale et linéaire s'y effectuait sous l'hypothèse de croissance proportionnelle, négligeant donc par définition les changements de forme si caractéristiques de ce phénomène. Il était donc tout naturel que Bertalanffy se tourne aussi vers ce problème. C'est seulement en 1937 qu'apparurent ses premières réflexions publiées à ce sujet, mais elles étaient déjà alors si étoffées et bien informées qu'on peut supposer (et un argument mathématique en sera fourni plus loin) qu'elles furent initiées simultanément à ses travaux sur la croissance globale, donc dès 1933-1934. En réalité, les deux problèmes étaient étroitement connectés pour Bertalanffy. Sa perspective dynamiciste l'amenait en effet à rejoindre le point de vue de D'Arcy Thompson sur la morphogenèse, c'est-à-dire à penser les changements de forme en terme de croissance différentielle des organes. Il s'agissait néanmoins pour lui, contrairement à l'approche en fin de compte statique de l'Écossais, de le faire en prenant effectivement en compte ces croissances différentielles dans leur dynamisme, autrement dit en analysant le phénomène en termes de *vitesses* de croissance et en réduisant en fin de compte la forme organique à « l'expression d'une structure [*Gefüge*] de vitesses de croissance » :

Les changements de forme par lesquels passe un organisme sont dans une mesure essentielle conditionnés par la relation entre vitesses de croissance des organes individuels. Les proportions du corps sont largement un produit des différences entre vitesses de croissance selon les différentes directions de l'espace. Le problème de la forme organique et de la morphogenèse [*Formgestaltung*] apparaît donc dans une large mesure comme un problème de croissance².

¹ Woodger J.H. (1937), pp. 137-138.

² Bertalanffy L. von (1937b), pp. 91-92 ; (1940a), p. 56 ; (1941a), p. 10 ; (1942), p. 229 et p. 275 ; (1949e), p. 131.

Il s'efforçait de la sorte d'aller plus loin que D'Arcy Thompson, au sens où poser le problème en ces termes était susceptible de permettre d'appréhender mathématiquement ce phénomène non plus seulement « qualitativement », en l'occurrence en termes topologiques, mais bien quantitativement. Bertalanffy ne cacha aucunement la fonction stratégique éminente qu'il attribuait à une réussite de ce point de vue, en tant que moment essentiel de la démonstration de la pertinence de sa perspective et de son programme « organismiques » (notamment eu égard à l'ambition de constituer la biologie comme « science exacte ») et de leur actualisation sous la forme d'une « morphologie dynamique » :

Le problème de la relation entre vitesses de croissance est fondamental pour une compréhension dynamique de la forme organique ; si nous parvenons à formuler des lois mathématiques des changements de forme de l'organisme au cours de la croissance, nous démontrerons par là-même que la morphogenèse organique, et avec elle la plus grande énigme dans le domaine de l'organique, est contre la conception la plus répandue accessible à une analyse quantitative. Et le problème de la forme organique ouvrira ainsi à une morphologie dynamique¹.

Le point de départ des réflexions de Bertalanffy sur le problème de la croissance relative fut le constat du fait que s'il y avait égalité des « vitesses de croissance relative » des différents organes – cette vitesse désignant pour un organe Y la quantité $\frac{1}{y} \frac{dy}{dt}$, où y est une mesure de son poids ou de sa longueur – alors la croissance globale de l'organisme considéré serait proportionnelle : il conserverait sa forme pendant la croissance. En réalité, des changements de proportions se manifestent en général au cours de ce processus. Dans le cas de l'homme par exemple, la taille de la tête représente environ le quart de la taille du corps chez le nouveau-né, et seulement le huitième chez l'adulte, tandis que le phénomène contraire se produit pour les jambes. Il s'agissait pour Bertalanffy d'interpréter ces changements de proportions comme le résultat de différences entre croissances relatives. D'une manière générale, si x et y désignent un même type de mesure (pondérale ou linéaire) de deux organes ou ensembles d'organes X et Y , le rapport entre leurs vitesses de croissance relative est *a priori* une fonction F de ces mesures et du temps t , se présentant donc sous la forme :

$$\frac{\frac{1}{y} \frac{dy}{dt}}{\frac{1}{x} \frac{dx}{dt}} = F(x; y; t)$$

Mais le cas le plus simple à considérer en premier lieu est bien sûr celui où F est une fonction constante indépendante de x , y et t , l'équation précédente s'écrivant alors :

$$\frac{\frac{1}{y} \frac{dy}{dt}}{\frac{1}{x} \frac{dx}{dt}} = \alpha \tag{1}$$

où α désigne une constante positive. Par élimination du temps t , (1) peut être réécrite sous la forme différentielle séparée :

$$\frac{dy}{y} = \alpha \frac{dx}{x} \tag{2}$$

Laquelle s'intègre immédiatement, par introduction d'une constante d'intégration positive k , sous la forme de l'expression de y comme fonction puissance de x :

$$y = kx^\alpha \tag{3}$$

Les relations (1) et (3), principalement considérées dans le cas où X réfère à l'ensemble de l'organisme, constituent ce que Julian S. Huxley et Georges Teissier baptisèrent en 1936 la « loi de croissance allométrique », dans un court article commun fixant la terminologie à ce sujet qui fut simultanément publié en anglais, en allemand et en français². Elles fournissent le cas de la croissance proportionnelle (ou « isométrie ») lorsque $\alpha = 1$; Huxley et Teissier parlèrent d'« allométrie positive » de Y par rapport à X lorsque $\alpha > 1$ et d'« allométrie négative » lorsque $\alpha < 1$.

¹ Bertalanffy L. von (1937b), p. 92 ; (1941a), p. 11 ; (1942), p. 275.

² Huxley J.S. & Teissier G. (1936), p. 381. Voir aussi Gayon J. (2000), p. 748.

Le fait que Bertalanffy ait commencé à discuter la pertinence de ces relations pour l'analyse mathématique de la croissance relative l'année qui suivit la publication de l'article en question ne traduit pas vraiment une influence de ce dernier en particulier, mais plutôt celle de tout ce qui avait conduit ses auteurs à en ressentir la nécessité. À savoir ce que Jean Gayon a appelé « l'industrie de la croissance différentielle » qui s'était rapidement développée au cours de la décennie précédente, avec un foisonnement de travaux vérifiant la remarquable validité empirique de la « loi allométrique » et une diversité de terminologies et de notations que l'article de Huxley et Teissier avait justement pour objet d'harmoniser¹. Le Viennois ne se référa d'ailleurs pas explicitement à cet article (bien qu'il en reprit les termes), mais à des publications antérieures de Huxley et Teissier : le premier avait dès 1924 publié un article montrant l'adéquation de ces formules dans le cas de la croissance relative d'une espèce de crabe, et publié tout un essai en 1932 sur les « problèmes de croissance relative » en général. Quant au second, il avait publié son premier article sur ce même sujet en 1926, utilisant lui aussi ces relations ; et sa thèse de doctorat, soutenue en 1931, avait en partie repris ce sujet, fournissant au passage certains aperçus historiques sur l'étude de la croissance relative et l'utilisation de la « loi allométrique »². Le fait est que contrairement aux tentatives de Huxley de faire accroire à l'originalité de ses travaux sur cette « loi », dont Gayon a bien montré qu'elles relevaient non d'une ignorance, mais d'une malhonnêteté intellectuelle manifeste³, elle avait été mise en œuvre dès la fin du XIX^e siècle. Le premier à l'avoir fait, en 1891, pour la description des relations entre poids du cerveau et poids total du corps, semble être Otto Snell⁴. Dubois, travaillant sur le même problème montra plus systématiquement six ans plus tard la possibilité de lier allométriquement la masse du cerveau des mammifères à leur masse totale, études dont j'ai d'ailleurs mentionné au 2-1-2-1 l'influence sur Bertalanffy quant à ses réflexions sur les fondements biologiques de la spécificité humaine. Lapique prolongea ses travaux en montrant la pertinence des relations allométriques entre masse du cerveau et masse totale tant du point de vue intra-spécifique (i.e. parmi les individus adultes d'une même espèce) que du point de vue inter-spécifique (i.e. parmi les individus adultes de différentes espèces, comparaison aussi qualifiée d'« allomorphose »). Néanmoins, tous ces travaux s'inscrivaient dans une perspective biométrique, n'avaient rien d'expérimental et ne concernaient pas la croissance relative individuelle dite « ontogénétique » (aussi qualifiée d'« hétérauxèse »)⁵. L'approche de ce dernier problème n'advint qu'avec le Français Albert Pézard, au cours de la première guerre mondiale. C'est lui qui introduisit l'expression « croissance hétérogonique » pour désigner ce qui ne fut qu'après 1936 appelé croissance allométrique des organes. L'apport de Pézard fut de montrer que le temps n'est pas une variable pertinente dans l'étude de la croissance relative d'un organe et que seule l'est la taille (ou masse) du corps. Mais il n'utilisa pas lui-même la « loi allométrique ». C'est son compatriote Christian Champy qui le fit, en 1924 : il montra la possibilité de lier allométriquement la mesure d'un caractère sexuel secondaire à la taille du corps, en cherchant à expliquer cette « croissance dysharmonique » par des changements hormonaux⁶. Ce sont ces travaux qui inaugurèrent la période de publications abondantes sur le sujet qui mène jusqu'à Bertalanffy. Parmi elles s'en trouve en particulier une de Schmalhausen qui, se référant aux premiers travaux d'Huxley, n'eut aucune difficulté à démontrer en 1927 que la « loi de croissance hétérogonique » dont parlait alors l'Anglais était dérivable de ses propres équations de croissance : qu'elles soient appliquées à l'organisme tout entier ou à un quelconque organe, le fait que ces équations exprimaient la masse comme fonction puissance du temps impliquait en effet immédiatement toutes les relations allométriques imaginables – ce qu'il interpréta comme une « preuve » en faveur de sa « loi » de croissance et de l'interprétation « cytologique » qu'il en faisait⁷. En réalité, la « loi allométrique » pouvait tout aussi bien se déduire de l'hypothèse d'une croissance purement exponentielle des organes, ce que Bertalanffy ne manqua pas de remarquer en

¹ Gayon J. (2000), p. 754.

² Bertalanffy L. von (1937b), p. 92 et Gayon J. (2000), pp. 752-753.

³ Gayon J. (2000), pp. 749-753.

⁴ Krüger F. (1973), p. 645.

⁵ Bertalanffy L. von (1952b), p. 390 pour les définitions des termes « allomorphose » et « hétérauxèse ».

⁶ Gayon J. (2000), pp. 748-752.

⁷ Schmalhausen I.I. (1927b), pp. 57-58 en particulier.

critiquant comme sans valeur de telles tentatives de dérivations, au motif du caractère « totalement artificiel » et en tout état de cause inadéquat de leurs prémisses¹.

Quoiqu'il en soit, le Viennois prit acte de la multiplicité des preuves empiriques de la pertinence de la « loi allométrique » pour l'étude de la morphogenèse individuelle², tout en ne tardant pas à en fournir lui-même par des travaux approfondis sur la croissance des planaires³. Mais il fut plus profondément frappé par le fait que cette « loi » s'était en fait révélée très bien s'appliquer dans trois autres domaines biologiques que celui de la morphogenèse individuelle. Ne doit à cet égard rien au hasard le fait que le terme « allométrie » ait en fait été emprunté par Huxley et Teissier à l'Américain Henry F. Osborn, qui l'avait utilisé en 1925 afin de caractériser les changements de proportions morphologiques observés dans des séries phylogénétiques⁴ – donc afin de mettre en évidence ce que l'on appelle une « allométrie phylogénétique ». Bertalanffy se référa justement aux travaux de cet éminent paléontologue. La « théorie des transformations » de D'Arcy Thompson s'était objectivement limitée à démontrer sur un mode purement spéculatif la *possibilité de principe* d'interpréter les métamorphoses au sein d'une série phylogénétique comme de simples changements de proportions conservant un plan d'organisation déterminé. Mais dans le prolongement de cette « théorie », Osborn établit sur un grand nombre d'exemples, en particulier sur la série phylogénétique du cheval et sur celle (que Bertalanffy aimait particulièrement citer) du titanothère (où l'évolution de la taille de la corne se trouve être très bien décrite par une relation allométrique à la taille totale), que les évolutions phylogénétiques se ramènent *effectivement* pour une large part à des changements de proportions justiciables de la « loi allométrique », de sorte que ces changements peuvent au moins en partie être interprétés comme le résultat de contraintes morphogénétiques immanentes, et non par les apparentes adaptations à des conditions de vie déterminées par lesquelles on était enclin à les expliquer :

La transformation de Thompson se limite à exprimer que différentes espèces se distinguent par des différences de proportions et qu'en prenant ces dernières en compte, il est au moins conceptuellement possible de transformer une espèce en une autre ; aussi cette transformation est-elle essentiellement typologique. Elle est statique, en ce qu'elle compare des stades particuliers ; elle ne fournit pas la loi dynamique des changements. On trouve néanmoins justement que quelques unes des plus importantes séries phylogénétiques sont gouvernées par une loi concevable de manière exacte, qui mène à une compréhension dynamique de ces métamorphoses et changements de proportions. Cette loi est l'allométrie⁵.

Outre le domaine de la phylogenèse, Needham en 1932 et Teissier en 1934 avaient établi que cette « loi » s'applique aussi aux changements de composition chimique au cours du développement ontogénétique. La composition chimique d'un organisme s'était révélée correspondre en raison allométrique à certains stades de développement déterminés. Ainsi la consommation d'oxygène, le taux d'hydrates de carbone ou celui de lipides d'un embryon de poulet se trouvaient-ils en relation allométrique à la taille du corps au moins au cours d'une phase de croissance déterminée. Plus remarquable encore, les coefficients α d'allométrie correspondants étaient apparus identiques pour chacune des substances en question entre des organismes pourtant différents du point de vue de la morphologie, de la nourriture et de la taille (par exemple des poulets et des poissons). Ce qui amena Needham à émettre l'hypothèse de l'existence d'un « plan d'organisation chimique » de l'organisme animal en général⁶. Enfin, Bertalanffy était bien placé pour remarquer qu'un quatrième domaine avait depuis longtemps été investi par la « loi allométrique », puisqu'il avait lui-même fait consciemment usage de cette « loi » dans la construction de sa propre théorie de la croissance animale globale : celui de la physiologie du métabolisme⁷. En effet, toutes les relations de dépendance couramment supposées et utilisées dans ce domaine entre anabolisme et catabolisme d'une part, et masse, surface ou longueur totale d'autre part, étaient du type allométrique ; relations dont nous avons vu que Bertalanffy était bien loin d'être le premier à les avoir mises en œuvre, leur usage étant de près d'un siècle antérieur.

¹ Bertalanffy L. von (1942), pp. 285-286.

² Pour de multiples exemples détaillés, voir Bertalanffy L. von (1942), pp. 276-281.

³ Bertalanffy L. von (1941b), notamment p. 298.

⁴ Huxley J.S. & Teissier G. (1936), p. 381.

⁵ Bertalanffy L. von (1941a), p. 14 et (1942), pp. 296-297. Voir aussi (1937b), pp. 96-99.

⁶ Bertalanffy L. von (1937b), pp. 93-94 et (1942), pp. 281-282.

⁷ Bertalanffy L. von (1942), p. 283.

Il y avait déjà dans la multiplicité des applications de relations allométriques à la morphogenèse individuelle un fait qui, pour le Viennois, n'avait rien d'anodin, exigeait une explication et suggérait l'existence d'une loi sous-jacente restant à découvrir :

Nous devons nous pencher sur la signification de la relation ainsi découverte. Car l'hypothèse d'une constance de la relation entre vitesses de croissance des organes ne va bien évidemment pas de soi [...] On serait plutôt enclin à admettre qu'une partie déterminée commence soudainement et pendant une durée déterminée à croître plus rapidement qu'une autre, sans qu'il soit possible d'établir la moindre relation fonctionnelle simple ou même simplement continue entre les vitesses de croissance des parties. Qu'au moins dans de nombreux cas la relation simple de la loi de Huxley soit réalisée est l'indicateur certain du fait qu'une relation biologique générale est à son fondement¹.

La diversité des domaines où des relations allométriques étaient applicables renforçait naturellement cette conviction. Pour Bertalanffy, ce n'était d'ailleurs qu'en trouvant une explication à l'étendue de ce spectre d'applicabilité que l'on pourrait véritablement parler de « loi allométrique ». Conformément à sa conception d'une loi et même s'il se laissa parfois, comme dans la citation précédente, aller à reprendre lui-même ce terme à son compte, il manifesta une certaine réticence à la qualifier ainsi tant qu'on demeurerait dans l'incapacité de l'établir sur des fondements rationnels. Ainsi put-il (beaucoup plus justement) la décrire comme une simple « approximation empirique corroborée de multiples manières »². Et c'est dans les réponses qu'il s'efforça d'apporter à cette question des raisons de l'applicabilité des relations allométriques qu'il trouva le ressort d'une « morphologie dynamique » susceptible d'embrasser effectivement l'ensemble des questions biologiques fondamentales.

2-5-2-3 – De l'interprétation physiologique des relations allométriques de la croissance relative à l'esquisse d'une théorie synthétique de la croissance animale

Bertalanffy fournit en fait plusieurs niveaux de réponse. Le premier concernait spécifiquement la croissance relative des organes au cours du développement individuel et était de type purement physiologique. D'une manière assez paradoxale, le Viennois ne l'exposa qu'après avoir élaboré dès 1937 une réponse très générale, dont nous verrons qu'elle était en dernière analyse de type génétique. La raison de ce délai, outre la nécessité de pouvoir la justifier expérimentalement, est peut-être que l'explication en question touchait de près à sa théorie de la croissance globale et qu'il lui était nécessaire de s'assurer de leur compatibilité.

L'une des pistes qu'il suivit fut l'existence d'une éventuelle connexion entre l'étude de la croissance relative et la fameuse théorie des « gradients physiologiques » élaborée par Child. Celui-ci avait cherché à y montrer que la « polarisation » de la morphogenèse, l'existence de différences qualitatives et quantitatives le long d'un axe de développement, peut être corrélée tout à la fois à des « gradients de sensibilité », à des « gradients métaboliques » et à des « gradients morphogénétiques » (au sens d'un nivellement des capacités génératrices ou régénératrices d'organes importants) ; mais il avait aussi soutenu qu'existe en principe une coïncidence systématique entre ces différents types de gradients. Aussi sembla-t-il naturel à Bertalanffy d'examiner si les « gradients de croissance » observables au cours de la morphogenèse et formalisés par (1) coïncident avec ces « gradients physiologiques ». Il entreprit en 1940 une série d'expérimentations sur des planaires afin d'élucider la question. Une étude minutieuse lui permit d'abord de vérifier que la croissance de quatre régions principales des vers étudiés se trouvent dans diverses relations allométriques (certaines positives, d'autres négatives) à la longueur totale de ces organismes. L'une des originalités de son travail fut son application de la « méthode des transformations » de D'Arcy Thompson à la représentation géométrique des effets de ces relations allométriques : tandis que Thompson n'avait appliqué sa méthode qu'aux métamorphoses au sein de séries phylogénétiques, seuls deux zoologistes semblent, en 1937, l'avoir appliquée avant Bertalanffy à la morphogenèse individuelle³. Mais l'intérêt de son travail fut surtout d'établir d'une part que la coïncidence entre gradients physiologiques posée par Child ne se vérifie que dans certaines conditions et n'est pas systématique. Et surtout que

¹ Bertalanffy L. von (1937b), p. 94 ; (1941a), p. 13 et (1942), p. 285.

² Bertalanffy L. von (1941a), p. 12.

³ Bertalanffy L. von (1941b), pp. 299-300. Bertalanffy cita lui-même, en affirmant qu'il s'agissait de ses seuls prédécesseurs, Richards O.W. & Riley G.A. (1937), « The growth of amphibian larvae illustrated by transformed coordinates », *Journal of experimental zoology*, 77, 159.

contrairement à ce que le Viennois lui-même s'attendait à trouver, les « gradients de croissance » ne coïncident pas avec les gradients physiologiques étudiés par Child, au contraire : Bertalanffy trouva que les régions des planaires correspondant aux gradients métaboliques les plus élevés sont précisément celles dont la croissance relative est la plus faible, tandis que les régions de plus forte croissance relative ne se distinguent nullement par une sensibilité, un métabolisme et un pouvoir de régénération supérieur¹. Il montra par ailleurs que l'analyse allométrique de la croissance relative devait elle-même être affinée, le coefficient de croissance allométrique d'un organe déterminé étant lui-même la résultante de gradients de croissance de cet organe (c'est-à-dire que même considéré en tant que tel, sa croissance n'est pas homogène)².

Si la théorie de Child se révélait incapable d'expliquer la croissance relative, une autre explication physiologique était envisageable, qu'avaient déjà esquissée Robert C. Robb et Teissier en 1929 et 1934 respectivement, et que Bertalanffy développa en 1940 en lui fournissant une justification expérimentale par ses études sur les planaires. Il s'agissait d'interpréter l'allométrie de la croissance relative comme la « conséquence d'un mécanisme de distribution ». Les substances assimilées par l'organisme X dans son ensemble et celles assimilées par l'un de ses organes Y seraient distribuées selon un rapport déterminé : la constante d'allométrie α de Y relativement à X s'interpréterait de ce point de vue comme une « constante de distribution » exprimant le taux d'appropriation par Y des substances assimilées par X . Un processus bien exprimé par la réécriture de l'expression (2) de l'équation de croissance allométrique, où l'accroissement de Y apparaît comme une fonction directe de sa proportion dans X , la constante α exprimant dans cette équation le taux d'appropriation par Y des substances assimilées par X :

$$dy = \alpha \frac{y}{x} dx$$

Bertalanffy fut d'autant plus enclin à se satisfaire de cette interprétation qu'il vérifia dans le cas des planaires une dépendance directe de la croissance relative de chaque région à sa distance aux surfaces de résorption, donc à la disponibilité de nutriments ; ainsi la région de la tête des planaires, qui ne contient qu'une petite partie du tractus intestinal, s'y caractérise-t-elle par une allométrie très négative (i.e. une faible croissance relative), tandis que la région postpharyngiale, à croissance allométrique fortement positive, s'y trouve au contraire contenir une majeure partie de ce tractus. De surcroît, si l'hypothèse était justifiée, on pouvait s'attendre à constater chez des adultes en état de jeûne des transformations morphologiques telles que l'impression fût donnée d'une régression à un état de développement antérieur, avec une atrophie d'autant plus marquée des organes que leur coefficient allométrique est élevé. Et c'est exactement ce qu'il put vérifier sur les planaires³. Ainsi la croissance relative apparut-elle à Bertalanffy comme l'expression d'une sorte de compétition, de « combat des parties » (pour reprendre l'expression de Roux), dont le ressort est la capacité d'assimilation d'une fraction de la matière assimilée par l'ensemble de l'organisme. Il considérait que la vieille « loi du budget » énoncée par Goethe (appelée « loi de balancement » par Geoffroy Saint-Hilaire) trouvait enfin là son « fondement physiologique », la constante allométrique de chaque organe pouvant s'interpréter comme l'expression qui lui est propre de l'état d'« équilibre » global dans la distribution des ressources atteint à l'âge adulte⁴.

Comme Bertalanffy l'indiqua à la fin de son étude publiée en 1941 sur les liens entre « gradients de croissance » et « gradients métaboliques », ce sont ces considérations qui l'amenèrent à envisager la possibilité d'une synthèse (il parla aussi d'« unification ») entre l'analyse allométrique de la croissance relative et sa théorie métabolique de la croissance globale⁵. En résulta l'esquisse de ce que lui-même qualifia de « théorie synthétique de la croissance absolue et relative »⁶, qu'il exposa en 1942 dans le second volume de sa *Theoretische Biologie*⁷. Il ne s'agissait bien que d'une esquisse, et ce à double titre. D'abord en ce que seuls des développements mathématiques en furent fournis sans

¹ *op. cit.*, pp. 301-306.

² Bertalanffy L. von (1942), p. 285.

³ Bertalanffy L. von (1940a), p. 56 ; (1941a), p. 12 ; (1941b), pp. 307-309 ; (1942), pp. 289-291.

⁴ Bertalanffy L. von (1942), pp. 290-291 ; (1949e), p. 132 ; (1949d), p. 361 ; (1952b), p. 391.

⁵ Bertalanffy L. von (1941b), p. 309.

⁶ Bertalanffy L. von (1949e), p. 132. Voir aussi (1949a), p. 158.

⁷ Bertalanffy L. von (1942), pp. 287-289.

que la moindre confrontation systématique avec la réalité empirique n'ait été réalisée (il semble que les circonstances ne permirent en fait jamais à Bertalanffy de le faire). Mais aussi parce que la synthèse entre relations allométriques et équations de croissance globale n'y fut pas réalisée dans le cas général de ces équations, c'est-à-dire avec la masse totale μ de l'organisme posée comme une solution de l'équation $\frac{d\mu}{dt} = a\mu^m - c\mu$ sous la condition $\frac{2}{3} \leq m \leq 1$: elle le fut seulement dans le cas particulier (certes le plus fréquent) où $m = \frac{2}{3}$.

Il ne s'agissait en tous cas pas dans cette théorie synthétique de s'efforcer (à la manière de Schmalhausen par exemple) de déduire la loi de croissance globale de celle de la croissance relative, ou réciproquement : Bertalanffy fut très clair sur le manque de pertinence (au moins contemporain) de telles tentatives¹. La construction de son esquisse de modèle théorique reposait plutôt sur une fusion des deux types d'équations. Les deux équations de croissance globale pour la « longueur » et la masse totales étaient d'abord normalisées en posant respectivement $x = \frac{\lambda}{\Lambda}$ et $w = \frac{\mu}{M}$; elles s'écrivaient donc sous les formes respectives :

$$x = 1 - Ce^{-kt}$$

$$w = (1 - Ce^{-kt})^3$$

où $C = 1 - \frac{\lambda_0}{\Lambda}$ désigne l'accroissement relatif entre longueur initiale et longueur finale et où $k = \frac{c}{3}$ est le tiers de la « constante de catabolisme ». On pourrait être tenté d'objecter à ce point de départ une faiblesse rédhibitoire, puisque la première équation ne peut référer à une longueur réelle que sous l'hypothèse simplificatrice de croissance proportionnelle, donc en flagrante contradiction avec la prise en compte d'une allométrie positive ou négative de la croissance relative des organes. La contradiction n'est toutefois qu'apparente si l'on tient compte de la signification purement mathématique de λ et donc de x , simplement définies ici comme racines cubique de la masse ou de sa normalisée. Il semble aussi que Bertalanffy ait implicitement considéré que l'écart en général peu sensible constaté en pratique entre la courbe théorique de la croissance globale « linéaire » et les courbes effectivement observées justifiait ce point de départ : que l'effet de l'approximation à l'échelle globale se retrouve bien dans l'analyse de la croissance d'un organe particulier n'empêchait pas de tirer de l'hypothèse simplificatrice en question des conclusions de principe qualitativement pertinentes (ce qui constituait le principal objectif de Bertalanffy), voire raisonnablement précises du point de vue quantitatif.

La seconde étape consistait à considérer un organe Y sous l'hypothèse d'une croissance en raison allométrique α de sa « longueur » y par rapport à la « longueur » de l'organisme dans son ensemble. De l'équation $y = x^\alpha$ résultent alors les deux relations :

$$y = (1 - Ce^{-kt})^\alpha$$

$$z = (1 - Ce^{-kt})^{3\alpha}$$

où z désigne la masse de l'organe Y . Ces équations expriment donc la croissance absolue de Y uniquement à partir des constantes métaboliques de l'organisme global et de sa constante allométrique propre. Il s'agissait ensuite pour Bertalanffy d'analyser les propriétés mathématiques des fonctions ainsi obtenues, ce qu'il fit de manière détaillée. Le seul résultat significatif qu'il put établir est que selon cette modélisation, la courbe de croissance « linéaire » de l'organe Y ne peut présenter un point d'inflexion et une forme sigmoïde que si $\alpha > 1$ (plus précisément si $\alpha > \frac{1}{c}$) ; c'est-à-dire en cas d'allométrie « linéaire » suffisamment positive, avec dans ce cas une position du point d'inflexion correspondant à un rapport à la « longueur » finale de l'organe égal à $(1 - 1/\alpha)^\alpha$, donc localisé dans l'intervalle $]0; 1/e[$ et d'autant plus éloigné du point initial que le coefficient allométrique est élevé. Dans le cas contraire d'une allométrie négative, la forme de la courbe de croissance « linéaire » de Y serait selon cette modélisation toujours la même que celle de la croissance « linéaire » globale (car correspondant alors à une fonction concave croissante)². Quant à la croissance pondérale, les mêmes

¹ *op. cit.*, p. 273 et p. 286.

² La démonstration fournie par Bertalanffy (dans (1942), pp. 287-289) est la suivante. En notant $\varphi(t) = 1 - Ce^{-kt}$, on a : $\varphi'(t) = Cke^{-kt} > 0$ et $\varphi''(t) = -Ck^2e^{-kt}$ pour tout $t > 0$. D'où $y'(t) = \alpha[\varphi(t)]^{\alpha-1}\varphi'(t)$, puis :
 $y''(t) = \alpha(\alpha - 1)[\varphi(t)]^{\alpha-2}[\varphi'(t)]^2 + \alpha[\varphi(t)]^{\alpha-1}\varphi''(t) = \alpha[\varphi(t)]^{\alpha-2}[(\alpha - 1)[\varphi'(t)]^2 + \varphi(t)\varphi''(t)] = Ck^2e^{-kt}[\alpha Ce^{-kt} - 1]$

considérations pouvaient y être appliquées. Les équations prédisent alors une courbe de croissance sigmoïde de l'organe Y dans tous les cas, sauf ceux où $\alpha < \frac{1}{3C}$, c'est-à-dire ceux d'une allométrie « linéaire » fortement négative. Bertalanffy ne fournit à ces résultats aucune justification, mais leur preuve mathématique est une simple adaptation de celle des résultats précédents (tenant compte du facteur 3 dans l'exposant qui exprime z)¹.

Bien sûr, d'autres conditions pouvaient être trouvées dans les deux autres cas de type de croissance globale figurant dans sa typologie (c'est-à-dire pour $\frac{2}{3} < m \leq 1$), ce que Bertalanffy ne prit pas la peine de faire. Le commentaire quelque peu sybillin par lequel il clôtura cette esquisse montre qu'il s'était surtout agi pour lui d'établir avec elle la possibilité d'une véritable théorie synthétique et de pointer le type de résultats qu'elle était susceptible de fournir, tout en montrant leur caractère en principe expérimentalement testables :

Ces conséquences sont sans difficulté accessibles à un test empirique. En tout état de cause, le matériel d'observation dont on dispose actuellement ne permet que de les faire apparaître comme qualitativement utilisables. Des recherches sont entreprises, qui visent à mettre à l'épreuve les conceptions développées ici².

L'indication de travaux en ce sens ne fut pas suivie d'effets, pour des raisons qui restent à établir. On peut imaginer que les conditions de l'état de guerre ne furent pas propices. Il est aussi envisageable, compte tenu des hypothèses simplificatrices inhérentes à son modèle (principalement eu égard aux dimensions « linéaires »), que Bertalanffy ait bien mené les recherches auxquelles il a fait allusion, mais que les résultats quantitatifs obtenus n'aient pas été jugés assez probants, de sorte qu'il n'insista pas sur le développement effectif de sa théorie et préféra se concentrer sur d'autres tâches auxquelles il travaillait simultanément – essentiellement le développement de sa « théorie des systèmes ouverts », dont il va bientôt être question, et le mûrissement de son projet « systémologique » général.

2-5-2-4 – *La « morphologie dynamique » comme expression de la perspective « organismique » relativement au problème de la forme organique*

L'essentiel pour Bertalanffy semble en fait avoir été de démontrer avec sa théorie de la croissance animale globale comme avec son approche du problème de la croissance relative la capacité effective de sa perspective « organismique » à générer des aperçus théoriques inédits et féconds sur le problème de la forme organique. Ce qu'il appelait « morphologie dynamique » n'était autre que l'expression de cette perspective relativement à ce problème. Il affirma d'ailleurs qu'il ne considérait pas tant cette morphologie comme une réponse à ce dernier que comme un « point de vue » [*Betrachtungsweise*] offert sur lui, un « schéma intellectuel abstrait » par l'intermédiaire duquel il s'agissait de « rapporter la profusion des formes à un ordre intellectuel ». Il la considérait comme un complément (et non un substitut) nécessaire aux quatre grands « points de vue » développés avant lui – « typologique », « phylogénétique », « fonctionnelle » et « développementale » :

Le problème de la forme organique, sans aucun doute l'une des questions fondamentales de la biologie, impose incontestablement une étude par différents côtés et points de vue [...] Nous pouvons considérer les formes organiques non seulement comme des expressions d'un plan de construction idéal, comme dans la morphologie idéaliste ; non seulement comme un produit du développement embryonnaire ou phylogénétique comme dans les morphologies développementale ou phylogénétique ; non seulement en la considérant du point de vue des fonctions organiques comme dans la morphologie fonctionnelle ; nous pouvons aussi la considérer comme l'expression

$y''(t)$ se trouve donc être du signe de $[\alpha C e^{-kt} - 1]$, fonction décroissante de t de maximum $(\alpha C - 1)$ et tendant vers -1 lorsque t tend vers l'infini. Comme $C < 1$ par définition, le maximum de cette fonction est strictement inférieur à $(\alpha - 1)$. Donc si $\alpha < 1$, elle est toujours strictement négative, de sorte que y est nécessairement une fonction concave croissante de t . Par contre, si $\alpha > 1$, il *peut* y avoir un changement de signe de y'' . Plus précisément, la fonction y restera concave croissante si $\alpha < \frac{1}{C}$, mais sa courbe admettra un point d'inflexion et une forme sigmoïde si $\alpha > \frac{1}{C}$. Le point d'inflexion, s'il existe, se produit à l'instant t tel que $e^{-kt} = 1/\alpha C$, de sorte que la « longueur » normalisée correspondante vérifie $y = (1 - 1/\alpha)^\alpha$, avec une limite nulle en 1 à droite et la limite classique $1/e$ en l'infini.

¹ Bertalanffy L. von (1942), pp. 287-289. Voir aussi (1949a), p. 158.

² Bertalanffy L. von (1942), p. 289.

d'un flux ordonné d'événements, d'un système ordonné de forces. Tel est le point de vue que nous appelons morphologie dynamique.

Un point de vue que nous avons vu ne connaître d'autre permanence dans la forme organique que celle d'une « légalité systémique », d'un ordre de processus caractérisé comme « ordre hiérarchique de systèmes ouverts en équilibre de flux » ou tendant vers un tel équilibre¹.

Comme Bertalanffy l'affirma en conclusion du « manifeste » de la « morphologie dynamique » qu'il publia en 1941, celle-ci avait deux vocations fondamentales qui en faisaient en définitive le « cheval de Troie » de son programme « organismique ». À savoir former un cadre conceptuel favorisant la détermination de « lois exactes » de la forme organique. Et constituer un terrain de confluence et d'unification pour des domaines biologiques jusqu'alors plus ou moins séparés ; non seulement la morphologie, l'embryologie et la physiologie mais aussi, et là fut peut-être le point essentiel des travaux de Bertalanffy de la fin des années 1930 à la fin de la guerre, la génétique et la théorie de l'évolution phylogénétique. On remarquera que le caractère herméneutique de cette perspective fut pour ainsi dire explicitement posé par le Viennois ; et qu'il opposait à l'argument qu'il savait légitime des limites, des insuffisances et du caractère probablement provisoire des résultats concrets qu'elle avait permis d'obtenir, l'argument de sa fécondité heuristique :

La perspective d'une morphologie dynamique permet d'*amener sous un nouveau point de vue de nombreux problèmes*. Elle tente par l'étude de la croissance individuelle de *jeter un pont* entre ce problème fondamental et la physiologie du métabolisme et de rattacher la première à des principes généraux. De nombreux phénomènes jusqu'alors isolés deviennent par là-même *accessibles à une interprétation unitaire*. La théorie de la croissance allométrique ouvre la morphogénèse organique à une légalité quantitative. Les applications phylogénétiques rendent une série de problèmes fondamentaux tels que l'orthogénèse, la néoténie, la loi biogénétique, la coadaptation, accessibles à de nouvelles formulations. La question n'est de ce fait pas si importante de savoir si les formulations quantitatives obtenues à ce jour sont définitives [*abschließend*] ou si des modifications en seront nécessaires ; *l'essentiel tient au fait que sur cette voie d'une unification des perspectives quantitative, morphologique et physiologique en général, ces questions fondamentales apparaissent accessibles à une étude exacte*².

Ainsi les deux volets de la théorie bertalanffienne de la croissance organique avaient-ils à ses propres yeux pour véritable fonction d'ouvrir la voie d'une réinterprétation « organismique » scientifiquement fondée et autant que possible « exacte » des problèmes biologiques fondamentaux ; y compris de ceux si essentiels ayant trait à l'historicité des êtres biologiques, que les principes « organismiques » d'interprétation exposés en 1932 dans sa « biologie théorique » n'avaient pas encore intégrés de manière cohérente et opérationnelle au programme qu'il avait alors formulé.

2-5-2-5 – La « morphologie dynamique », véhicule de l'annexion de la génétique au programme « organismique »

Le point de départ d'une telle réinterprétation, des « applications phylogénétiques » de la « morphologie dynamique » auxquelles la citation précédente fait allusion, Bertalanffy le trouva dans une explication plausible de la possibilité d'établir des relations de type allométrique dans une grande diversité de domaines biologiques. Nous avons vu que pour lui, la conjonction de la simplicité de ces relations et de la généralité de leurs applications suggérait l'existence d'une « relation biologique générale » dont elles constitueraient l'expression. Une explication qui serait plus fondamentale que celle concernant spécifiquement la croissance et la physiologie du métabolisme (i.e. sa théorie du « mécanisme de distribution »), dont il jugeait indéniable la valeur au moins heuristique et dont il trouva l'inspiration dans la « génétique physiologique » de Goldschmidt, déjà considérée au 1-4-5-4.

L'idée de Bertalanffy fut que dans la mesure où la morphogénèse est à un premier niveau explicable en termes de différences de vitesse de croissance des organes et où ces différences se retrouvent à des variations infimes près chez tous les individus d'une même espèce, elles doivent avoir un fondement *génétique*. Or, Goldschmidt s'était justement efforcé de montrer que l'action d'un gène peut être « interprétée en termes de taux de réaction ». Ses études de la détermination du sexe, en

¹ Bertalanffy L. von (1941a), pp. 1-3 et (1942), pp. 230-231.

² Bertalanffy L. von (1941a), p. 21. Les italiques me sont propres.

particulier, lui avaient permis de montrer que l'effet d'une mutation d'un gène n'est pas en soi qualitatif, mais qu'il est plutôt un effet primordialement *quantitatif induisant* secondairement des différences *qualitatives* : deux allèles d'un même gène différencieraient essentiellement par les vitesses respectives des processus sous-jacents au développement ontogénétique dans la production desquels leurs actions catalytiques sont impliquées (processus de croissance, de différenciation, de synthèse de substances, réactions chimiques, etc.) ; une mutation étant donc susceptible d'affecter la coordination des vitesses de ces réactions et de la sorte la forme organique résultant de l'ensemble de ces processus¹. Pour Bertalanffy, toute relation allométrique entre deux grandeurs (masses ou longueurs d'organes, activités métaboliques, concentrations chimiques) devait justement pouvoir s'expliquer par l'existence de telles différences quantitatives dans l'action (qu'il concevait lui aussi comme une catalyse) des gènes ou groupes de gènes conditionnant les processus dont ces grandeurs sont des manifestations, du point de vue des vitesses des réactions que ces gènes contrôlent et coordonnent :

Le principe de coordination des vitesses de réaction est certainement d'une grande signification pour l'événement morphogénétique et en particulier pour le phénomène de croissance hétérogone. Lorsqu'au cours de ce dernier la vitesse de croissance d'une partie *Y* se trouve être un multiple de celle d'une partie *X*, cela ne signifie rien d'autre que le fait que les gènes correspondants sont coordonnés de la même manière, i.e. qu'ils se trouvent dans une relation quantitative déterminée telle qu'ils conditionnent des chaînes de réaction avec des vitesses différentes. C'est seulement sous cette hypothèse que la coordination mutuelle des vitesses de croissance s'exprimant dans la croissance hétérogone devient compréhensible².

Non seulement la croissance « hétérogone » mais aussi, je vais y revenir, la phylogenèse : les « variations dans la coordination des vitesses de croissance » seraient « l'un des facteurs les plus significatifs de la production de la multiplicité des formes organiques et de l'évolution phylogénétique »³. Ce recours à une explication de type génétique ne traduisait pas chez Bertalanffy un renoncement, même partiel, à sa perspective systémique ; il parla d'ailleurs de sa « conception de l'hérédité comme *système* de vitesses de réactions coordonnées »⁴. Il s'agissait au contraire d'un approfondissement de cette perspective qui, en investissant le domaine de la génétique, et avec lui celui de l'évolution, cherchait à se les annexer afin de satisfaire ses propres besoins de cohérence.

Cette tentative d'annexion commença à prendre vraiment corps en 1933, lorsque le Viennois rejoignit ceux que nous avons vu au 1-4-5-4, de Goldschmidt à E. Russell et Woodger, appeler avant lui les biologistes à « se libérer d'une conception sommative du processus héréditaire »⁵ en s'efforçant, avec des arguments plus ou moins bien fondés scientifiquement, d'en fournir des alternatives holistiques. Que cette tentative bertalanffienne ne soit survenue qu'à partir de cette date et se soit ensuite renforcée au cours des années 1930 et 1940, tient très probablement, au moins de manière indirecte, aux nouvelles perspectives ouvertes par les travaux de l'école soviétique de Sergei S. Tchetverikov. Si les phénomènes de polygénie (détermination d'un même caractère phénotypique par plusieurs gènes) et de pléiotropie (détermination de plusieurs caractères phénotypiques par un même gène) avaient déjà été mis en évidence au cours de la première décennie du siècle par le groupe de Morgan, leur importance ne fut en effet mise en exergue et systématiquement étudiée que dans les années 1920 par Tchetverikov et ses élèves. La pléiotropie, en particulier, fit en 1925 l'objet des premiers travaux du plus renommé d'entre eux, Nicolaï Timoféeff-Ressovsky. Or, les conceptions holistiques de cette école, qui rejetait « la notion d'une structure en mosaïque des organismes consistant en gènes indépendants », ne commencèrent justement à retenir l'attention en Occident que progressivement au cours des années 1930, après que Timoféeff-Ressovsky mais aussi Dobzhansky y eurent émigré et les y aient fait connaître⁶. C'est manifestement en prenant appui sur ces travaux que Bertalanffy, qui ne se référa néanmoins pour la première fois à Timoféeff-Ressovsky que six ans plus

¹ Goldschmidt R. (1938), pp. 51-78 . Voir aussi Bertalanffy L. von (1937b), pp. 94-95.

² Bertalanffy L. von (1937b), p. 95. Voir aussi (1941a), p. 13.

³ Bertalanffy L. von (1949e), p. 80.

⁴ Bertalanffy L. von (1949e), p. 81.

⁵ Bertalanffy L. von (1934a), p. 359. L'expression fut reprise dans (1937b), p 161. Voir déjà (1933b), p. 81.

⁶ Mayr E. (1982, 1989), pp. 516-517 et pp. 732-733. Voir aussi Pichot A. (1999), pp. 121-124.

tard¹, commença en 1934 à développer sa conception systémique du génome *lui-même*, à laquelle son interprétation dynamique de l'action génique put s'intégrer tout naturellement en 1937 :

Une conception « organismique » du processus héréditaire pourrait être un moyen tant de permettre d'ordonner impeccablement les résultats admirables de la génétique que d'aider à dépasser ses difficultés [liées à la conception sommative] [...] La *totalité* de l'organisme de l'animal adulte est engendrée par la *totalité* du génome de la cellule germinale. Et lorsqu'on parle de « gènes », ceci ne signifie rien d'autre que l'expression de différences situées de manière bien déterminée dans le génome [...] Le gène individuel *en soi* ne produit pas une aile formée de telle ou telle manière ; cette aile (comme tous les autres organes) est l'œuvre de la *totalité* du génome. Que sa formation puisse différer est certes lié à la molécule se trouvant sur le locus chromosomique concerné. C'est cette différence dont la cause est localisée au lieu en question en tant que « gène ». Les gènes sont les expressions de petites différences entre deux génomes dans l'ensemble correspondants, et non des dispositions pour la formation d'organes individuels [...]

Une différence entre deux génomes s'exercera en dernière analyse dans tout l'organisme. Ceci n'empêche aucunement qu'elle agisse *en particulier* sur un organe déterminé, par exemple un œil, et ne soit ainsi en apparence qu'une modification de ce dernier [...] Si un système organique signifie autre chose qu'une simple juxtaposition de mécanismes individuels, il n'est pour cette raison en rien nécessaire qu'il soit totalement homogène, et une partie peut bien avoir une signification décisive pour un effet déterminé sans pour autant se limiter à en être le mécanisme².

S'ajoutant à ceux de pléiotropie et de polygénie, d'autres phénomènes conduisirent Bertalanffy à rejoindre et à compléter les positions de Goldschmidt. Il en va ainsi de la phénocopie (même manifestation phénotypique d'une part par mutation d'un gène, d'autre part *via* des modifications non héréditaires induites par des facteurs externes) ; mais aussi des « effets de position » pointés avec insistance par Goldschmidt en 1938, c'est-à-dire de la variabilité de l'action des gènes en fonction de leur localisation chromosomique ; ou encore des rôles fondamentaux du cytoplasme en tant que « substrat de l'action génique » et « prérequis d'un développement ordonné » co-déterminant l'expression phénotypique du génome³. Bertalanffy en vint à défendre l'idée qu'il est nécessaire de renoncer au « gène individuel en tant qu'entité séparée » au profit d'une conception dynamique du processus héréditaire qui attribue au système formé par le chromosome et le cytoplasme le rôle de la véritable unité d'hérédité ; une conception qui faisait donc des modalités des interactions mutuelles entre gènes, des interactions entre les gènes et leur environnement cytoplasmique, et de la coordination de leurs actions catalytiques, c'est-à-dire en définitive de l'*organisation* du génome en tant que système ouvert et de son expression phénotypique, le véritable objet, ainsi devenu proprement « organismique », de la génétique :

Rien de persistant de manière statique n'est sous-jacent aux chromosomes ; la continuité des chromosomes n'est pas celle de structures fixées, mais tient en dernière analyse à la persistance de conditions systémiques d'une dynamique ordonnée. Les chromosomes ne « sont » pas, ils « deviennent » ; ils sont l'expression de certaines phases de la dynamique cycliquement renouvelée d'un flux ordonné [...] De surcroît, il est aujourd'hui démontré qu'une hérédité est dans certains cas conditionnée par le cytoplasme et non par les seuls chromosomes⁴.

En réalité, une conception organismique est indispensable aussi dans le domaine de l'hérédité, et c'est vers elle que tend la recherche moderne en génétique. Là aussi, la transition d'une conception statique vers une conception dynamique se révèle nécessaire : l'hérédité n'est pas un mécanisme dans lequel des dispositions héréditaires sont associées de manière mécanique [*maschinenartiger Weise*] à des caractères déterminés, mais un événement physiologique dans lequel les gènes interviennent d'une manière déterminée [...] En dernière analyse, tous les caractères héréditaires sont polygéniques, i.e. conditionnés par l'interaction de beaucoup voire de tous les facteurs héréditaires [...] D'un autre côté, les gènes agissent de manière pléiotropique, i.e. ne conditionnent pas un unique caractère mais influencent plus ou moins l'ensemble de l'organisme [...] Le génome

¹ Bertalanffy L. von (1940a), p. 99.

² Bertalanffy L. von (1934b), p. 359 et (1937b), pp. 161-162. La seconde partie de la citation ne figure que dans (1937b).

³ Goldschmidt R (1938), en particulier pp. 280-281 et pp. 310-311. Voir aussi Bertalanffy L. von (1949e), pp. 77-84.

⁴ Bertalanffy L. von (1937b), pp. 48-49 (et p. 160 pour une discussion sur le rôle du cytoplasme).

n'est pas une somme ou une mosaïque de dispositions indépendantes et agissant seules, mais un système qui engendre comme tout l'organisme adulte¹.

Qu'il soit expérimentalement établi que la mutation d'un seul gène, et ce d'autant plus si son action dans le développement ontogénétique est précoce, est en mesure d'induire une grande diversité de modifications et bien souvent de perturbations phénotypiques au point d'être létale, constituait pour lui une illustration majeure de ce caractère systémique du génome².

2-5-2-6 – La « morphologie dynamique », véhicule de l'annexion de la théorie de l'évolution phylogénétique au programme « organismique »

C'est par le biais de cette conception du génome comme « système organisé » et de son action en tant que système d'actions catalytiques coordonnées que Bertalanffy put développer de manière cohérente sa conception bionomogénétique de la phylogenèse et, par-là même, annexer la théorie de l'évolution elle aussi à sa perspective « organismique ». Cette conception du génome lui permit en premier lieu de suggérer une explication de la raison pour laquelle les variations morphologiques au sein d'une série phylogénétique sont le plus souvent justiciables de relations allométriques. S'appuyant sur le constat du fait que les mutations engendrent rarement des transformations qualitatives (telles que l'apparition d'un nouvel organe), il développa l'idée que la plupart d'entre elles altèrent la seule vitesse des réactions conditionnées par le ou les gènes affecté(s) ; une modification purement quantitative donc et qui, pourvu qu'elle ne soit pas létale, irait nécessairement de pair avec de nouvelles modalités de coordination des vitesses de réaction qui affectent les processus de croissance relative et induisent des métamorphoses (héréditaires) coordonnées :

Les différentes fonctions du système hormonal qui mènent à différentes vitesses de croissance des parties et par là-même à la production de différentes formes, devront être ramenées à des modifications quantitatives du génome qui est à leur fondement [...] Si l'on se donne un type d'organisation déterminé, alors une simple modification quantitative des gènes – éventuellement permise par des modifications dans la production de sécrétions internes qu'elle conditionne – rend possible une modification des relations entre vitesses de croissance des parties individuelles et par-là même une multitude de changements de formes. Une partie significative de l'évolution phylogénétique, à savoir l'ensemble de tels changements à l'intérieur d'un plan d'organisation, apparaît ainsi conditionnée par de simples variations quantitatives des gènes³.

Naturellement, et il le reconnut plusieurs fois, le problème de la transition d'un plan d'organisation à un autre demeurerait « à clarifier ». Il se refusa à avancer une hypothèse à cet égard⁴. Reste que sans pour autant renier son holisme, Bertalanffy se plaçait aux antipodes de la volonté de D'Arcy Thompson de « circonscrire le domaine de l'hérédité » en morphologie :

Il est manifeste que beaucoup de gènes sont identiques même entre des formes très éloignées systématiquement et que les espèces se distinguent à maints égards non pas tant par les gènes individuels que par la structure génétique, i.e. par la coordination des gènes⁵.

Mais son argument central n'était pas là. Il consistait à invoquer les contraintes de stabilité que le supposé caractère systémique du génome ne manquerait pas d'impliquer. Des faits encore problématiques, dont le caractère létal de bon nombre d'affections du génome, trouvaient effectivement ainsi une explication cohérente. Et Bertalanffy ne fut pas, bien au contraire, enclin à y renoncer à mesure que la structure moléculaire du génome se découvrait :

Comme un gène est une entité structurale physico-chimique du type d'une grosse molécule protéique et la mutation quelque chose comme une transition dans un nouvel état stable sous la forme d'une isomérisation, la modification sera peut-être certes possible dans de nombreuses directions, mais elle ne sera pas arbitraire, de la même manière que seuls certains états quantiques déterminés sont permis à un atome. Dans les deux cas, la quantification est le fondement tant du

¹ Bertalanffy L. von (1949e), pp. 77-79.

² Bertalanffy L. von (1933b), p. 81 ; (1949e), p. 81.

³ Bertalanffy L. von (1937b), pp. 97-98.

⁴ *op. cit.*, p. 98 et (1941a), p. 21.

⁵ Bertalanffy L. von (1941a), pp. 20-21.

caractère discret des changements que de la stabilité et de l'organisation [...] Le caractère « quantique » [*gequantelt*] de la mutation est le garant premièrement de la versatilité, deuxièmement de la grande stabilité du gène et de la relative rareté des mutations, et troisièmement du caractère fini des mutations possibles, dont seules certaines bien déterminées sont « permises » en tant qu'états stables.

Il jugeait considérables les conséquences de cet argument de stabilité pour la compréhension de l'évolution phylogénétique. Ainsi pouvait-il selon lui constituer le fondement d'une explication de celle-ci (au premier chef de ses discontinuités) qui, sans nier l'existence et un certain rôle de la sélection naturelle, ne lui accordait aucunement une place centrale :

On peut présumer que le fondement de la discontinuité des espèces tient au fait qu'existent des conditions de stabilité non seulement pour les gènes individuels, mais aussi pour le génome [...] Les « espèces » sont des états dans lesquels un « équilibre des gènes » est élaboré, i.e. dans lesquels les gènes sont coordonnés de telle manière qu'un cours harmonieux du développement peut s'ensuivre. Abstraction faite de perturbations extérieures, la permanence est garantie pour un nombre théoriquement illimité de générations. Lorsqu'une mutation survient, elle signifie une perturbation de cette structure ; c'est pourquoi les mutations conduisent dans la plupart des cas à des effets défavorables voire létaux, là encore abstraction complètement faite de l'action de la sélection. Mais chaque gène agit non seulement « de plein droit », mais plus ou moins aussi comme facteur de modification influençant l'action du reste du génome. Les espèces se distinguent déjà eu égard à beaucoup de gènes. Mais plus nombreuses sont les mutations, plus grande est la probabilité d'une perturbation de l'équilibre des gènes, même dans le cas où ces mutations conditionnent en soi des transformations ayant une valeur sélective positive. De là vient qu'une forme se trouvant justement sur la voie d'une espèce vers une autre, constitue un système très labile et particulièrement exposé à l'action de la sélection ; c'est justement pourquoi cet état transitoire doit être parcouru rapidement, i.e. être statistiquement rare, jusqu'à ce que la forme, dans le cas où elle n'a pas échoué à subsister, ait atteint un nouvel état d'équilibre des gènes dans lequel elle peut à nouveau longtemps durer¹.

Un phénomène resté totalement inexplicable notamment par ce que Bertalanffy appela avec sarcasme en 1949 les « moulins à prière tibétains » de la sélection naturelle² trouvait de la sorte une ébauche d'explication dépourvue de toute trace de vitalisme : ce qu'il appelait la « co-adaptation », l'évolution simultanée de plusieurs caractères de telle sorte que la délicate harmonie des parties et processus organiques ne soit pas brisée par le changement induit par une mutation. Pour Bertalanffy, une telle évolution devient en effet intelligible dès lors que l'on suppose la pléiotropie du gène affecté et que l'on prend en compte l'action polygénique sur chacun des caractères concernés, ainsi que la nécessité pour les altérations génétiques survenues d'être compatibles avec des contraintes de stabilité du génome. L'invocation de ces contraintes lui permettait aussi de fonder le principe d'orthogénèse, compris non comme une téléologie de la phylogénèse, un « progrès » immanent pouvant agir même à l'encontre de la sélection naturelle, mais comme une codétermination de ses modalités par des « facteurs internes », indépendants de l'environnement :

Les modifications subies par les organismes au cours de l'évolution ne sont pas totalement arbitraires et contingentes ; elles sont au contraire restreintes : d'abord par les possibilités de variation des gènes, ensuite par les possibilités d'actualisation du patrimoine héréditaire, enfin par des lois générales d'organisation. Ce sont ces moments qui suscitent l'impression que l'évolution phylogénétique est une « orthogénèse », i.e. un progrès dans une direction déterminée³.

L'idée que « tous les 'hasards' ne sont pas également possibles », qu'au contraire des « possibilités déterminées » d'évolution sont « distinguées par des forces formatrices », qu'elles sont restreintes par l'existence d'« états d'équilibres hautement compliqués » et qu'il faut admettre l'existence de « mutations dirigées » fut formulée par Bertalanffy dès 1933 et réitérée au cours des années suivantes⁴. Mais c'est surtout à partir de 1940 qu'il la développa en invoquant toujours comme fondement les contraintes de stabilité du système génétique :

¹ Bertalanffy L. von (1949e), pp. 95-96.

² *op. cit.*, pp. 85-92.

³ *op. cit.*, p. 102.

⁴ Bertalanffy L. von (1933a), p. 81 ; (1934b), pp. 360-361 et (1937b), p. 177.

En dépit de la « contingence » souvent soulignée des mutations, on ne peut, au motif de la construction physico-chimique des gènes, échapper à l'idée qu'elles possèdent certes beaucoup de degrés de liberté, mais pas une infinité. La possibilité de mutation est bien évidemment en premier lieu limitée par la nature des gènes concernés et par leurs possibilités de variation [...] On possède divers indices du fait qu'elle ne se produit pas de manière complètement arbitraire, mais selon des lignes privilégiées. On trouve par exemple que chez des espèces apparentées surgissent des mutations à maints égards correspondantes et des séries évolutives parallèles, ce qui signifie que la direction de la mutation n'est pas totalement contingente, mais dominée par des lois immanentes¹.

Comme il l'indiqua lui-même, Bertalanffy était conscient du fait qu'insister ainsi sur l'opération de telles « lois immanentes » ne constituait pas en soi une « solution complète » au problème de l'évolution, mais bien plutôt l'ouverture d'une voie d'explication ayant au moins le mérite de le rendre « accessible à un traitement scientifique » véritable en évitant les deux écueils qu'étaient pour lui d'une part le simple recours vitaliste à une « mystique pulsion vers la perfection » et d'autre part la pieuse invocation du schéma strictement sélectionniste, bien incapable de rendre rationnellement compte de la « co-adaptation » et du trait « orthogénétique » de l'évolution². Il ne s'agissait en fin de compte nullement pour Bertalanffy de nier l'exercice de la sélection naturelle, mais d'en restreindre le champ par un élargissement du nombre de facteurs intervenant dans le processus évolutif et en subordonnant son rôle à l'opération de contraintes systémiques : c'est en ce sens qu'il put écrire que l'évolution phylogénétique est « co-déterminée par des lois organismiques ». À cet égard, si l'exemple de la série des titanothères était si important pour lui, ce n'était pas seulement parce qu'il constituait une belle illustration de l'applicabilité de la « loi » allométrique dans le domaine phylogénétique ; c'était plus profondément aussi parce qu'il illustrait typiquement une situation allant à l'encontre parfait de la vision de l'évolution comme processus d'adaptation à des conditions extérieures sanctionné par le seul jeu de la sélection naturelle. En effet, tout en étant justiciable d'une détermination « nomothétique », cette série phylogénétique (parmi d'autres) fut un « cul de sac » évolutif. La conception bionomogénétique défendue par Bertalanffy lui permettait de trouver une explication simple à cet éventuel processus évolutif qui, tout en étant « orthogénétique » au sens qu'il donnait à ce terme, était tout sauf un « progrès » du point de vue darwinien. En substituant (dès 1934) un « principe d'utilisation » [*Ausnützungsprinzip*] que l'on pourrait tout aussi bien qualifier de « principe d'opportunisme » à un « principe d'adaptation » [*Anpassungsprinzip*] désormais largement privé de pertinence dans ce nouveau cadre interprétatif, le Viennois inversait significativement la problématique de l'évolution phylogénétique :

L'orthogénèse peut mener à des résultats favorables, comme c'est par exemple le cas de l'accroissement du cerveau dans la série des mammifères. Mais elle peut aussi [comme chez les titanothères] conduire à des culs de sac évolutifs. Dans cette évolution orthogénétique vaut très largement un *principe d'utilisation* : ce n'est pas l'adaptation à des conditions de vie qui produit l'orthogénèse, *c'est inversement parce que l'évolution est orthogénétiquement déterminée qu'une efficacité [Leistung] autre ou supérieure peut éventuellement survenir*³.

L'inversion de cette problématique fut particulièrement claire dans la mise en œuvre de son schéma d'interprétation sur le cas de la lignée humaine :

L'accroissement du cerveau [humain] n'est pas conditionné par une adaptation à l'environnement ; c'est bien plutôt le contraire : des *lois internes* d'évolution ont engendré un tel accroissement au cours de la phylogenèse, et c'est *seulement ensuite* qu'est survenue *une utilisation* des capacités [*Leistungen*] mentales supérieures permises par la plus grande masse cérébrale ainsi devenue disponible. Ce principe d'utilisation est d'une signification très générale. *Il n'est en effet pas vrai que le progrès orthogénétique dans une direction évolutive déterminée doive nécessairement correspondre aux exigences de l'utilité*. Une évolution orthogénétique peut mener à des résultats favorables qui sont ensuite *fonctionnellement utilisés* [...] Mais elle peut tout aussi bien mener parfois à des faillites phylogénétiques [*fehlgeschlagene Entwicklungsreihen*] et à des culs de sac⁴.

¹ Bertalanffy L. von (1940a), p. 106.

² Bertalanffy L. von (1937b), p. 177.

³ Bertalanffy L. von (1949e), p. 102. Voir déjà (1934b), p. 360 et (1937b), pp. 176-177. Les italiques me sont propres.

⁴ Bertalanffy L. von (1940a), p. 114. Les italiques me sont propres.

La néoténie humaine était un exemple frappant pour Bertalanffy, puisque ce « retardement » du développement constitue le type même de caractère induit par des « contraintes développementales » héréditaires qui n'a *a priori* strictement rien d'« utile », peut au contraire apparaître comme une faiblesse du point de vue sélectionniste, et fut pourtant mis à profit *a posteriori* en servant de point de départ à une forme inédite d'adaptation (l'allongement de la phase d'éducation, puis la construction de mondes symboliques). Mais le principe était selon lui général, s'appliquant bien sûr en particulier aux métamorphoses des organes (l'œil par exemple). L'utilitarisme de type darwinien se trouvait ici radicalement évacué :

On peut parler non pas d'une modification héréditaire de la structure du corps conditionnée par l'adaptation à l'environnement, mais plutôt d'une modification holistique génétiquement conditionnée. Une modification qui n'est pas fonctionnelle en soi et signifierait en soi une adaptation, mais qui peut être exploitée fonctionnellement¹.

Au moins dans le contexte des années 1930 et 1940, la pertinence et l'intérêt des vues de Bertalanffy sur la génétique et le problème de l'évolution phylogénétique sont indéniables, ne serait-ce que par les questions qu'elles posaient. S'il est certes vrai que peu de ses contemporains semblent y avoir prêté une attention soutenue, la cause (outre un contexte historique manifestement peu propice puisqu'à une courte exception près ses publications furent toutes circonscrites au monde germanophone dans cette période) en est certainement avant tout l'hétérodoxie et le caractère intempestif de ses positions, d'autant plus marqués qu'elles furent développées au même moment que le fut la « théorie synthétique de l'évolution » d'inspiration néo-darwinienne, qui devint vite le paradigme ultra-dominant. Un fait exprime justement fort bien à lui seul ces deux aspects. J. Huxley fut avant tout l'un des principaux artisans de la « théorie synthétique ». Or, nous l'avons aussi vu contribuer significativement à l'étude de la croissance allométrique. Dans son ouvrage publié en 1942 sur la « synthèse moderne », il passa pourtant totalement sous silence les problèmes théoriques posés par l'allométrie. Selon Gayon, il était, « comme beaucoup d'autres » impliqués dans cette synthèse du sélectionnisme et du mutationnisme, « embarrassé par l'idée que si l'allométrie était réellement un phénomène important dans l'évolution, elle remettait en cause toute l'orientation adaptationniste » de cette synthèse². Peter Medawar écrivit d'ailleurs qu'à l'époque, « les questions gênantes tendaient à rester informulées » ou, dans le cas le plus favorable, « à recevoir des réponses grossières »³. En 1949, le paléontologue Norman Newell s'attaqua au problème posé par l'allométrie au lieu de feindre de l'ignorer : il s'efforça de réfuter l'idée qu'elle implique l'existence d'une évolution orthogénétique, non adaptative. L'argument était que les constantes k et α d'une relation allométrique entre deux variables x et y (i.e. $y = kx^\alpha$), en particulier leur variabilité au cours de l'évolution dans une série phylogénétique donnée, sont elles-mêmes sujettes à la sélection naturelle⁴. La question était toutefois loin d'être close avec cette critique. Et Bertalanffy put compter sur Waddington pour l'accompagner dans la résistance à l'orthodoxie. Le généticien anglais déclara ainsi en 1952 :

Nous sommes quelques-uns pour qui les explications orthodoxes modernes ne semblent pas très satisfaisantes. Il y a un problème bien connu : beaucoup d'organes sont choses fort complexes et, pour introduire dans leur fonctionnement un perfectionnement quelconque, il faudrait opérer des modifications simultanées dans plusieurs caractères différents... et c'est là, semble-t-il, ce qu'on n'attendrait pas de la seule influence du hasard [...] Il y a toujours eu, et il y a encore, des biologistes de bonne réputation qui estiment que de telles considérations font douter que des changements héréditaires fortuits puissent fournir une base suffisante à l'évolution [...] En fait, un changement fortuit dans un facteur héréditaire n'aboutira pas ordinairement à altérer un seul élément de l'animal adulte ; il produira une modification de tout le système de développement et pourra ainsi altérer un organe complexe dans son ensemble⁵.

L'illustre élève de Newell que fut Gould développa encore à la fin des années 1960 une position en fin de compte parfaitement conciliable avec celle de Bertalanffy. Lequel semble d'ailleurs s'y être

¹ Bertalanffy L. von (1941a), pp. 19-20.

² Gayon J. (2000), p. 755.

³ Medawar P., in Koestler A. (1967, 1968), p. 125.

⁴ Gayon J. (2000), p. 755.

⁵ Waddington C.H. (1952), in Koestler A. (1967, 1968), pp. 126-127.

intéressé de près, puisqu'il eut en sa possession plusieurs articles de Gould à ce sujet¹. Le paléontologue avança que l'allométrie constitue bien en général une source de changement et de diversité dans le processus évolutif qui n'a rien à voir avec l'adaptation, ces changements et cette diversité étant toutefois (justement par ce fait-même) soumis en permanence au verdict de la sélection naturelle, un verdict qui s'exprime effectivement, comme l'avait vu Newell, dans les variations des « constantes » allométriques². Plus généralement, qu'il s'agisse de la génétique ou de la théorie de l'évolution, bon nombre de débats actuels montrent que les vues et problématiques développées en son temps par Bertalanffy conservent une certaine pertinence³ ; la « théorie synthétique » dont il fut un virulent critique n'ayant effectivement pas, loin s'en faut, résolu tous les problèmes posés par l'évolution phylogénétique⁴. Il fut d'ailleurs durablement convaincu de cette pertinence puisqu'il persista jusqu'à la fin des années 1960, et ce sans modification significative, à réitérer ses arguments⁵ en convergence avec d'autres biologistes hétérodoxes – par exemple, outre Waddington, Helen Spurway (femme de J.B.S. Haldane) – et avec pour le relayer cet adepte notoire et inlassable pourfendeur de la « science de la Terre plate » que fut Koestler⁶.

Il faut toutefois souligner que Bertalanffy ne fut pas dogmatique. Il reconnut à leur juste valeur les progrès enregistrés par la génétique après-guerre, tout autant que leurs conséquences pour la théorie de l'évolution. Un commentaire très intéressant à cet égard, daté de 1966 et trouvé dans sa correspondance, suggère même assez clairement qu'il fut plus généralement à la fin de sa vie conscient du caractère historiquement situé de ses conceptions « organismiques », tout en persistant à leur accorder une valeur du point de vue logique, nombre de problèmes qu'elle avait posés restant effectivement sans réponse satisfaisante :

On répond aujourd'hui à la question du « substrat historique » de la vie par la génétique moléculaire et le code A.D.N., même si tous les problèmes ne sont naturellement en aucun cas résolus. Les discussions que j'ai menées [dans les années 1930 et 1940] à ce sujet sont encore pertinentes de nos jours, car purement logiques. Il est vrai par contre que du point de vue du contenu, infiniment plus peut être dit sur la base du savoir présent. On parlera par exemple de code A.D.N. dans le zygote pour la préformation et de sa réalisation *via* l'A.R.N., la synthèse protéique, les enzymes, la direction de processus de différenciation, etc. pour l'épigenèse [...] En tous cas, les problèmes que j'avais posés à l'époque restent aujourd'hui des questions non résolues. Vous pouvez certes si vous voulez me reprocher de ne pas avoir, en 1928 et même encore en 1949, su anticiper le fait que le modèle de Watson et Crick de l'A.D.N. serait élaboré en 1953 et qu'un rapide développement de la génétique moléculaire s'ensuivrait dans les années 1960 [...] La biologie organismique laissa, de manière justifiée dans l'état de la science de l'époque, une brèche ouverte, qui a récemment été comblée par le développement de la génétique moléculaire. Ceci vaut naturellement y compris pour mes considérations sur le concept de gène et pour celles qui leur étaient associées⁷.

2-5-2-7 – *L'extension de la perspective « organismique » aux « unités biologiques élémentaires », conçues comme « cristaux unidimensionnels à métabolisme »*

En arrière-plan de cette confession privée et tardive se dessine un motif central du destin de la biologie « organismique » de Bertalanffy et plus simplement de sa carrière en tant que biologiste : son antagonisme non seulement conceptuel, mais aussi institutionnel avec la biologie moléculaire. Il est manifeste que les domaines biologiques de prédilection de Bertalanffy, ceux qui, tels l'embryologie, la

¹ Archives du B.C.S.S.S.

² Gayon J. (2000), pp. 756-757.

³ Voir par exemple Atlan H. (1999) et Lambert D. & Rezsöhy R. (2004).

⁴ Voir par exemple Drouin J.M. (1992), in Darwin C. (1859, 1992), pp. 7-36.

⁵ Bertalanffy L. von (1951d), (1952a), (1952b), (1955c), (1957d), (1967a) et (1969).

⁶ Koestler A. (1967, 1968), pp. 113-162. La « science de la Terre plate » référait chez Koestler à l'explication systématique de l'évolution mentale par des essais fortuits conservés par « renforcement » sélectif et de l'évolution phylogénétique par des mutations fortuites conservées par sélection naturelle. Voir notamment p. 140 : « La conclusion qui se fait jour est qu'il doit exister des lois unitaires à la base de la diversité de l'évolution, qui permettent des variations sans limites sur un petit nombre de thèmes. Le processus de l'évolution, comme toute opération hiérarchique, est régi par des règles fixes et guidé par des stratégies variables. Ces dernières s'expliquent partiellement par les pressions sélectives du milieu [...] ; mais les lois qui canalisent les progrès possibles de l'évolution dans certaines grandes avenues ne peuvent pas se rapporter à ces facteurs externes, qui n'entrent en jeu qu'*après* qu'un changement proposé par des gènes mutants a été examiné et approuvé aux barrières successives des contrôles internes de l'organisme. Ce sont ces contrôles internes qui définissent le 'canon de l'évolution' ».

⁷ Lettre de Bertalanffy L. von à Bendmann A. (31/03/1966), Archives du B.C.S.S.S.

morphologie et la physiologie du métabolisme, se prêtaient particulièrement bien à son programme « organismique », commencèrent à partir de la seconde moitié des années 1930 à devoir s'accomoder de budgets de recherche réduits au profit des domaines apparemment plus « fondamentaux » dont le développement aboutit dans les années 1950 à la biologie moléculaire, au premier chef la génétique. Les difficultés éprouvées par Bertalanffy après-guerre, qui ne sont indubitablement pas étrangères à la réorientation de ses travaux vers d'autres disciplines que la biologie, furent d'autant plus marquées qu'il cumulait deux handicaps : celui d'une approche « organismique » des questions biologiques aux antipodes de celle qui constituait le paradigme dominant ; et celui d'une inscription de ses travaux dans la voie du développement de la biologie mathématique, laquelle ne souffrit pas moins, surtout dans l'immédiat après-guerre, des restrictions de budget et de la marginalisation académique¹. Mais ces difficultés, quoique de manière moins marquées, commencèrent pendant la guerre. Le fait est que dans le III^e Reich, et ce particulièrement à partir de 1938, le financement des sciences de la vie se concentra de plus en plus sur la génétique (en premier lieu sur le phénomène de mutation) et sur des problèmes directement liés à la médecine, aux premiers rangs desquels la nature et les caractéristiques des virus et les causes du cancer². Une politique de recherche *a priori* défavorable à Bertalanffy qui était bien sûr directement liée au contexte idéologique et politique examiné à la fin de la première partie, en particulier au déclin de l'influence des idéologues d'un certain holisme au profit d'une caste technocratique de médecins pragmatiques et résolument eugénistes. La tentative bertalanffienne d'annexion de la génétique et de la théorie de l'évolution phylogénétique examinée plus haut ne fut donc certainement pas motivée par le seul souci philosophique et scientifique de mener à bien le programme « organismique » ou tout au moins de démontrer la pertinence de l'ampleur de ses ambitions même dans les domaines où des paradigmes méristiques se révélaient particulièrement féconds et sujets à un relatif consensus : elle fut aussi en partie suscitée par le besoin de se faire valoir académiquement, et c'est d'autant moins douteux que Bertalanffy, nous l'avons vu, chercha (en vain) tout au long de la guerre le moyen d'accéder à une chaire de professeur.

Aussi n'y a-t-il rien de surprenant dans le fait que ses efforts pour inscrire de manière cohérente l'ensemble des aspects du problème de la forme organique dans le cadre « organismique » jusqu'à la génétique elle-même aient abouti à un travail concernant la structure des gènes et des virus, ce qu'il appelait comme d'autres à l'époque les « unités biologiques élémentaires ». Ce travail fit suite à un article commun publié en 1942 par deux allemands, le physicien Ulrich Dehlinger et le biologiste Ernst Wertz. Ces derniers, s'inspirant explicitement de Bertalanffy, avaient tenté de représenter ces « unités élémentaires » comme des systèmes ouverts et d'expliquer à l'aide de ce modèle leurs capacités (les plus petites à les posséder) de croître et de s'auto-reproduire par division. La nature des gènes et des virus, en premier lieu cette dernière capacité (que Timoféeff-Ressovsky appelait « réduplication covariante »), étaient à l'époque largement reconnues comme des problèmes fondamentaux. Timoféeff-Ressovsky considérait même qu'elles constituaient « peut-être le principal problème de la future biophysique théorique », Albert Frey-Wyssling ayant eu un jugement analogue³. À propos de ces problèmes, Dehlinger et Wertz étaient parvenu à la conclusion que

la structure *la plus simple* satisfaisant aux exigences de Bertalanffy, i.e. un système où des réactions chimiques se poursuivent durablement et qui demeure néanmoins quasi-stationnaire est ce que l'on peut appeler un cristal unidimensionnel, i.e. une structure consistant en un nombre variable de molécules de même type empilées les unes sur les autres, dans laquelle se produit une diffusion venant de l'extérieur et qui est capable de division.

Ils avaient en outre démontré que, contrairement au jugement du quanto-mécanicien P. Jordan et conformément à l'idée que s'en faisaient Timoféeff-Ressovsky et ses élèves, la conception du gène comme cristal est en principe compatible avec les expériences de mutations induites par irradiation, le gène n'étant donc pas nécessairement une unique molécule⁴.

Bertalanffy reprit ces conclusions afin d'élaborer un « modèle » (tel fut son propre terme) de l'« unité biologique élémentaire » comme « cristal unidimensionnel métabolisant ». Il était fondé sur l'hypothèse que les « unités biologiques élémentaires » ne sont pas des « molécules géantes statiques »

¹ Fox Keller E. (2002), pp. 105-107.

² Deichmann U. (1996), p. 5.

³ Bertalanffy L. von (1944), p. 26.

⁴ Dehlinger U. & Wertz E. (1942), pp. 251-253.

ou des complexes de telles molécules, mais des systèmes ouverts qui, « de la même manière que tous les systèmes organiques », persistent par un « équilibre de flux » entre assimilation et dissimilation de substances. Le Viennois en dérivait la possibilité d'une croissance mais aussi, compte tenu des forces de diffusion induites par ce métabolisme, la possibilité et même la nécessité d'une « réduplication covariante ». En fait, il ne fournit aucun détail mathématique ; se référant explicitement aux modèles élaborés par Rashevsky pour rendre compte de la division cellulaire, il se limita pour l'essentiel à en transposer les conclusions, en les illustrant par des schémas :

Une particule biologique élémentaire (virus, gène) représente une cristallite consistant en un nombre limité de molécules (Dehlinger et Wertz en ont dénombré environ 56 pour les gènes de drosophiles). Cette cristallite est en mesure, à partir de la « solution nutritive » qui l'entoure, de s'assimiler des molécules et par-là même de croître. Des limites sont opposées à cette croissance par des facteurs qui tiennent au fait que cette particule est un système métabolisant [...] Par l'action de forces métaboliques, elle est, après avoir atteint une taille limite, conduite à une division, qui doit naturellement être une « réduplication covariante »¹.

Bertalanffy s'efforça surtout de montrer la compatibilité entre ce modèle et les faits expérimentaux, prenant d'ailleurs la précaution de se couvrir de l'autorité de Timoféeff-Ressovsky et du Nobel de chimie 1939 Butenandt en les associant à la publication de son article en tant que relecteurs. Il avait notamment déjà été expérimentalement établi à l'époque (à l'aide de traceurs radioactifs) que la substance des chromosomes est effectivement l'objet de processus métaboliques et que toute la structure génétique doit être dynamiquement conçue, sa persistance n'étant pas un « état de repos », mais celle d'une « configuration stationnaire ». Bertalanffy souligna aussi la parfaite adéquation de son modèle avec le fait que les gènes et les virus ne peuvent se multiplier que dans une cellule. Il fournissait de surcroît à ses yeux une réponse à la question encore controversée à l'époque de savoir si les virus sont des organismes vivants ou des « auto-catalyseurs morts ». En effet, son modèle ne représentait pas ces unités comme des organismes vivants ni comme des « auto-catalyseurs », mais comme des « cristallites » incapables par elles-mêmes de synthétiser des molécules organiques, cette capacité ne revenant qu'à la totalité formée par le système cellulaire². Même s'il ne semble guère avoir eu de véritable impact sur le développement de la génétique et plus généralement de la biologie moléculaire, l'important ici est l'« impérialisme » du premier schème « organismique » que ce modèle donne à voir et ce qu'il manifeste de l'effort entrepris par Bertalanffy pour consacrer jusqu'au niveau biologique le plus élémentaire sa conception de la vie comme « état systémique ».

On ne peut manquer non plus de relever les similitudes entre les réflexions de Bertalanffy et celles de Schrödinger, qui furent aussi parfaitement contemporaines qu'indépendantes (même si Timoféeff-Ressovsky apparaît comme une référence commune). L'essai publié à Dublin lui aussi en 1944 par le physicien autrichien, *What is Life ?*, n'eut certes pas le même destin : il devint une décennie plus tard, après la découverte de la structure de l'A.D.N., la « base théorique de la génétique moléculaire »³. Néanmoins, tous deux partageaient un même souci théorique qui tranchait à l'époque avec une tradition empiriste avec laquelle bien peu prenaient des libertés (Timoféeff-Ressovsky faisant justement lui aussi figure d'exception)⁴. De surcroît, Bertalanffy et Schrödinger développaient une même conception du gène (et de la « fibre chromosomique » chez le second) comme « cristal », même si elle répondait à des problématiques différentes : Schrödinger ne s'intéressait pas tant à la « réduplication » qu'au problème de la transition de l'ordre microscopique à l'ordre macroscopique. Le fait est que le modèle développé par le physicien était d'une sophistication bien supérieure à celui de Bertalanffy. Au lieu d'un « cristal unidimensionnel métabolisant », il consistait à faire du support de l'hérédité un « cristal aperiodique » à quatre dimensions (exprimant la forme spatiale et le développement) constituant à la fois le plan ultime de l'organisme et les « moyens de le mettre à exécution ». D'une part, Schrödinger introduisit ainsi la notion de code génétique ; d'autre part il corréla ces « solides aperiodiques » à la faculté de l'organisme de se maintenir stationnairement éloigné de l'équilibre vrai en se nourrissant, grâce à son ouverture sur son environnement, d'« entropie

¹ Bertalanffy L. von (1944), p. 29 ainsi que p. 30 et p. 32. Voir aussi (1949e), pp. 40-41.

² Bertalanffy L. von (1944), pp. 30-31 et (1949e), p. 41.

³ Pichot A. (1999), p. 200 et pp. 218-230. Pour la référence de Schrödinger à Timoféeff-Ressovsky : Schrödinger E. (1944, 1986), p. 115.

⁴ Pichot A. (1999), pp. 179-182.

négative » (interprétée comme nous l'avons vu comme une « création d'ordre à partir d'ordre »)¹ – une corrélation que Bertalanffy avait été loin d'être en mesure de réaliser, sa problématique ne s'y prêtant pas. Le biologiste prit connaissance de cet essai de Schrödinger après-guerre, et c'est sous son influence qu'il modifia quelque peu en 1949 son modèle exposé cinq ans plus tôt en décrivant cette fois les gènes *et* le chromosome comme des « cristaux aperiodiques à métabolisme »². Sans pour autant influencer plus sur le développement d'une génétique résolument engagée sur une voie durablement fertile située aux antipodes de sa perspective « organismique ».

2-5-2-8 – *Les fonctions et les insuffisances de la « morphologie dynamique » de Bertalanffy : bilan de la mise en œuvre de son programme « organismique »*

L'œuvre biologique de Bertalanffy trouva pour l'essentiel son terme avec ce dernier modèle, donc en 1944. En effet, l'essai qu'il rédigea entre 1946 et 1948 et qu'il publia en 1949, *Das biologische Weltbild*, ne fit que synthétiser l'ensemble de cette œuvre. Quant à ses publications postérieures à son émigration en Amérique concernant spécifiquement la biologie, elles furent surtout destinées soit à la faire connaître à un public non germanophone qui, même en Europe, l'ignorait très largement (surtout les développements intervenus après 1933)³ et plus généralement à montrer que ses vues restaient pertinentes au regard des développements intervenus au fil des ans dans les sciences biologiques⁴; soit à la connecter, dans la perspective « systémologique » générale, avec d'autres disciplines – psychologie, psychiatrie, sciences sociales⁵: elles ne fournirent objectivement aucun aperçu inédit. « Seules » font exception à ce tableau d'une part une douzaine d'articles concernant la croissance animale publiés entre 1950 et 1954, où Bertalanffy établit de nouvelles vérifications expérimentales de sa théorie⁶; et d'autre part les multiples applications de cette théorie à l'étude des cellules cancéreuses qu'il réalisa dans les années 1950, dont il suffira ici de dire (parce que leur considération n'est pas particulièrement utile à l'objectif de la présente thèse) qu'elles ont constitué un apport significatif et à l'époque très bien reconnu de Bertalanffy au développement de la recherche sur le cancer – notamment eu égard aux techniques de son diagnostic, pour lequel la « méthode de Bertalanffy » devint un temps appliquée dans des institutions prestigieuses du monde entier⁷.

¹ Schrödinger E. (1944, 1986), en particulier pp. 41-43, pp. 143-153 et pp. 172-189.

² Bertalanffy L. von (1949e), p. 41.

³ Dans une lettre adressée à Bertalanffy en 1949, Kostitzin affirma par exemple que ses travaux sur la croissance étaient restés « complètement inconnus » en France jusqu'à ce qu'il en découvre le contenu dans l'article publié à ce sujet par Bertalanffy dans la revue *Nature* la même année : lettre de Kostitzin V.A. à Bertalanffy L. von (21/03/1949), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁴ Bertalanffy L. von (1949a); (1951a); (1952a); (1952b); (1955c); (1956e); (1957d); (1960c); (1962c); (1964d); (1966a); (1969); (1970b) et (1970c).

⁵ Bertalanffy L. von (1949c); (1950a); (1951c); (1956b); (1965c); (1967a); (1968b); (1970a) et (1971a).

⁶ Bertalanffy L. von (1952b) et (1953b) notamment. Voir sa bibliographie complète pour ses autres publications contemporaines à ce sujet.

⁷ Voir la bibliographie de Bertalanffy dans Pouvreau D. (2009b), ainsi que l'article de son fils Félix, qui devint un spécialiste de la question : Bertalanffy F. (1973), pp. 739-740 en particulier. Voir aussi Pouvreau D. (2009b) pour les détails et les sources concernant le résumé qui suit. C'est à partir de son arrivée à l'université d'Ottawa que Bertalanffy commença à entreprendre des recherches sur le cancer. Elles furent soutenues financièrement à partir de 1950 au Canada par le Conseil National de la Recherche et surtout par l'Institut National du Cancer. Trois articles sur ce problème furent co-publiés par Bertalanffy entre 1950 et 1953. Ses recherches concernaient d'abord l'étude du rôle joué par l'acide ribonucléique (A.R.N.) dans la carcinogenèse et l'influence des hormones dans la formation du cancer. Puis Bertalanffy commença à développer une méthode de diagnostic des pathologies cancéreuses en se fondant sur des études réalisées à Vienne depuis le début du siècle, en particulier par le botaniste Karl Höfler, qu'il avait personnellement connu en 1943. Il s'agissait d'études centrées sur la technique de microscopie à fluorescence, qui combinaient l'utilisation de rayons ultraviolets et de marqueurs colorés fluorescents. Bertalanffy appliqua cette technique à l'étude de la croissance cellulaire. Et il découvrit qu'un marqueur, l'acridine orange, colore l'A.D.N. des cellules en vert tout en colorant leur A.R.N. dans des teintes allant du brun rouge au rouge vif orangé en fonction de la quantité d'A.R.N. dans la cellule. La quantité d'A.R.N. dans une cellule étant fonction de la synthèse de protéines et donc du métabolisme, l'acridine orange pouvait ainsi servir à détecter un métabolisme et un taux de croissance cytologiques anormalement élevés. Bertalanffy montra que l'utilisation de ce marqueur permet un diagnostic rapide et économique du cancer. Il put poursuivre son programme de recherche concernant la physiologie de la croissance maligne et le diagnostic du cancer après son départ d'Ottawa, lors de son arrivée à l'hôpital Mount Sinai de Los Angeles, où il travailla entre 1955 et 1958. Il parvint en effet à obtenir des subventions de l'*American Cancer Society* et l'assistance d'un couple de chercheurs très compétents, Francis et Marianne Masin. Le travail de laboratoire commença le 2 juillet 1956. Les derniers détails de la technique de microscopie à fluorescence fondée sur l'utilisation de l'acridine orange furent rapidement mis au point et des centaines de tests furent réalisés : l'article fondateur de Bertalanffy et de ses assistants fut envoyé le 12 septembre à la revue *Science*, et publié le 23 novembre. Rejoints par un médecin de l'hôpital, Leo Kaplan, ils appliquèrent début 1957 cette technique à la détection des cancers gynécologiques. Cette méthode de diagnostic fit l'objet de quelques critiques, qui lui opposaient le nombre significatif de cas où elle n'est pas fiable et la nécessité d'un examen des propriétés morphologiques des cellules suspectes ; nécessité que Bertalanffy avait lui-même d'emblée reconnue. Ce dernier se fit ainsi dans un premier temps refuser en juin la publication de l'article sur le diagnostic des cancers gynécologiques. Néanmoins, il parvint à le faire publier dans une autre revue et la méthode en question fut rapidement utilisée dans le monde entier, non seulement pour l'étude clinique du cancer, mais aussi pour la recherche fondamentale en embryologie et en virologie : tandis que

Compte tenu de ce qui précède, il semble possible de dresser à partir des travaux de Bertalanffy examinés dans les deux sections de ce chapitre un bilan définitif sur la mise en œuvre du programme « organismique » qu'il chercha à conduire *via* une « morphologie dynamique » dont sa théorie de la croissance animale constitua le fer de lance. Commençons à cette fin par remarquer que cette dernière théorie reste la seule production du Viennois à s'être conformée à l'objectif majeur défini par ce programme : formuler des « lois systémiques exactes » en biologie. Remarquons de surcroît que même de ce point de vue, seule sa théorie de la croissance globale se conforma simultanément à la philosophie de la théorisation biologique constitutive de ce programme. En effet, elle seule fut vraiment entièrement construite sur la base de l'un des deux « schèmes théoriques d'interprétation organismique » (le premier) et du respect scrupuleux de l'ensemble des exigences perspectivistes que Bertalanffy avait lui-même définies comme conditions pour pouvoir qualifier une construction de « théorique ». Tel ne fut pas le cas de ses travaux sur la croissance relative, puisque les relations allométriques n'y étaient aucunement issues du cadre conceptuel qu'il avait défini, leur rationalité « organismique » n'étant en fait que reconstruite *a posteriori*, que ce soit au moyen de leur interprétation comme expressions d'un « mécanisme de distribution » ou plus profondément par le biais d'une interprétation systémique du génome. Quant à la connexion qu'il réalisa entre les domaines de la génétique et de la théorie de l'évolution phylogénétique d'une part et ceux de la morphologie et de la physiologie de la croissance d'autre part, elle ne suffit certainement pas, en dépit de ce qu'il s'enhardit à suggérer¹, à inscrire les premiers dans la sphère de la « biologie exacte ». Force est donc de constater que du point de vue de la constitution d'une « biologie systémique exacte », l'apport de la « morphologie dynamique » est resté modeste. Et ce, même si la théorie de la croissance animale globale peut être considérée comme une grande réussite à tous points de vue, qui permit légitimement à Bertalanffy de proclamer la pertinence et la fécondité de son programme « organismique ».

Du point de vue de l'unification de la biologie, qui constituait aussi une mission essentielle assignée à ce programme, on peut au moins accorder à Bertalanffy que sa « morphologie dynamique » eut le mérite, comme il l'affirma, de « rapprocher sous un même point de vue de nombreux problèmes » et de « rendre accessibles à une interprétation unitaire de nombreux phénomènes jusqu'alors isolés »². Il fut justifié à prétendre dès 1937 qu'elle avait initié la « fusion dans une sphère théorique unitaire » des « grands domaines du métabolisme, de la croissance et de la morphogenèse » (auxquels il ajoutait celui de l'excitation nerveuse au motif de l'importance qu'y jouait le concept de système ouvert). Par ailleurs, il est incontestable qu'en ouvrant à la perspective « organismique » la possibilité d'investir les champs de la génétique et de l'évolution phylogénétique, la « morphologie dynamique » permit au cadre conceptuel de Bertalanffy de gagner en extension et de progresser vers une plus grande cohérence dans son appréhension de la problématique de la « forme organique ».

Cette morphologie satisfaisait aussi une autre exigence assignée par Bertalanffy à son programme : avoir une valeur heuristique. C'est de manière tout-à-fait justifiée qu'il écrivit à son sujet qu'elle rendait un certain nombre de problèmes biologiques fondamentaux « accessibles à de nouvelles formulations »³. Telle était peut-être même sa principale valeur. Hormis sa théorie de la croissance globale, le Viennois n'offrait en effet pas tant avec elle des solutions à des problèmes déterminés que des problématiques inédites ou tout au moins reformulées d'une manière inédite, hors des sentiers battus des paradigmes dominants auxquels ces problèmes, justement, résistaient ; ainsi que l'indication de certaines directions dans lesquelles la recherche devrait être engagée afin d'explorer ces problématiques – parfois même, comme dans le cas de son esquisse de théorie synthétique de la croissance, en suggérant des protocoles expérimentaux relativement précis. Mais par là-même se montre bien aussi que sa « morphologie dynamique » n'accomplissait pas pleinement, loin s'en faut, la vocation d'actualisation du programme « organismique » qui était la sienne. Le fait est qu'elle en restait à bien des égards au même stade que la « systémologie biologique » exposée en 1932, c'est-à-dire celui d'une herméneutique essentiellement vouée à un travail critique d'interprétation et de positionnement de problèmes biologiques dans un cadre conceptuel donné (déterminé par les deux

son fils se chargeait de démontrer son efficacité sur plusieurs milliers de patients dans son laboratoire canadien, la « méthode de Bertalanffy » fut louée et appliquée par des scientifiques et médecins de grandes institutions, dont le *National Cancer Cytology Center* de New York et Miami, l'hôpital Pirovano de Buenos Aires et l'Institut de biologie moléculaire de l'académie des sciences de Moscou.

¹ Bertalanffy L. von (1937b), pp. 98-99 et (1941a), p. 21.

² Bertalanffy L. von (1941a), p. 21.

³ Bertalanffy L. von (1941a), p. 21.

« principes » théoriques et les trois schèmes philosophiques d'interprétation « organismiques » de toute réalité biologique), et à l'élaboration de lignes de recherche appropriées. Hormis le domaine de la croissance, on peut difficilement nier que sa « morphologie dynamique » ne fut autre qu'une spécification approfondie de l'herméneutique « biosystémologique » telle que définie en 1932 quant au problème de la morphogenèse examiné dans tous ses aspects, y compris génétiques et phylogénétiques – ce qui ne diminue ni son intérêt ni sa valeur, mais relativise les prétentions parfois abusives de son auteur.

Une fonction importante et, simultanément, ce qui peut être vu comme un échec significatif de cette morphologie doivent encore être soulignés. J'ai insisté au 2-3-3-5 sur les efforts entrepris par Bertalanffy dès 1932 pour connecter ses deux « principes » théoriques « organismiques » du système ouvert en « équilibre de flux » et de l'« ordre hiérarchique » afin de définir un concept général de « système organisé ». Or, le fait est que si le premier fut de part en part constitutif de sa morphologie, opérant aussi bien à l'échelle « macroscopique » de l'organisme qu'à l'échelle « microscopique » des « unités biologiques élémentaires », on n'y voit guère le second mis en œuvre, si ce n'est implicitement. Ce qui ne s'y réalisa jamais de manière convaincante, ce fut une connexion claire entre l'ouverture des systèmes que Bertalanffy considérait et ce qu'il avait pourtant pointé avec insistance en 1932 comme étant l'organisation hiérarchisée des parties et des processus dans l'être biologique. Il est frappant que les moments par lesquels il avait caractérisé cette dernière (différenciation, centralisation et « mécanisation » progressives) ne figurent jamais explicitement dans ses considérations « morphodynamiques ». L'ouverture y apparaissait certes toujours comme une condition nécessaire de cette organisation à tous les niveaux. Mais le problème est justement que la relation s'arrêtait là pour l'essentiel. Les modalités spécifiques de la genèse de « l'ordre hiérarchique de systèmes ouverts » restaient comme suspendues dans un vide causal, celles de sa cinétique ne pouvant à elles seules tenir lieu d'explication. L'un des disciples tchèques de Bertalanffy formula d'ailleurs légitimement une critique en ce sens en 1961, remarquant qu'à force d'insister unilatéralement sur l'ouverture, le caractère processuel de la vie, les caractères « primaire » de « l'interaction dynamique » et « secondaire » de la structure, il avait tendu à perdre de vue le « calme relatif », la construction structurale¹. En fait, tout suggère que le Viennois fut largement conscient de ce problème et de son enjeu. Il en va ainsi des trois étapes successives de son approche du problème de la croissance organique. La première (théorie de la croissance globale) se concentrait exclusivement sur la dynamique de l'organisme en tant que système ouvert métabolisant, abstraction totale faite du principe de hiérarchisation. Mais la seconde (« théorie » de la croissance relative), en s'attachant à l'examen du problème de l'évolution différenciée des organes, concernait directement ce principe. Bertalanffy utilisa d'ailleurs dans son interprétation de la croissance allométrique le vocabulaire qu'il lui avait associé, utilisant les termes de « concurrence », de « combat des parties » et de « domination ». Quant à la troisième, elle visait justement à élaborer une synthèse que l'on peut en dernière analyse interpréter comme un effort de coordination des deux « principes théoriques organismiques » en vue de fournir une explication unifiée des divers aspects de la croissance. Plus généralement, la « morphologie dynamique » de Bertalanffy semble pouvoir être comprise comme un tel effort. Le fait que sa « théorie synthétique » de la croissance animale soit restée à l'état d'esquisse apparaît de ce point de vue comme l'expression symptomatique d'une relative impuissance à réaliser effectivement cette coordination. Une impuissance qui s'est traduite par le fait que Bertalanffy s'est en dernière analyse limité à une approche purement cinétique de la morphogenèse, n'étant tout au mieux en mesure que d'en fournir des « explications de principe » sans vraiment parvenir à élucider le problème « organismique » de savoir pourquoi les organismes seraient en tant que systèmes ouverts *nécessairement* sujets à un processus de hiérarchisation.

Que Bertalanffy ait été conscient de ces difficultés se marque aussi, par-delà sa morphologie, par son effort contemporain en vue de l'élaboration d'une « théorie des systèmes ouverts ». Celle-ci, nous allons le voir maintenant, fut en effet de manière analogue traversée par le problème de la transition d'un point de vue purement *cinétique* vers un point de vue *thermodynamique*. La quête non seulement d'une « cinétique généralisée », mais d'une « thermodynamique généralisée » capable d'englober le cas des systèmes ouverts participait justement chez lui d'une volonté de fournir une base causale physique à la connexion entre ses deux « principes organismiques » – qu'il ne considéra

¹ Kamaryt J. (1961), pp. 2046-2047, p. 2050 et p. 2055.

jamais comme une explication suffisante, mais comme un préalable nécessaire. Sa « morphologie dynamique » ne peut donc être comprise que dans la perspective plus générale de ses recherches entre 1933 et 1944. Il est à cet égard remarquable que Bertalanffy pointa de manière récurrente et quasi-systématique au cours de cette période la relation entretenue entre ses divers travaux biologiques successifs ayant trait à la morphogenèse et la construction sous-jacente d'une théorie plus profonde et générale. C'est à elle qu'il faisait allusion en 1937 lorsqu'il parla d'une « sphère théorique unitaire » englobant les domaines du métabolisme, de la croissance, de la morphogenèse et de l'excitation nerveuse. Il la décrivit alors comme une « théorie des systèmes stationnaires » [*Theorie stationärer Systeme*]. Et le fait est que lorsqu'il souligna en 1933, comme il l'avait déjà fait dans sa *Theoretische Biologie* publiée l'année précédente, la « grande importance » qu'aurait pour la « compréhension des phénomènes de la vie » une « théorie des états stationnaires » [*Theorie stationärer Zustände*], ce fut en introduction de son premier article sur le phénomène de croissance organique, laissant déjà entendre que l'étude de ce dernier dans la perspective d'une « statistique d'ordre supérieur » serait un moyen utile de dégager certains principes généraux de cette théorie¹. C'est en 1940 qu'il baptisa définitivement celle-ci « théorie des systèmes ouverts ». Une « théorie » alors purement formelle et à visée explicitement très générale dont il publia une première esquisse cette année-là. Rien n'avait pour autant changé dans sa perspective. À ceci près que la nécessité d'une telle « théorie » fut réaffirmée dans tous les textes du Viennois à partir de cette date, et que ses travaux biologiques servirent désormais systématiquement à illustrer sa pertinence, notamment du point de vue de sa généralité².

Par-delà même cette « théorie des systèmes ouverts », il est impossible de dissocier ces travaux biologiques du projet qu'il cherchait simultanément à mener à bien : comme la « systémologie biologique » dont elle constituait une mise en œuvre et comme cette « théorie des systèmes ouverts » dont elle servait à illustrer le bien fondé, la « morphologie dynamique » procédait en fait d'un effort systématique pour constituer une base argumentaire au profit du projet de « systémologie générale » qui soit assez solide pour permettre de promouvoir ce dernier avec quelque chance de succès : qu'elle ait, comme la « théorie des systèmes ouverts », fait l'objet de publications *ultérieures* à l'exposé infructueux de ce projet en 1937 suggère déjà en soi que ses enjeux dépassaient largement la biologie. Peut-être même est-ce la raison pour laquelle ses insuffisances pourtant assez flagrantes du point de vue biologique ne causèrent apparemment pas de soucis majeurs à un Bertalanffy manifestement surtout préoccupé par l'élaboration de ce projet plus général.

¹ Bertalanffy L. von (1933a), p. 639 et p. 644 ; (1937b), p. 105.

² Bertalanffy L. von (1940a), p. 44 ; (1940b), pp. 530-531 ; (1942), p. 53 et (1949e), p. 134.

2-6 – La « théorie des systèmes ouverts », antichambre de la « systémologie générale »

Les premiers mois du séjour de Bertalanffy aux États-Unis, fin 1937 et début 1938, furent décisifs. Car si cette période fut marquée par le cuisant échec de son exposé de la « systémologie générale », elle le fut aussi par des échanges constructifs avec deux élèves de Rashevsky, Reiner et Householder, qui lui donnèrent des clefs pour rebondir. Il est en effet déjà certain qu'ils le firent en lui fournissant directement certains éléments utiles à la construction de l'esquisse de « théorie des systèmes ouverts » qu'il publia deux ans après son retour : Bertalanffy mentionna lui-même ses conversations avec eux et leur influence sur certains points formels. Une influence qui fut réciproque et reconnue par Reiner, avec des références croisées qui perdurèrent¹ jusque dans les années 1950. Dans l'immédiat après-guerre, les noms de Bertalanffy et de Reiner furent d'ailleurs bien souvent associés (par exemple par Prigogine) lorsqu'il s'agissait de se référer aux « pionniers » du développement de la thermodynamique des processus irréversibles². Il est de plus très probable que ces deux élèves de Rashevsky ont significativement contribué à introduire Bertalanffy à la littérature émergente dans les années 1930 dans le monde anglo-saxon autour du problème de la cinétique des systèmes ouverts, telles que les contributions du biochimiste Osterhout à l'étude de la perméabilité. Il semble par contre que tous ne découvrirent qu'après-guerre les travaux fondateurs publiés en 1931 par Lars Onsager, qui avaient déjà jeté les bases de la thermodynamique des processus irréversibles³, ainsi que les riches développements de celle-ci en Belgique, aux Pays-Bas et en Allemagne qui s'ensuivirent à la fin des années 1930 et dans les années 1940 par l'intermédiaire de Hendrik B.G. Casimir, Carl Eckart, Theophile de Donder, Josef Meixner, Sybren de Groot et bien sûr Ilya Prigogine – la paternité des expressions « systèmes ouverts » et « thermodynamique des systèmes ouverts » revenant d'ailleurs à l'un des membres de l'« école flamande » (qualifiée par Bertalanffy et Pierre van Rysselberghe d'« école de Bruxelles »)⁴ : Defay, qui publia dès 1929 une « introduction » à ce sujet⁵.

L'objectif ici sera surtout de considérer l'esquisse de « théorie » générale des systèmes ouverts à laquelle travailla Bertalanffy entre 1938 et 1940, et de dégager ses significations du point de vue de la genèse de sa « systémologie générale ». J'examinerai ensuite brièvement comment il chercha à la fin des années 1940 et au début des années 1950 à faire converger ses considérations jusqu'alors purement cinétiques avec les développements de la thermodynamique des processus irréversibles. Un examen dont la brièveté et la place ici se justifient : Bertalanffy ne fournit aucune contribution substantielle à cette thermodynamique et se limita en fait à en tirer des arguments en faveur de la légitimité et de la pertinence de sa biologie « organismique », sans que l'on puisse tenir ses réflexions à ce sujet pour des contributions au développement de son projet « systémologie » général.

2-6-1 – *Esquisse d'une théorie (cinétique) générale des systèmes ouverts*

Le texte central de Bertalanffy sur ce qu'il appela par la suite, à partir de 1945, sa « théorie des systèmes ouverts »⁶, fut publié en 1940 dans la grande revue allemande *Naturwissenschaften*, puis intégralement repris avec quelques rares compléments dans le second volume de sa *Theoretische Biologie* rédigé à la même époque. Son titre, « l'organisme considéré comme un système physique », voilait largement ses objectifs réels – un fait que l'on peut interpréter comme l'expression d'une certaine prudence. Une bonne part de l'article était certes vouée à réitérer les arguments avancés par le

¹ Bertalanffy L. von (1940a), p. 34 et (1950a), p. 23 pour des mentions explicites de l'influence de Reiner et Householder. Bertalanffy L. von (1949e), p. 121 et (1950b), p. 156 pour des références à des publications de Reiner. Voir aussi Reiner J.M. & Spiegelman S. (1945), p. 81 et p. 92 pour des références favorables réciproques, ainsi que Reiner J.M. (1953)

² Prigogine I. & Wiame J.M. (1946), p. 452. Voir aussi Rysselberghe P. van (1948), p. 61.

³ Onsager L. (1931a) et (1931b).

⁴ Rysselberghe P. (1948), p. 60 ; Bertalanffy L. von (1949c), p. 384. Dans les deux cas, De Donder était désigné comme son fondateur.

⁵ Pour une liste des travaux fondateurs, voir Päsler M., in Planck M. (1930, 1964), pp. 304-305 et p. 332. Defay n'y est pas mentionné, mais Prigogine ((1947), p. 2), qui travailla avec lui, souligna ses apports. Defay fut par la suite érigé en fondateur de la thermodynamique des systèmes ouverts par Laue R. et Beier W. (in Bertalanffy L. von, Laue R. & Beier W. (1977), p. 2). Bertalanffy et Reiner ne commencèrent à citer les physiciens et chimistes évoqués qu'après-guerre. Voir par exemple Reiner J.M. & Spiegelman S. (1945), p. 84. Il est très possible que ce soit par l'intermédiaire de ce dernier article que Bertalanffy prit connaissance des développements en cours dans « l'école flamande ».

⁶ Bertalanffy L. von (1945), p. 17 : il utilisa alors l'expression « Lehre von den offenen Systemen ». Celle d'« open systems theory » apparut pour la première fois dans Bertalanffy L. von (1950a).

Viennois tout au long des années 1930, à savoir la nécessité de concevoir l'organisme comme un système ouvert et de trouver des formulations permettant de caractériser ses « équilibres de flux », « d'une manière analogue à celle dont les expressions connues de la chimie physique définissent les véritables équilibres chimiques dans les systèmes fermés ». Il s'agissait, comme il l'écrivit un peu plus tard, d'« étendre et de généraliser les principes de la physique et de la chimie » à cette fin, dans la mesure où ces principes n'avaient jusqu'alors été élaborés que pour les systèmes fermés. L'ambition affichée y était au moins de « s'approcher » des « fondements physiques généraux des caractéristiques essentielles du vivant » telles que l'auto-entretien du métabolisme¹.

Un autre objectif, beaucoup plus ambitieux, se profilait toutefois. Car lorsque Bertalanffy annonçait son intention de « déduire sous une forme générale les conditions d'existence et les propriétés » des « équilibres de flux » dans les systèmes ouverts, il était loin d'entendre le terme « général » au seul sens d'une généralisation de la théorie physique :

Il est possible d'établir certain principes généraux pour les systèmes ouverts, *indépendamment de leur nature particulière*².

Il va en effet se révéler que cette affirmation visait largement au-delà du champ des sciences physiques et biologiques, la sociologie étant en particulier concernée. Mais il apparaîtra justement aussi que la généralité ainsi cherchée conduisit naturellement Bertalanffy à exclure l'analyse proprement physique au profit de considérations purement formelles sur la cinétique des systèmes ouverts : le véritable objectif qu'il poursuivait ici n'était pas la physique de l'organisme vivant en tant que système ouvert, mais l'étude d'un *système général* en tant que construction abstraite constituant un modèle formel de *tous* les systèmes ouverts, et la démonstration de l'intérêt transdisciplinaire de cette étude. Et si l'influence de la « cinétique générale » de Lotka n'apparut pas dans son article de 1940, elle fut tout-à-fait claire, quoique non explicitée, dans la reprise qu'il en fit dans sa *Theoretische Biologie*.

2-6-1-1 – Vers un modèle formel des systèmes ouverts en général

Bertalanffy choisit de représenter la cinétique de tout système ouvert par un système d'équations aux dérivées partielles dites « de transport », dont il avait selon ses propres dires discuté la pertinence avec Reiner à Chicago³. Un système ouvert (S) était conçu comme un ensemble de n composants (C_i) $_{1 \leq i \leq n}$ respectivement quantifiés par des mesures (Q_i) $_{1 \leq i \leq n}$ d'une certaine grandeur (concentration, masse, densité d'énergie, etc.). T_i désignant la vitesse de transport de l'élément C_i dans un élément de volume en un point déterminé de l'espace et P_i désignant la vitesse de production de ce composant au même point, Bertalanffy put dans ces conditions formaliser la cinétique de (S) par le système d'équations aux dérivées partielles :

$$\frac{\partial Q_i}{\partial t} = T_i + P_i \quad (1 \leq i \leq n) \quad (1)$$

Dans ces équations, chacune des fonctions Q_i était *a priori* à comprendre comme une fonction des quatre coordonnées spatio-temporelles ; tandis que les T_i et P_i devaient *a priori* être comprises comme des fonctions non seulement des quatre coordonnées spatio-temporelles, mais aussi de l'ensemble des quantités Q_i et (Q_j) $_{1 \leq j \leq n; j \neq i}$.

Les véritables motifs de Bertalanffy se marquent bien par le fait qu'avant même de s'engager dans une analyse aussi générale que possible des propriétés de (1), il s'empressa de souligner l'amplitude considérable du spectre de phénomènes déjà décrits par ce type d'équations, faisant ainsi apparaître (1) comme le modèle général dont leurs formalisations respectives seraient chacune une interprétation particulière :

En fait, beaucoup d'équations intervenant en physique, en biologie et même en sociologie peuvent être considérées comme des cas particuliers de (1)⁴.

¹ Bertalanffy L. von (1940b), pp. 521-523. Voir aussi (1949c), p. 384 et (1950a), p. 23.

² Bertalanffy L. von (1940b), p. 522. Voir aussi p. 524 et (1942), p. 28. Les italiques me sont propres.

³ Bertalanffy L. von (1940b), p. 524 et (1942), pp. 28-29. Voir (1940b), p. 521 et (1950a), p. 23 pour ses discussions avec Reiner à ce sujet.

⁴ Bertalanffy L. von (1940b), p. 524 et (1942), p. 29.

Dans le cas d'un système chimique, les P_i désignent ainsi les fonctions spécifiant les vitesses de réaction par lesquelles les substances C_i sont formées et détruites. Si les T_i disparaissent, on obtient les équations usuelles de réactions dans un système fermé. Si ce sont au contraire les P_i qui disparaissent, on retrouve l'équation de diffusion simple (par exemple la seconde loi de Fick) avec $T_i = D_i \Delta Q_i$ (où D_i est un coefficient de diffusion et Δ le laplacien, Q_i étant fonction des trois coordonnées spatiales). Hors du domaine physico-chimique, Bertalanffy put non seulement citer ses propres équations de croissance, mais aussi les équations de la dynamique des populations, qui se présentent elles aussi sous cette forme, avec les T_i qui s'interprètent ici comme la différence par unité de temps entre immigration et émigration et les P_i comme la différence entre le taux de naissance et le taux de décès.

D'une manière générale, plusieurs types de solutions peuvent se présenter pour un système défini sous la forme (1), Bertalanffy retenant trois classes de situations : une augmentation illimitée des Q_i , la survenue d'un « équilibre de flux » indépendant du temps, ou des solutions périodiques. La difficulté majeure à laquelle il se heurtait était bien sûr qu'en l'absence de spécification des fonctions intervenant dans (1), on ne dispose d'aucun critère général concernant l'existence, la nature et les propriétés de ses solutions, en particulier quant à celles d'un « équilibre de flux ». Il remarqua toutefois, et ici se retrouve bien l'inspiration de la « cinétique générale » de Lotka, qu'il est possible de discuter ces problèmes sous certaines hypothèses encore assez générales, ce qui suffisait pour son propos – son allusion à des « considérations physiques » relevant plus de la rhétorique que de la réalité de ses arguments et de ses objectifs, sauf à interpréter le terme « physique » en un sens très général :

Ce qui importe pour nous, c'est le fait que l'existence d'« équilibres de flux » dans les systèmes ouverts, ou comme on peut encore l'exprimer, l'existence d'un ordre déterminé des événements dans les systèmes ouverts garantie par des principes dynamiques et non structuro-machinalistes, puisse être dérivée de considérations physiques générales¹.

Bertalanffy envisagea ainsi le cas où les fonctions T_i et P_i sont des formes linéaires des Q_i ne contenant pas le temps comme argument explicite. (1) peut alors être intégré sous la forme :

$$Q_i(x; y; z; t) = Q_{i1}(x; y; z) + Q_{i2}(x; y; z; t) \quad (1 \leq i \leq n) \quad (2)$$

où, pour des relations déterminées entre les constantes des formes linéaires et les conditions aux limites, Q_{i2} peut tendre vers 0 lorsque t tend vers l'infini. Bertalanffy n'a jamais fourni de preuve de ces résultats effectivement justifiés, la « cinétique générale » de Lotka étant très certainement là encore une source directe d'inspiration ici : sans la citer, il en intégra au cours de cette même analyse certains éléments caractéristiques (concernant la discussion *a priori* de la stabilité des états « stationnaires » solutions de systèmes différentiels linéaires selon leurs valeurs propres) dans sa *Theoretische Biologie*². Le Viennois remarqua par ailleurs avec raison que si un état stationnaire indépendant du temps est atteint sous ces hypothèses, il est donné par les fonctions Q_{i1} , celles-ci étant des solutions des équations indépendantes de t :

$$T_i + P_i = 0 \quad (1 \leq i \leq n)$$

En résulte d'abord que s'il existe une solution « stationnaire », la composition du système (les mesures $Q_i(x; y; z; t)$ caractérisant les composants C_i pour $1 \leq i \leq n$) reste invariable bien que des « réactions » se poursuivent sans qu'un véritable équilibre ne soit atteint et qu'un import et un export de matière y aient sans cesse lieu. De surcroît, dans l'éventuel état « stationnaire », le nombre d'éléments devenant des composants du type C_i par transport et production est égal à celui des éléments qui « quittent » ce type. Sans fournir là non plus le moindre argument, Bertalanffy affirma que des « observations analogues » pouvaient être faites dans le cas de solutions périodiques et même

¹ Bertalanffy L. von (1940b), p. 526 et (1942), p. 32. L'expression « équilibres de flux », pourtant forgée en 1940 (dans (1940a)), n'était pas encore présente dans (1940b) : il utilisa dans cet article celle d'« équilibre » stationnaire dynamique ». Il est remarquable que tout cet article (1940b) fut reproduit dans (1942) avec une substitution systématique de la première expression à la seconde.

² Bertalanffy L. von (1940b), p. 526 et (1942), pp. 31-32. L'hypothèse de linéarité des fonctions T_i et P_i conduit immédiatement, en imposant à des fonctions du type (2) de satisfaire effectivement (1), à un système différentiel linéaire en les fonctions Q_i d'argument t en $(x; y; z)$ fixé, dont les coefficients sont ceux des fonctions T_i et P_i ; un système qui est donc justiciable de l'analyse générale déjà vue qu'avaient effectuée Poincaré, Picard et Lotka : les solutions de ce système peuvent satisfaire la condition donnée par Bertalanffy pourvu que les coefficients et les conditions aux limites le permettent, les valeurs propres du système différentiel jouant comme nous l'avons vu un rôle décisif. Dans (1942), p. 31 et p. 37, Bertalanffy reprit pour la première fois *aux détails de notations près* les considérations de Lotka, mais ce ne fut guère que pour faire allusion à la théorie des systèmes dynamiques qu'il y avait derrière, sans établir la connexion.

dans certains cas où l'hypothèse de linéarité initiale n'était pas satisfaite ; mais il est là encore assez clair qu'il songeait aux discussions par Lotka tant des systèmes aux valeurs propres complexes non réelles que des systèmes non linéaires linéarisés au voisinage de leurs états « stationnaires ».

Un autre aspect de l'ordre dynamique des systèmes ouverts, plus précisément une propriété possible et typique de tels systèmes dont Bertalanffy chercha aussi à mettre en évidence la généralité au moyen de telles considérations formelles était celui qu'il s'était toujours accordé avec Driesch pour voir comme l'expression par excellence du fonctionnement holistique des organismes : l'« équifinalité », un terme qu'il ne forgea qu'à l'occasion des publications considérées ici mais dont nous avons vu le concept quasiment d'emblée présent chez lui. Bertalanffy prit la précaution de réitérer à cette occasion son rejet absolu de l'entéléchie et sa réinterprétation « positiviste » de la finalité en tant que « renversement » purement formel de la causalité, « simple formulation utile d'un état de fait également formulable de manière causale »¹. Il s'agissait ici de toute façon pour lui d'aller bien au-delà de la biologie, pour généraliser un résultat que sa théorie de la croissance animale globale avait mis en évidence dans un cas particulier (avec une rigueur logique qui, nous l'avons vu, n'était toutefois pas irréprochable) ; à savoir que l'ouverture est *en soi* pour un système une condition lui permettant d'atteindre un état « stationnaire » par des voies différentes en dépit des perturbations qui lui sont imposées ; et que cette sorte de vicariance, bien loin d'être le produit d'une force mystique, est une propriété dérivable de manière « exacte » du simple fait de cette ouverture. Bertalanffy était fermement convaincu de la grande généralité de cette propriété. Il parvint à établir deux « théorèmes » ayant effectivement un degré élevé de généralité, après avoir précisé comme suit le concept d'équifinalité dans le cadre des notations qu'il avait introduites :

Un système d'éléments $Q_i(x; y; z; t)$ est équifinal en chaque sous-groupe d'éléments Q_j si l'on peut modifier les conditions initiales $Q_{i0}(x; y; z)$ sans modifier la valeur des $Q_j(x; y; z; \infty)$ ².

Le premier « théorème » ne concernait toutefois que le cas où la solution de (1) est de la forme (2) et sa validité demeurerait donc circonscrite par celle des hypothèses correspondantes. Il n'était autre que la conclusion de l'analyse précédemment relatée :

Si les systèmes ouverts (de la forme considérée plus haut) atteignent un équilibre de flux, alors les valeurs caractérisant ce dernier sont équifinales, indépendantes des conditions initiales.

Bertalanffy reconnut d'ailleurs, visiblement embarrassé :

Une démonstration générale d'un tel théorème est difficile eu égard à l'absence de critères généraux pour l'existence de solutions stationnaires ; mais il peut être établi pour des cas particuliers³.

Le second « théorème » pouvait par contre être établi de manière parfaitement générale :

Un système fermé ne peut pas être équifinal en chacune des Q_i .

La démonstration de Bertalanffy résulta de ses échanges à Chicago avec Householder. Par définition, il existe dans un système fermé une fonction constante M de ses éléments (plus précisément, des Q_i) ; par exemple, la masse totale ou l'énergie totale. Les conditions initiales Q_{i0} étant fixées, se vérifie donc la relation indépendante du temps : $M(Q_1; \dots; Q_n) = M(Q_{10}; \dots; Q_{n0}) = m$, où m désigne la valeur constante de M . Donc si les Q_i tendent vers des valeurs limites Q_{i1} , on doit aussi avoir $M(Q_{11}; \dots; Q_{n1}) = m$. Mais comme m dépend des conditions initiales, une modification de celles-ci affecte $M(Q_{11}; \dots; Q_{n1})$, de sorte qu'au moins certains des Q_{i1} sont modifiés : la définition de l'équifinalité est contredite⁴.

Même s'il était conscient de leurs limites, ces analyses avaient aux yeux de Bertalanffy une portée considérable pour la biologie et la philosophie de la biologie, d'autant plus que sa conviction intime de la valeur générale du premier « théorème » l'amena vite à négliger l'absence de preuve de cette généralité. Elles lui semblaient établir définitivement ce qui constituait depuis une dizaine d'années le postulat de son approche « organismique » :

¹ Bertalanffy L. von (1940b), pp. 527-528 et (1942), pp. 37-38.

² Bertalanffy L. von (1940b), p. 528 et (1942), p. 39.

³ *op. cit.*

⁴ *op. cit.*

Ces considérations générales ne donnent bien sûr aucune explication de phénomènes spécifiques tant qu'on ignore leurs conditions particulières. Néanmoins, la formulation générale est très significative. Car nous voyons en premier lieu qu'il est possible de donner une dérivation *physique* du concept apparemment métaphysique ou vitaliste de finalité ; et nous voyons en second lieu la relation intime entre l'une des caractéristiques fondamentales de l'organisme, le fait qu'il n'est pas un système fermé en équilibre thermodynamique mais un système ouvert en équilibre de flux, avec une autre de ses caractéristiques fondamentales, l'équifinalité. *Dès que l'on prend en considération cette caractéristique de l'organique de constituer un système ouvert, on voit que l'équifinalité de l'événement organique en dérive de manière nécessaire et nomothétique ; car il s'ensuit de ce caractère que l'organisme, conformément aux lois régissant de tels systèmes, doit tendre aussi bien dans son évolution normale que perturbée vers un état d'équilibre de flux en tant que « but final »*¹.

Mais par là-même pointait bien aussi la perspective « systémologique » *générale* dont ce texte était incontestablement le premier exposé, avec de profondes ambiguïtés qu'il semble plus pertinent d'attribuer à la prudence manifeste de Bertalanffy dans ce texte qu'à un manque de clarté voire de maturité dans ses idées. Ces ambiguïtés apparaissent particulièrement lorsqu'il parlait ici de « dérivation *physique* » et lorsqu'il suggérait que l'« équifinalité de l'événement organique » est une conséquence « nécessaire » de la seule ouverture des systèmes vivants, donc de principes systémiques qui ne s'appliquent pas à ces seuls systèmes, mais sont beaucoup plus généraux : il y avait en arrière-plan de son discours des enjeux ontologiques essentiels, constitutifs de la problématique d'une « systémologie générale » dont il cherchait en fait déjà ici à justifier la pertinence, non sans difficultés.

2-6-1-2 – La « théorie des systèmes ouverts », acte de naissance d'une ontologie des « systèmes généraux » : ambiguïtés et difficultés du texte fondateur de Bertalanffy

Un premier point problématique de l'argumentation menée par le Viennois était sa tendance à laisser entendre que la validité des conclusions qu'il avait tirées sous certaines hypothèses était générale. Car la cinétique des systèmes ouverts, comme il ne tarda pas à apparaître, était en fait beaucoup plus compliquée que ce qu'il suggérait. Le chimiste anglais Kenneth G. Denbigh montra par exemple en 1948 que même un simple système chimique autocatalytique peut donner lieu à deux états d'« équilibre de flux » [*steady state*], l'un stable et l'autre instable. Comme le remarqua un collaborateur de Rashevsky en 1954, l'existence d'une multiplicité d'« équilibres de flux » de degrés de stabilité divers, dont la possibilité apparaît dès lors que l'on considère des systèmes non linéaires, affaiblissait les arguments de Bertalanffy relatifs à la nécessaire équifinalité de tels « équilibres » ; car il n'avait en fin de compte avancé ces arguments qu'en se fondant sur des hypothèses de linéarité².

Mais tel n'était pas le problème essentiel. L'ambiguïté de l'essai de Bertalanffy tient au positionnement « schizophrénique » de ses arguments par rapport aux sciences physico-chimiques. En effet, d'un côté il laissait entendre qu'il cherchait à dégager les « fondements *physiques* généraux » des caractéristiques de l'organisme en tant que système ouvert, la plupart de ses exemples (considérés plus loin) étant d'ailleurs tirés de la physique et de la chimie physique. Mais il se plaçait seulement d'un point de vue cinétique. Et surtout, les sciences physico-chimiques ne jouaient aucun rôle substantiel dans ses considérations, pour la raison que celles-ci étaient purement formelles et à visée très générale. « Physique » ne référait guère dans son texte qu'au fait de considérer l'organisme comme une entité évoluant dans l'espace et dans le temps, c'est-à-dire de manière naturaliste. Il ne pouvait en être autrement puisque la physique des systèmes ouverts à proprement parler, notamment du point de vue thermodynamique, en était à l'époque à ses débuts et restait largement à construire, Bertalanffy demeurant du reste encore ignorant des développements significatifs qui avaient déjà eu lieu dans cette voie. Et contrairement à ce qu'il se plaisait à laisser entendre, il ne fournissait aucunement les bases d'une théorie de « l'organisme comme système physique ». Il se limitait à argumenter sa possibilité et sa nécessité tout en indiquant certains aspects cruciaux de sa problématique. Ses considérations formelles avaient justement aussi pour fonction de pallier l'absence d'une physique adéquate. Il développait en fait tout autre chose qu'une telle physique. Car il ne partait pas du jugement « l'organisme est un système ouvert » afin d'en dériver systématiquement certaines propriétés caractéristiques (existence d'un « équilibre de flux », équifinalité) sur la base de principes et de lois

¹ *op. cit.*, p. 528 et pp. 41-42 respectivement.

² Bierman A. (1954), p. 100.

physiques – une ambition dont il faut remarquer qu'elle ne serait quoiqu'il en soit pas entrée en conflit avec son rejet du physicalisme dogmatique en biologie, puisqu'il ne se serait de toutes façons pas agi ici de rendre compte de l'ensemble du fonctionnement organique, mais seulement des conditions physiques de sa possibilité. Ne disposant pas de ces principes et lois, il dérivait des analogues abstraits des propriétés en question dans le cadre de ce qu'il tenait pour un bon modèle formel de la dynamique des organismes en tant que systèmes métabolisants, afin de pouvoir malgré tout faire apparaître ces propriétés comme des conséquences nécessaires de leur ouverture. Il me semble possible de résumer sa démarche intellectuelle à la suite d'inférences suivantes :

- (a) en tant que lieu d'échanges métaboliques avec son environnement, l'organisme peut être *de ce point de vue* appréhendé dans le cadre du système formel (1) ;
- (b) il possède ce caractère en commun avec d'autres entités « concrètes », (1) définissant une *classe d'équivalence*, le « système ouvert en général » ;
- (c) or, certaines propriétés de (1) peuvent être établies *indépendamment de l'interprétation des fonctions* qui y sont impliquées ;
- (d) donc la validité de ces propriétés formelles peut être affirmée en retour pour tous les membres de la classe d'équivalence induite par (1), une fois réinterprétée dans le contexte de chacun d'entre eux ;
- (e) en particulier, tel est le cas de l'organisme, dont certaines propriétés caractéristiques dérivent de son appartenance à cette classe ;
- (f) ce qui justifie en retour le jugement initial en le liant aux propriétés en question.

C'est cette logique, où se lit l'inspiration de Lotka, que l'on peut voir se déployer dans ces passages significatifs d'une perspective « systémologique » générale cherchant à s'affirmer :

Il a été ici montré que beaucoup de particularités des systèmes organiques qui furent souvent vues comme vitalistes ou mystiques peuvent être déduites à partir du concept de système et des propriétés de certains systèmes d'équations assez généraux, en relation avec certaines considérations thermodynamiques et statistico-mécaniques. Si l'organisme est un système ouvert, alors les principes qui s'appliquent en général aux systèmes de ce type *doivent* s'y appliquer – et ce de manière complètement indépendante de la nature des relations et des processus à n'en pas douter extraordinairement compliqués impliquant leurs composants¹.

Ainsi Bertalanffy cherchait-il en réalité non pas à construire une théorie de « l'organisme comme système physique », mais une théorie des systèmes ouverts *en général* s'appliquant en particulier aux organismes vivants tout autant qu'à leurs associations et à certains systèmes purement physico-chimiques. Une théorie qui permettrait d'expliquer certaines des propriétés caractéristiques des systèmes biologiques par le simple fait qu'ils constituent des systèmes ouverts « concrets », plus précisément par le fait qu'ils peuvent être appréhendés au moyen de modèles théoriques fondés sur une spécification du « système ouvert général » (1).

Mais par là-même se posait une difficulté de principe importante, dont on peut légitimement supposer qu'elle fut au fondement des vigoureuses critiques qui furent adressées à Bertalanffy lorsqu'il exposa son projet « systémologique » général dans le séminaire de Morris à Chicago. Cette difficulté fut en tous cas sous-jacente à des critiques formulées en 1951 par Hempel². Elle est d'ordre ontologique, relative aux questions de savoir ce que Bertalanffy appelait un système ouvert et quelle légitimité on pouvait accorder aux transferts de conclusions qu'il effectuait en permanence entre ce qui, pour certains tels que Carnap, relevait des « sciences formelles », et ce qui relevait des « sciences du réel », une dichotomie que nous avons justement vu Bertalanffy rejeter. Les « systèmes ouverts » constituant l'objet de ses considérations constituent de pures constructions formelles : il s'agit d'êtres logico-mathématiques, dont les propriétés sont indépendantes de toute considération physique à proprement parler et ne dérivent que d'une relation logique et mathématiquement traduite posée entre une entité abstraite (le « système » des composants en interaction) et son « environnement » (la fraction de l'« entourage » du « système » qui interagit significativement avec lui). Le problème est qu'il n'allait aucunement de soi de poser une relation d'équivalence entre des entités « concrètes » aussi diverses que des organismes, des biocénoses ou des solutions chimiques par l'intermédiaire de

¹ Bertalanffy L. von (1940b), p. 528 ; (1942), p. 42.

² Hempel C.G. (1951), p. 315 notamment.

ces formes logico-mathématiques. Car cela semblait revenir à accorder à ces formes un primat ontologique sur les « substances » et relations particulières constitutives des entités « concrètes » en question, *a priori* de natures très différentes. Comme si Bertalanffy posait l'existence d'un type logique, le « système ouvert général » (1), en l'investissant d'une réalité plus fondamentale que ces « substances » et relations. Bien sûr, ses développements formels restaient très insuffisants pour qu'il puisse construire une ontologie sur cette base. Mais l'essentiel n'est-il pas le simple fait qu'il ait pensé que son principe est légitime ? Le problème se posait de manière aiguë, et Bertalanffy n'y fournit pas la moindre solution dans les deux textes considérés ici : il ne l'évoqua même pas.

Il ne faudrait pourtant pas en conclure qu'une ontologie systémique purement métaphysique d'inspiration voisine de celle de N. Hartmann était ici implicitement à l'œuvre : c'est précisément sur ce point que le perspectivisme bertalanffien et la conception du système comme schème d'interprétation qu'il implique ne doivent surtout pas être perdus de vue – une erreur majeure commise par tous ses critiques l'ayant accusé d'embrasser un « réalisme des systèmes ». Plutôt que de voir se profiler un tel réalisme derrière ses considérations, le respect de la cohérence et de la continuité de sa pensée impose d'y voir la construction de ce qu'il appela lui-même par la suite un « modèle théorique formel » à vocation prospective et unificatrice. Si Bertalanffy ne le mit pas dans ce texte en relation explicite avec l'approche typologique de Goethe, ce qu'il ne fit que dans des textes ultérieurs, on peut tout de même remarquer qu'il y qualifia très symptomatiquement (1) de « type général »¹.

L'inspiration critico-idéaliste de sa « théorie des systèmes ouverts » se dessine même en ce qu'il semble possible d'y voir une analogie significative avec la doctrine kantienne du schématisme, dont la pertinence pour la philosophie de la modélisation a été discutée au 2-2-2-1. Pour reprendre les expressions de Kant, (1) peut en effet s'interpréter comme un « schème transcendantal » : il constitue une « représentation médiatrice pure » entre ce « concept pur de l'entendement » qu'est le « système ouvert en général » et le « phénomène » étudié (un « système ouvert concret »), en tant que « représentation » du « procédé général de l'imagination » destiné à « procurer » à ce concept ses « images » : celles-ci ne seraient autres que tous les modèles particuliers pouvant être construits sur la base de ce modèle formel, lequel fonctionnerait donc comme une matrice permettant de *constituer* des objets *comme* des systèmes ouverts – étant entendu que le « réel » ne livre en lui-même aucun « système ouvert concret » et qu'on ne peut parler d'un tel système qu'à l'issue de cette constitution.

Si le véritable enjeu de la discussion de Bertalanffy était bien de fonder une ontologie des systèmes ouverts, il s'agissait donc d'une ontologie *critique* qui était aussi son premier pas vers une ontologie des « systèmes généraux » : (1) dégageait un « type général » de relations sous lequel une grande diversité de phénomènes déjà étudiés pouvaient être subsumés et qui constituait de la sorte cet être purement abstrait qu'est le « système ouvert général ». L'objectif était ensuite (au moins dans l'idéal) d'examiner les attributs de cet être afin de déterminer les conditions de possibilité pour penser et étudier adéquatement un phénomène donné dans le cadre fixé par ce type ; c'est-à-dire d'être en mesure de savoir *a priori* s'il est pertinent de chercher à en construire un modèle au moyen d'une spécification de ce « système général » puis, dans l'affirmative, de savoir ce que sont les conditions requises pour une telle spécification et de pouvoir prévoir *a priori* l'existence de certaines propriétés du phénomène étudié. La difficulté à laquelle se heurta Bertalanffy était le nombre trop restreint de résultats qu'il avait pu établir sur son « système général » (1) : cette limitation ne lui permettait pas de mettre en évidence ce qu'il pensait être les attributs caractéristiques des systèmes ouverts. C'est ce qui l'amena à chercher à contourner cette difficulté au moyen d'un « modèle au sens étroit », d'une expérience de pensée à laquelle était déléguée la fonction d'illustrer ce que l'analyse générale n'avait pas permis de livrer : un système chimique ouvert hypothétique et présentant tous les attributs en question. C'est en fait en se servant d'un tel modèle que Bertalanffy acheva « par procuration » la construction de l'être « système ouvert général », à partir de ses « incarnations » dans les « sciences du réel » ; plus précisément, à partir des homologies repérables entre systèmes ouverts « concrets ».

¹ Bertalanffy L. von (1940b), p. 531. Pour la relation explicite entre approche « systémiologique » générale et typologie goethéenne, voir en particulier Bertalanffy L. von (1949d), p. 360. Ce lien sera reconsidéré dans la troisième partie.

2-6-1-3 – De la construction de l'être « système ouvert général » à partir de ses paradigmes : à la recherche d'attributs communs aux systèmes ouverts « concrets »

Ce modèle était plus sophistiqué que ceux qu'il avait exposés entre 1932 et 1934. Bertalanffy était soucieux d'exhiber un système « plus proche des conditions biologiques », mieux conforme, en dépit de ses sursimplifications, à la réalité des processus métaboliques. L'objectif était, pour reprendre les expressions de Hertz, de montrer que l'on peut spécifier (1) de telle sorte que les « conséquences conceptuellement nécessaires » de la forme logique obtenue (le modèle chimique) soient les formes logiques des « conséquences naturellement nécessaires » du fait que l'organisme est un système ouvert : il s'agissait de construire un analogue chimique de l'organisme en tant que système métabolisant dont une modélisation soit une spécification de (1), afin d'emporter la conviction que les propriétés caractéristiques de l'organisme dérivent *essentiellement* de son appartenance à la classe d'équivalence induite par (1), ce que le trop chétif traitement général de (1) n'avait pu permettre¹.

Bertalanffy considéra un système où une substance S_1 est importée proportionnellement (avec un taux K) à la différence entre sa concentration à l'extérieur et à l'intérieur du système (respectivement X et x_1). S_1 était supposée se transformer réversiblement en une substance S_2 de concentration x_2 (avec des constantes de réaction k_1 et k_2). D'autre part, S_1 et S_2 étaient supposées se décomposer réversiblement en des substances S_3 et S_4 de concentrations respectives x_3 et x_4 (avec des constantes de réaction respectives k_3 et k_4), évacuées hors du système proportionnellement à leur concentration (à des taux χ_1 et χ_2). Bertalanffy put formaliser l'évolution de ce système chimique hypothétique comme un cas particulier de (1), au moyen du système différentiel linéaire :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx_1}{dt} = (-K - k_1 - k_3)x_1 + k_2x_2 + KX \\ \frac{dx_2}{dt} = k_1x_1 + (-k_2 - k_4)x_2 \\ \frac{dx_3}{dt} = k_3x_1 - \chi_1x_3 \\ \frac{dx_4}{dt} = k_4x_2 - \chi_2x_4 \end{array} \right.$$

Il suivit alors la méthode classique d'analyse qu'avait adoptée Lotka. Si $(x_i^*)_{1 \leq i \leq 4}$ est une solution du système algébrique $\left(\frac{dx_i}{dt} = 0\right)_{1 \leq i \leq 4}$ correspondant à un état « stationnaire », le système différentiel initial peut être réécrit, en posant $x_i' = x_i - x_i^*$ pour tout $i \in \llbracket 1; 4 \rrbracket$:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx_1'}{dt} = (-K - k_1 - k_3)x_1' + k_2x_2' \\ \frac{dx_2'}{dt} = k_1x_1' + (-k_2 - k_4)x_2' \\ \frac{dx_3'}{dt} = k_3x_1' - \chi_1x_3' \\ \frac{dx_4'}{dt} = k_4x_2' - \chi_2x_4' \end{array} \right.$$

Bertalanffy ne chercha pas à résoudre ce dernier système différentiel. Il se limita à mentionner la forme générale des solutions en fonction des valeurs propres de sa matrice². Il préféra se concentrer sur les propriétés de l'« équilibre de flux ». Le Viennois remarqua d'abord que les concentrations $(x_i^*)_{1 \leq i \leq 4}$ correspondantes vérifient l'égalité de rapports :

$$x_1^* \div x_2^* \div x_3^* \div x_4^* = (k_2 + k_4) \div k_1 \div \frac{k_3(k_2 + k_4)}{\chi_1} \div \frac{k_1k_4}{\chi_2}$$

¹ Bertalanffy L. von (1940b), pp. 525-526 ; (1942), pp. 30-33.

² *op. cit.*, p. 525 et p. 31 respectivement.

Cette égalité signifiait d'abord pour lui qu'« un rapport constant entre les composants est atteint à l'équilibre de flux, bien qu'il ne soit pas, comme c'est le cas des équilibres dans les systèmes fermés, fondé sur des réactions irréversibles ». Il pointa de surcroît le fait que ce rapport « ne dépend que des constantes de réaction et non de la quantité d'intrant », le système montrant pour cette raison même des capacités d'« autorégulation » qui seraient « comparables à celles des systèmes organiques ». Bertalanffy remarqua que cette capacité devient manifeste si l'on considère plus particulièrement, par exemple, la concentration x_1^* correspondant à l'« équilibre de flux » ; laquelle s'exprime par :

$$x_1^* = \frac{KX(k_2 + k_4)}{(K + k_1 + k_3)(k_2 + k_4) - k_1k_2}$$

En effet, l'application d'une perturbation extérieure (interprétable comme un « stimulus ») menant par exemple à une augmentation de la « dissimulation », c'est-à-dire à une augmentation de la constante k_3 mais n'affectant pas les autres constantes, provoque une diminution de x_1^* ; mais comme l'intrant est proportionnel à la différence de concentrations ($X - x_1$), celle-ci est dans ce cas accrue, c'est-à-dire qu'il en résulte une augmentation de l'« assimilation ». Si le « stimulus » cesse et que k_3 revient à sa valeur initiale, le système revient lui aussi à son état initial. Si par contre le « stimulus » persiste, et avec lui la modification de la vitesse des processus de « dissimulation », un nouvel état « stationnaire » survient, mais le système « met en action des forces dirigées contre la perturbation », en compensant un accroissement de la « dissimulation » par une « assimilation » accrue. Il manifeste en cela un « caractère autorégulateur », une capacité d'« adaptation » à la nouvelle situation¹. Comme Bertalanffy le souligna quelques années plus tard, ce système ouvert avait ainsi un comportement qui se conforme en apparence au principe de Le Châtelier². Mais il réitéra sa mise en garde du début des années 1930 contre la tentation, « insatisfaisante pour des raisons de principe » et pourtant manifeste chez des auteurs comme Köhler, de transposer tels quels des principes comme celui de Le Châtelier alors qu'ils avaient été énoncés pour des systèmes fermés³. Il rejoignait sur ce point la prudence critique de Lotka.

Bertalanffy n'attribuait bien sûr aucune visée explicative à ce modèle : il n'était pas question pour lui d'y assimiler l'organisme. Son rôle était à ses yeux associé à une idée fondamentale que ces deux « grand-pères » de la « systémologie générale » qu'étaient Lotka et Köhler partageaient justement eux aussi : c'est non l'analogie en tant que telle qui présente un intérêt, mais l'existence de principes communs sous-jacents qu'il s'agit de dégager et de théoriser. En montrant que les caractéristiques de l'« état stationnaire » de son système chimique ouvert hypothétique « sont exactement celles du métabolisme organique »⁴, le Viennois cherchait précisément à établir, par-delà l'analogie, l'existence de propriétés qui dépendent non de la nature particulière du système considéré mais de son seul caractère de « système ouvert », et la possibilité d'en déduire l'appartenance de ces divers systèmes à une même classe d'entités – le « système ouvert général » enfin nanti de ses attributs, en tant que classe d'équivalence induite par cette congruence de propriétés :

Les moments que nous avons indiqués comme particulièrement caractéristiques des systèmes organiques – conservation en « équilibre dynamique », indépendance de la composition par rapport à la quantité absolue des composants, conservation de la composition dans des conditions d'échanges de substances, restauration de l'équilibre de flux après une perturbation normale ou induite par un stimulus, ordre dynamique des processus – sont donc des conséquences du caractère général des systèmes ouverts⁵.

2-6-1-4 – Les significations et les vocations de la « théorie des systèmes ouverts » eu égard au programme « organismique » et au projet « systémologique » général

On peut en fin de compte voir la « théorie des systèmes ouverts » de Bertalanffy comme une charnière décisive entre sa « systémologie biologique » et sa « systémologie générale ». Comme une sorte de Janus dont une face serait tournée vers la théorisation des « problèmes de la vie » et l'autre

¹ *op. cit.*, p. 526 et p. 33 respectivement.

² Bertalanffy L. von (1950a), p. 24.

³ Bertalanffy L. von (1940b), p. 527 et (1942), p. 39.

⁴ Bertalanffy L. von (1950a), p. 24.

⁵ Bertalanffy L. von (1940b), p. 526 ; (1942), p. 33. Les italiques me sont propres.

vers l'édification d'une herméneutique « méta-théorique ». Remarquable est la quasi simultanée, au cours de la même année 1937, de la publication de l'essai fixant de manière systématique les traits de sa « systémologie biologique » (*Das Gefüge des Lebens*), de sa rencontre avec l'école de Rashevsky et de ce qu'elle impliqua pour sa construction du « système ouvert général », et enfin de sa tentative de rendre public son projet « systémologique » général (avec, en arrière-plan, l'épanouissement de l'influence sur sa pensée du développement de la biologie mathématique, en particulier celle de la « cinétique générale » de Lotka, et ses propres contributions à ce développement). Cette quasi-simultanée est une expression frappante de la médiation en question, mais aussi de l'impossibilité de comprendre la trajectoire intellectuelle de Bertalanffy comme un progressif cheminement de la biologie vers la « méta-science ». J'y perçois la nécessité contraire de voir dans cette trajectoire une sorte de spirale ascendante : celle du développement d'une intuition générale originelle présente dès sa thèse doctorale, intuition qui fut la substance nourricière de tous ses travaux jusqu'à la fin de la guerre tout en trouvant à travers eux les moyens de progresser vers sa maturité.

Sa « théorie générale des systèmes ouverts »¹ s'inscrivait bien sûr dans le prolongement impeccable de sa biologie « organismique », à la fois pour la servir et pour s'y enraciner. Le schème du « système ouvert en équilibre de flux » avait été posé au fondement du programme « organismique », avec une vocation ubiquitaire en biologie ; cette « théorie » venait justifier cette perspective en montrant comment certaines des propriétés les plus générales des organisations biologiques peuvent en être dérivées, et puisait en retour dans la multiplicité et la fécondité de ses mises en œuvre dans les diverses branches des sciences de la vie la preuve par l'exemple de la légitimité de ses prétentions. Le programme « organismique » avait pour mission de mettre la biologie sur la voie de la « science nomothétique exacte » ; la « théorie des systèmes ouverts » contribuait à accomplir cette mission en fournissant un cadre conceptuel pour la construction de modèles mathématiques de phénomènes spécifiques dont (1) serait le « type général ». Si Bertalanffy déclara en 1950 qu'elle « pavait le chemin vers une biologie en tant que science exacte » ou constituait au moins « un pas important dans cette voie », il lui avait d'ailleurs assigné ce rôle dès 1940 :

Les considérations générales [de la théorie des systèmes ouverts] ne livrent bien sûr aucune explication de phénomènes de la vie *particuliers*. Je dis toutefois que les principes développés [avec elle] devraient représenter un cadre général dans lequel des théories quantitatives de phénomènes de la vie particuliers devraient être possibles ; en d'autres termes, que les théories de phénomènes biologiques spécifiques peuvent être vues comme des cas particuliers de nos équations générales².

Bertalanffy comprenait ainsi la « théorie des systèmes ouverts » comme la matrice des véritables « explications » (au sens nomologico-déductif) de l'organisation biologique que le programme « organismique » avait définies comme l'objet de la biologie théorique. Par le « fusionnement » de divers domaines biologiques qu'il permettait, le « système ouvert général » répondait de surcroît parfaitement selon Bertalanffy à l'ambition affichée par ce programme d'œuvrer à l'unification des sciences de la vie. Enfin, l'objectif inhérent à ce programme de priver les vitalismes métaphysiques de leur objet commun en acceptant de reconnaître sérieusement les « manifestations finalistes du vivant » tout en fournissant les moyens d'en rendre scientifiquement compte trouvait avec la « théorie des systèmes ouverts » une certaine satisfaction. Que ce soit parce qu'elles se situaient dans la perspective d'une « statistique d'ordre supérieur » logiquement indépendante de la physique ou parce qu'elles restaient purement formelles et limitées à des considérations d'ordre cinétique, cette « théorie » et les expressions qu'il y voyait dans sa propre théorie de la croissance animale ou dans les travaux d'autres scientifiques tels que Lotka et Rashevsky n'étaient certes pas en soi « physiques » à proprement parler. Il n'en demeure pas moins qu'elles montraient que les êtres vivants ne défont en rien les lois connues de la physique et que c'étaient plutôt les conditions d'application de ces lois qui n'étaient pas vérifiées ; que le cadre de la physique contemporaine était certes trop étroit pour être en mesure de rendre compte du fait biologique, mais que rien ne s'opposait en principe à un élargissement tel que l'on puisse au moins rendre compte de ses conditions de possibilité. La « théorie des systèmes ouverts » de Bertalanffy ouvrait selon lui rien moins qu'un « nouveau champ en physique », susceptible de priver définitivement le vitalisme métaphysique de ses arguments :

¹ Bertalanffy L. von (1950a), p. 27 : ainsi la qualifia-t-il lui-même dans ce texte.

² Bertalanffy L. von (1940b), p. 529.

[Ces considérations] montrent que la prétendue violation des lois physiques n'existe pas ou, plus précisément, qu'elle disparaît par une extension de la théorie physique¹.

Un jugement justifié, à ceci près que ses propres travaux ne fournissaient pas cette extension que seule la thermodynamique des processus irréversibles laissait alors entrevoir.

D'un autre côté, tout converge pour voir dans sa « théorie des systèmes ouverts » l'« antichambre » de sa « systémologie générale », comme si le Viennois avait développé la première comme un paradigme de la seconde. En cherchant à exhiber un « système ouvert général » dont les propriétés abstraites, dérivables *a priori*, sont interprétables dans des modèles théoriques de « systèmes concrets », l'objectif ultime n'était-il pas en définitive de justifier la possibilité et l'intérêt de concevoir un cadre plus général encore, qui embrasse l'ensemble des situations où le concept de système peut servir de base d'interprétation des phénomènes ? La « systémologie restreinte » aux systèmes ouverts aurait de ce point de vue servi de fer de lance à la « systémologie générale », présentant l'avantage de permettre d'en développer les thèmes en relation avec des modèles spécifiques bien éprouvés, avec en particulier tout l'arrière-plan des plus ou moins convaincantes réalisations de sa biologie « organismique ». Le fait est que tous les moments essentiels de la « systémologie générale » étaient constitutifs de son article de 1940, bien que moins ostensiblement affichés que dans les publications ultérieures à 1945 consacrées à la discussion de ses principes et de ses vocations. Il en allait ainsi de l'idée, déjà bien présente dans sa « systémologie biologique », que des principes systémiques généraux peuvent être formulés et appliqués à des systèmes de natures très diverses quant à leurs éléments et aux relations entre ces derniers, pourvu que ces systèmes soient d'un certain point de vue justiciable d'une même logique (en l'occurrence ici, celle d'échanges « métaboliques » avec leur environnement). Mais aussi de l'idée, dont la dimension mathématique ou logico-mathématique était par contre encore absente en 1932, selon laquelle ces principes peuvent être dérivés entièrement *a priori* d'un « modèle théorique formel », d'un « système général » en tant qu'« analogue conceptuel » parfaitement abstrait de « certains traits universels d'entités observées ». Ou encore de l'idée associée selon laquelle un tel modèle peut servir de matrice pour la construction de modèles théoriques particuliers et diriger certains domaines d'étude qui en sont encore éloignés dans la voie de la « science exacte ». Et enfin de l'idée qu'un « système général » tel que (1), dans la mesure où il définit une classe d'équivalence entre toutes ses interprétations particulières, induit une « unité formelle » entre les divers « systèmes concrets » que ces interprétations servent à représenter. Le projet de « systémologie générale » de Bertalanffy se lit en définitive de part en part dans son esquisse d'une « théorie générale des systèmes ouverts » : il en formait la substance intime, y avançant sous couvert des quelques expressions tangibles de la plausibilité et de l'intérêt que le « système ouvert général » et ses spécifications semblaient lui conférer.

2-6-2 – *La connexion entre « théorie des systèmes ouverts » et thermodynamique des processus irréversibles*

Nous verrons dans la troisième partie que l'intérêt transdisciplinaire de cette « théorie des systèmes ouverts » fut par la suite reconnu et exploité. Il le fut du point de vue spécifique de la biophysique, Bertalanffy ayant fait jusqu'à nos jours figure de « pionnier » : de ceux qui, tels Prigogine, portèrent dès 1946 et 1947 à son crédit d'avoir pointé le rôle fondamental des systèmes ouverts et l'importance d'une physique adéquate en biologie², à un chimiste tel que Josef Schurz qui, récemment encore, louait le Viennois d'avoir avec elle permis à la biologie « d'échapper au piège de la seconde loi de la thermodynamique »³. Néanmoins, comme il est de coutume dans l'histoire des sciences, seuls ceux qui furent soucieux de l'origine des idées qu'ils développaient mentionnèrent cette origine, les idées de Bertalanffy devenant très vite anonymes. Ainsi, lorsque les deux biophysiciens est-allemands Walter Beier et Reinhard Laue republièrent en 1977 l'essai d'une petite cinquantaine de pages publié initialement en 1953 par Bertalanffy sous le titre *Biophysik des*

¹ Bertalanffy L. von (1950a), p. 27.

² Prigogine I. & Wiame J.M. (1946), pp. 451-452 et Prigogine I. (1947), p. 2 et p. 44.

³ Schurz J. (2003), p. 471.

Fließgleichgewicht [« Biophysique de l'équilibre de flux »] sous une version très substantiellement complétée sur les plans tant épistémologique que physique, ils remarquèrent dans leur introduction :

Ludwig von Bertalanffy fut le premier à reconnaître la caractéristique générale et significative des organismes vivants de se trouver durant leur existence en tant qu'êtres vivants dans un état d'équilibre de flux et de le maintenir [...] Son apport aux sciences biologiques ne concerne toutefois pas que la connaissance de cet état de fait singulier, mais dans une bien plus grande mesure encore le travail des conséquences de cette découverte pour des modes de comportement des systèmes biologiques jusqu'alors incompris ou expliqués de manière vitaliste. On peut, plus de trente ans après la publication de ses plus importants travaux sur ce sujet, prétendre que son travail de pionnier a informé et codéterminé dans des parties essentielles notre compréhension contemporaine des systèmes biologiques. Ceci se marque en ce que le concept d'équilibre de flux trouve de nos jours une application dans un nombre incalculable de publications sans que la nécessité de référer pour son explication ou son fondement aux travaux originaux de von Bertalanffy ne soit éprouvée¹.

Néanmoins, plusieurs scientifiques travaillant au développement de la physique des systèmes ouverts restèrent avec raison très mesurés quant à la réalité des apports du Viennois à son développement. Comme ceux du biologiste canadien Alan C. Burton, que Bertalanffy rencontra très certainement lors de son séjour au laboratoire de biologie marine de Woods Hole au printemps 1938 (ils y travaillèrent simultanément et il n'y a guère de doute qu'ils s'influencèrent mutuellement)², ses travaux furent rangés parmi les premières contributions à l'étude des propriétés *cinétiques* des systèmes ouverts et au développement de *modèles* simples de l'organisation biologique auquel un raisonnement thermodynamique adéquat *pourrait* être appliqué. Bertalanffy n'avait effectivement fait « que » fournir un cadre général pour l'analyse de la cinétique des systèmes ouverts, pointer le phénomène caractéristique d'équifinalité et construire des modèles *illustrant* les quelques principes qu'il avait dégagés, qu'il s'agisse de son modèle de croissance organique globale ou de ses modèles chimiques hypothétiques, aucun traitement thermodynamique des problèmes considérés n'étant réalisé – hormis, en 1942, dans l'étude d'une réaction monomoléculaire réversible, où le calcul du travail nécessaire au maintien d'un équilibre de flux fut explicité au moyen de la loi de Van't Hoff³. Quant à Burton, il avait en 1939, notamment au moyen d'un modèle hydrodynamique, mis en évidence la possible existence dans des systèmes ouverts de deux phénomènes impossibles dans des systèmes fermés, les phénomènes dits de « dépassement » [*overshoot*] et de « faux départ » [*false start*], et de discuter les conditions de leur possibilité (une discussion qui fut reprise en 1948 par Denbigh) : le « dépassement » réfère à la situation où les valeurs de certaines des variables étudiées (concentrations, masses, etc.) évoluent de telle sorte qu'elles commencent par dépasser leurs valeurs à l'« équilibre de flux » et atteignent un maximum avant de se diriger vers leur valeur finale ; tandis que le « faux départ » réfère à la situation où ces valeurs évoluent dans un premier temps dans une direction contraire à celle correspondant à l'« équilibre de flux » (par exemple en décroissant alors que leur valeur initiale est déjà inférieure à leur valeur finale)⁴. Mais là encore, Burton n'avait intégré aucune analyse thermodynamique à ses travaux. D'où certains commentaires tout-à-fait justifiés :

Burton et Bertalanffy ont confiné leur attention sur la seule question du transport de masse et de ses variations temporelles. Une approche plus profonde de la réalité biologique devrait aussi considérer la question de l'énergétique de tels systèmes et des propriétés tenant au fait que leur maintien requiert un flux d'énergie aussi bien qu'un transport de masse⁵.

Une quantité appréciable de travaux ont été consacrés à la cinétique des systèmes ouverts et certaines choses utiles ont été apprises. Mais ces travaux ont en général consisté à trouver que certaines propriétés des systèmes vivants sont *possibles* dans des systèmes ouverts, plutôt qu'à démontrer qu'une propriété particulière est une conséquence nécessaire du fait que le système est ouvert [... Exemples de Burton et de Bertalanffy...] Les spécifications cinétiques et

¹ Beier W. & Laue R. (1977), in Bertalanffy L. von (1953c, 1977), p. V.

² Brauckmann S. (2000), p. 7.

³ Bertalanffy L. von (1942), pp. 33-34.

⁴ Bertalanffy L. von (1953c), pp. 19-25 et Beier W. & Laue R. (1977), in Bertalanffy L. von (1953c, 1977), pp. 61-63.

⁵ Reiner J.M. & Spiegelman S. (1945), p. 81.

thermodynamiques des systèmes ouverts et de leurs équilibres de flux ont surtout servi à définir les limites de ce qui est possible plutôt qu'à nous dire ce qui se passe réellement¹.

Bertalanffy reconnut d'ailleurs lui-même en plusieurs occasions que son approche et celle de Burton étaient très incomplètes car purement cinétiques, et qu'elles furent développées indépendamment de la thermodynamique des systèmes ouverts alors naissante :

Moi-même, le Canadien Burton et d'autres ont développé une généralisation de la cinétique incluant les phénomènes biologiques sous le concept de système ouvert. *En parallèle*, une généralisation de la théorie thermodynamique, connue sous le nom de thermodynamique de l'irréversible, fut développée par Onsager, Meixner, Prigogine, Haas et d'autres².

Il s'agit ici de considérer cette thermodynamique du point de vue de ses apports aux réflexions de Bertalanffy et de leur pertinence.

2-6-2-1 – *L'avènement de la thermodynamique des processus irréversibles*

Dans la thermodynamique classique telle qu'indiquée par Carnot et fondée par Clausius, l'accroissement élémentaire dS de l'entropie d'un système au cours d'un intervalle de temps dt est exprimé comme une fonction de la température absolue T , de la chaleur reçue dQ et de la chaleur dite « non compensée » dQ' au cours de cet intervalle de temps par :

$$dS = \frac{dQ}{T} + \frac{dQ'}{T}$$

La chaleur dQ' , strictement positive, est ici le produit de processus irréversibles internes au système. Le second principe de la thermodynamique exprime la nécessité d'un accroissement d'entropie au cours d'une transformation adiabatique (où $dQ = 0$), donc pour un système n'échangeant ni matière, ni énergie avec son environnement. Pendant longtemps, les études thermodynamiques furent en général limitées aux processus réversibles et aux situations d'équilibre, la « chaleur non compensée » étant tenue pour nulle. Si d'aventure on sortait d'une situation d'équilibre, on se limitait à utiliser la stricte positivité de dQ' sans chercher à la calculer. Et le cas des échanges de matière avec l'environnement n'était pas envisagé³. Il s'agit d'un cas où la validité du second principe n'est pas *a priori* assurée, puisque la variation d'entropie liée aux échanges entre le système et son environnement doit alors prendre en compte le transport de masse, la possibilité de sa négativité laissant envisager celle d'une décroissance de l'entropie totale dans un système ouvert, pourvu qu'elle soit en valeur absolue supérieure à la « chaleur non compensée »⁴. Même sans que ce problème ne soit concerné, les insuffisances de la thermodynamique classique devinrent vite manifestes en chimie, où les transformations étudiées sont souvent irréversibles et où certaines notions essentielles telles que celles de chaleur ou de vitesse de réaction n'ont de sens que lorsque le système n'est pas en équilibre. Dans tous les cas de systèmes présentant des gradients de température, l'application des principes classiques se heurtait à des difficultés. Un domaine comme l'électrochimie résistait à tout exposé cohérent, des principes « extrathermodynamiques » devant être invoqués dès que les systèmes étudiés présentaient des gradients de concentration. Prigogine ne fut sûrement pas le premier à faire ce constat :

La thermodynamique classique constitue une doctrine admirable sans aucun doute, mais *fragmentaire*, et ce caractère fragmentaire provient de ce qu'elle n'est applicable qu'aux états d'équilibre des systèmes fermés. *Il faut dès lors chercher à fonder une théorie plus vaste qui englobe à la fois états de non-équilibre et états d'équilibre*⁵.

¹ Bierman A. (1954), pp. 99-100.

² Bertalanffy L. von (1964b), p. 2. Les italiques me sont propres. Voir aussi (1949e), pp. 121-122 ; (1950b), pp. 155-156 : « J'ai avancé depuis 1932 la conception de l'organisme comme système ouvert et établi certains principes cinétiques généraux ainsi que leurs implications biologiques. Des recherches similaires ont été faites par Burton, Dehlinger et Wertz, Skrabal, Reiner et Spiegelman, Denbigh et d'autres. La thermodynamique des systèmes ouverts a été développée par Prigogine » ; (1954a), p. 362 : « Burton et moi-même avons été parmi les premiers à développer certains principes de la cinétique des systèmes ouverts [...] En thermodynamique, la phase la plus récente est caractérisée par sa généralisation aux processus irréversibles et aux systèmes ouverts, principalement due aux travaux pionniers de l'école belge, de Donder, Onsager, Prigogine et d'autres [Denbigh, de Groot référés en note] ».

³ Prigogine I. (1947), pp. 1-2; Päsler M., in Planck M. (1930, 1964), pp. 302-303.

⁴ Prigogine I. & Wiame J.M. (1946), p. 452 ; Prigogine I. (1947), p. 2 ; De Groot S.R. (1951), pp. 8-9 ; Bierman A. (1954), p. 98.

⁵ Prigogine I. (1947), pp. 4-5.

Les premiers travaux dans cette direction datent de la fin du XIX^e siècle, avec ceux que le physicien polonais Wladyslaw Natanson consacra en 1896 au développement d'une conceptualisation et d'un formalisme adéquats pour prendre en compte le traitement de la « chaleur non compensée ». Dans les années 1910 et 1920, plusieurs physiciens et physico-chimistes montrèrent la possibilité d'un calcul explicite de cette chaleur. Ainsi Duhem réalisa-t-il de tels calculs en 1911 pour des problèmes de conductibilité thermique et de viscosité. De Donder en fit de même dans la décennie 1927-1936 avec une série d'études consacrées à l'affinité chimique, où un procédé de calcul explicite de la « chaleur non compensée » relative à une réaction chimique fut exposé. Parallèlement, le physicien autrichien Gustav Jaumann, un élève de Mach, et plusieurs de ses assistants tels qu'Erwin Lohr, consacrèrent entre 1911 et 1927 maints travaux au développement et aux applications de plusieurs concepts qui se révélèrent par la suite essentiels : ceux de flux d'entropie et de production d'entropie¹. Mais ces travaux n'attirèrent guère l'attention : le développement de la thermodynamique des processus irréversibles ne devint vraiment significatif que dans les années 1930 et 1940. L'école fondée par De Donder en Belgique y joua un rôle central, une tentative de théorie thermodynamique des systèmes ouverts publiée dès 1936 par Georges van Leberghe et Peter Glansdorff devant en particulier être relevée, en dépit de son caractère insatisfaisant². D'autres contributions contemporaines importantes furent issues de travaux plus isolés – telles celles de Bridgman aux États-Unis ou celles de Josef Meixner en Allemagne. Celles d'Onsager jouèrent un rôle particulièrement éminent, servant de fondement théorique à tous les développements ultérieurs. Un résumé en est fourni dans l'annexe 2-6-2-2(a). Même s'il n'est pas parfaitement général du fait qu'il ne s'applique qu'à des processus lents et lorsque le système n'est pas trop éloigné de l'équilibre thermodynamique, le « théorème de réciprocité » énoncé par le Norvégien a un large spectre d'applicabilité ; son importance pour le développement de la thermodynamique des processus irréversibles fut vite reconnue, certains tels que M. Pläsner et de Groot en venant à le qualifier de « quatrième principe de la thermodynamique »³.

Les résultats qui, dans les années 1940, focalisèrent l'intérêt de Bertalanffy et de tous les chercheurs dans ce domaine pendant près d'une décennie, furent ceux obtenus par Prigogine⁴, qui les publia en 1946 et en 1947. Le fameux « théorème de Prigogine », d'abord, semblait répondre précisément à la question posée par Bertalanffy de savoir comment caractériser thermodynamiquement l'« équilibre de flux » des systèmes ouverts, d'une manière analogue à celle qui permet de caractériser les véritables équilibres survenant dans les systèmes fermés. La grandeur par laquelle y parvint Prigogine en se fondant sur la théorie d'Onsager était la « production d'entropie » σ , exprimée au moyen des « flux » $(J_i)_{1 \leq i \leq n}$ et des « forces » $(X_i)_{1 \leq i \leq n}$ à l'œuvre dans le système étudié par :

$$\sigma = \sum_{k=1}^n J_k X_k$$

Le théorème de Prigogine énonce alors : lorsqu'un système caractérisé par n « forces » indépendantes $(X_i)_{1 \leq i \leq n}$ est maintenu dans un état où les $(X_i)_{1 \leq i \leq k}$ sont fixes (avec $k < n$) et de production minimale d'entropie, les « flux » $(J_i)_{k+1 \leq i \leq n}$ disparaissent. Autrement dit, l'« état stationnaire » correspond à un « *minimum de production d'entropie* ». La démonstration de ce théorème, fournie par Prigogine dans le cas d'un paramètre fixe (« état stationnaire d'ordre 1 ») et généralisée ensuite par de Groot (aux « états stationnaires d'ordre k »), est relativement aisée au moyen des « relations de

¹ Prigogine I. (1947), p. 3 et Päsler M., in Planck M. (1930, 1964), p. 304. Voir aussi Meixner J. (1943), pp. 244-245 et Bierman A. (1954), pp. 98-99. Si U désigne l'énergie interne par unité de volume et \vec{W} le flux de chaleur, on montre que U est solution de l'équation :

$$\frac{dU}{dt} + \text{div } \vec{W} = 0$$

Compte tenu de la relation $dS = \frac{dU}{T}$ (variation d'entropie par unité de volume), on en déduit une « équation de continuité » pour l'entropie qui revient à la « concrétiser » comme une sorte de substance non conservée :

$$\frac{dS}{dt} + \text{div } \frac{\vec{W}}{T} = -\frac{1}{T^2} \vec{W} \cdot \overrightarrow{\text{grad}}(T) = \sigma$$

On appelle alors $\frac{\vec{W}}{T}$ le « flux d'entropie », σ la « production locale d'entropie » et $T\sigma$ la « dissipation d'énergie ». Voir plus loin et dans l'annexe 2-6-2-2(a) les expressions de ces quantités au moyen des « flux » et des « forces » à l'œuvre dans le système étudié.

² Prigogine I. (1947), p. 6.

³ De Groot S.R. (1951, 1960), p. 4 et Pläsner M., in Planck M. (1930, 1964), p. 331.

⁴ Prigogine I. & Wiame J.M. (1946) et Prigogine I. (1947).

réciprocité » d'Onsager. Elle est fournie dans l'annexe 2-6-2-2 (b). Prigogine exhiba maints exemples de sa validité, établissant en particulier l'équivalence, dans le cas de réactions chimiques proches de l'équilibre, entre la condition d'annulation des dérivées des concentrations (correspondant à un « état stationnaire ») et celle d'un minimum de « production d'entropie ».

Par ailleurs, l'accroissement d'entropie dS dans un intervalle de temps dt s'exprime sous la forme $dS = d_e S + d_i S$, où $d_i S$ est l'entropie produite par les processus irréversibles et $d_e S$ l'apport d'entropie lié aux échanges avec l'environnement. C'est-à-dire qu'on a aussi :

$$\frac{dS}{dt} = \frac{d_e S}{dt} + \frac{d_i S}{dt}$$

La production d'entropie $\sigma = d_i S/dt$ est strictement positive, donc à l'« état stationnaire » caractérisé par la nullité des deux termes de l'égalité, $d_e S/dt < 0$ avec compensation exacte des deux composantes de l'accroissement d'entropie. Mais Prigogine vit que cette inégalité peut être valide au cours du processus menant à l'« état stationnaire », de telle sorte que celui-ci corresponde finalement à une entropie inférieure à celle correspondant à l'état initial : il remarqua qu'une telle diminution de l'entropie se produit spontanément dès qu'une augmentation de « l'hétérogénéité » du système est la seule voie pour atteindre le minimum de « production d'entropie », et pointa des cas tels que l'effet Knudsen où elle peut effectivement être observée¹. Ce qui ne pouvait qu'interpeller Bertalanffy du point de vue du lien qu'il cherchait à établir entre ses deux « principes » théoriques « organismiques ».

Il en allait de même d'un résultat complémentaire établi par Prigogine pour les « états stationnaires d'ordre 1 » et là encore généralisé par de Groot à ceux « d'ordre k » ; d'autant plus que Prigogine en avait explicitement fait une propriété caractéristique des systèmes ouverts. Il s'agit de l'extension du « principe de modération » de Le Châtelier aux états de « production minimale d'entropie », qui rejoignait donc sur le terrain de la thermodynamique les considérations cinétiques du Viennois sur les capacités d'autorégulation dans les systèmes ouverts. L'idée de généraliser le principe de Le Châtelier (formulé dans le seul cadre de la chimie physique et pour les états d'équilibre thermostatique) n'était certes pas neuve, même chez les physiiciens : elle fit par exemple l'objet, en 1934, de la dernière contribution de Planck à la thermodynamique². Mais Prigogine et de Groot furent les premiers à en formuler une généralisation aux processus irréversibles : ils montrèrent que « les états stationnaires à production d'entropie minimale sont généralement stables, c'est-à-dire que la modification d'une des variables caractérisant cet état entraîne en général au sein du système une transformation qui, si elle se produisait seule, amènerait une modification en sens contraire de cette variable ». En d'autres termes, ils établirent que le principe de Le Châtelier n'est « pas seulement applicable aux états d'équilibre stables », en particulier aux systèmes fermés (ceux où les états de « production minimale d'entropie », laquelle est nulle en l'occurrence, sont nécessairement des états d'équilibre), mais qu'il « s'étend encore aux systèmes sièges de phénomènes irréversibles », au premier chef aux systèmes ouverts, « à condition qu'ils soient dans un état stationnaire à production minimale d'entropie »³. Il faut souligner que les démonstrations fournies par Prigogine et de Groot, reprises dans l'annexe 2-6-2-2(c), reposaient sur les relations d'Onsager : ce « détail » a son importance dans les discussions biophilosophiques qui furent suscitées par ces résultats.

2-6-2-2 – La pertinence douteuse du « théorème de Prigogine » pour la biologie

La première publication où Prigogine les exposa fut titrée « Biologie et thermodynamique des processus irréversibles » : toutes les considérations précédentes y étaient d'emblée effectuées avec en ligne de mire leur portée pour la théorie physique des organismes vivants. Et c'est en bonne connaissance des thèses « organismiques » de Bertalanffy que Prigogine s'empessa avec Jean M. Wiame de chercher à réinterpréter thermodynamiquement certains phénomènes que le Viennois avait mis au cœur de ses réflexions. Du point de vue de l'organisme individuel, l'idée était d'identifier le métabolisme comme principale source de production d'entropie et l'état de « production minimale d'entropie » comme un état de « métabolisme minimal ». La diminution de l'intensité du métabolisme

¹ Prigogine I. & Wiame J.M. (1946), p. 452 et Prigogine I. (1947), pp. 7-8 et pp. 60 sq. (chapitre VI) ; de Groot S.R. (1951, 1960), p. 186.

² Voir Planck M. (1934, 1964), pp. 266-279.

³ Prigogine I. (1947), pp. 44-59 en particulier ; Prigogine I. & Wiame J.M. (1946), p. 452 ; Van Rysselberghe P. (1948), p. 62 ; De Groot S.R. (1951, 1960), pp. 180-187 ; Katschalsky A. & Curran P.F. (1965), pp. 231-233.

au cours de l'accroissement de taille s'interprétait dès lors comme une décroissance de la production d'entropie, le terme de la croissance organique devant être pensé comme l'expression du minimum de « production d'entropie » par unité de masse. La période de croissance serait de plus une période de décroissance de l'entropie du système ouvert organique, qui s'exprime par son organisation (donc son « hétérogénéité ») croissante. Par-delà l'organisme individuel, c'est toute l'évolution biologique qui se trouvait réinterprétée par Prigogine et Wiame dans le cadre de la thermodynamique des systèmes ouverts ; l'« anamorphose » phylogénétique pointée par Bertalanffy se retrouvait présentée comme l'expression d'un processus nécessaire de minimisation de la « production d'entropie » :

L'acquisition de structures plus complexes, d'une organisation plus perfectionnée (donc de diminution d'entropie du système) serait subordonnée à la diminution de la production d'entropie, donc à une économie métabolique par unité de poids de l'organisme. Nous sommes ainsi conduits à suggérer une interprétation physico-chimique de la conception lamarckienne de l'évolution. Lamarck considérait l'évolution des êtres vivants comme étant essentiellement la conséquence d'une *tendance intrinsèque* de la matière vivante vers la « complication ». Ici cette tendance résulte de la modification de la production d'entropie, c'est-à-dire en somme de l'évolution du métabolisme. Cette dernière apparaît elle-même comme une conséquence de lois thermodynamiques générales régissant le comportement des systèmes sièges de phénomènes irréversibles¹.

Néanmoins, plusieurs physico-chimistes et biophysiciens ne tardèrent pas à démontrer le caractère injustifié de telles spéculations en pointant le fait que le théorème de Prigogine et ses conséquences reposent sur des hypothèses relativement restrictives limitant significativement leur généralité et qui, en tout état de cause, leur interdisent d'être pertinents dans le contexte biologique. Le problème, sur lequel Denbigh semble avoir été le premier à insister, est que leur spectre de validité est conditionné par celui du théorème d'Onsager. Ce qui implique que tous les résultats énoncés par Prigogine (et par de Groot à sa suite) ne s'appliquent *a priori* qu'aux systèmes proches de l'équilibre thermodynamique où « flux » et « forces » sont linéairement liés par les « équations phénoménologiques », avec des « coefficients phénoménologiques » constants et indépendants des « forces ». Denbigh montra justement en 1951 que la condition de linéarité exprimée par les « équations phénoménologiques » n'est déjà pas satisfaite dans le cas des réactions chimiques où les « forces » thermodynamiques sont des différences de potentiels chimiques, lesquelles sont linéaires non pas en les concentrations, mais en leurs logarithmes, tandis que les taux de réaction sont des fonctions linéaires des concentrations : ces taux sont alors linéaires en les exponentielles des « forces » thermodynamiques et ne peuvent être exprimés conformément aux « équations phénoménologiques » que lorsque les concentrations approchent de leurs valeurs à l'équilibre. Par ailleurs, la constance des « coefficients phénoménologiques » se révéla n'être dans la plupart des cas qu'une approximation plus ou moins acceptable². Quant à l'ambition de transposer le théorème de Prigogine et ses conséquences aux systèmes biologiques, elle se heurtait plus manifestement encore au défaut de vérification des hypothèses nécessaires à leur validité, la rapidité des processus métaboliques n'étant guère compatible avec les « équations phénoménologiques » et les êtres vivants étant loin d'être dans des états voisins de l'équilibre thermodynamique. Cette ambition apparut vaine en 1957 lorsque fut démontré que le théorème de Prigogine peut être mis en défaut dès qu'existent des couplages rétroactifs, des mécanismes de « *feedback* » entre certains paramètres du système étudié (la démonstration en fut faite sur des circuits électriques) : de tels couplages semblaient être la règle dans les organismes vivants³.

2-6-2-3 – La relation de Bertalanffy à la thermodynamique des processus irréversibles

Bertalanffy prit connaissance des développements de la thermodynamique des processus irréversibles vers 1948. De très nombreuses références y sont faites dans ses publications de la période 1949-1954 et il suivit en particulier de près les débats suscités par les travaux de Prigogine. Le caractère soutenu de cette attention se manifeste par l'exposé synthétique mais assez complet de ces développements et de ces débats qu'il intégra dans son essai publié en 1953 sur la « biophysique de l'équilibre de flux ». Mais ce même essai marque aussi une transition, entamée dès la fin 1951, entre

¹ Prigogine I. & Wiame J.M. (1946), p. 453. Voir aussi de Groot S.R. (1951, 1960), pp. 188-189.

² Lettre de Denbigh K.J. à Bertalanffy L. von (05/12/1951), *Archives du B.C.S.S.S.* ; Bierman A. (1954), pp. 98-99 ; Foster C., Rapoport A. & Trucco E. (1957), pp. 16-19 et p. 26 ; Katschalsky A. & Curran P.F. (1965), p. 231 et pp. 234-235.

³ Foster C., Rapoport A. & Trucco E. (1957).

une période d'enthousiasme nourri par le théorème de Prigogine, ses conséquences et les spéculations qu'il suscita, et une période qui dura jusqu'à la fin de sa vie où Bertalanffy chercha moins à suivre les progrès en cours de la thermodynamique des processus irréversibles et à s'y investir lui-même qu'à y chercher une caution physico-théorique à sa philosophie « organismique » de la biologie, essentiellement eu égard à la connexion entre ses deux schèmes théoriques « organismiques »¹.

La première période fut en particulier marquée par une revue de la *Thermodynamique des phénomènes irréversibles* de Prigogine, que Bertalanffy publia dans *Nature* début 1949 et par laquelle il contribua à faire connaître les travaux du physico-chimiste. Tout en soulignant « l'importance exceptionnelle » et le caractère « pionnier » des travaux de ce dernier « tant pour la physique que pour la biologie », il s'agissait surtout pour lui de faire connaître ses propres travaux sur le Nouveau Continent où il s'apprêtait à émigrer, en insistant sur l'antériorité de certaines de ses idées par rapport à Prigogine. Une antériorité que le physico-chimiste ne contesta jamais, puisqu'il s'était lui-même appuyé sur Bertalanffy. Celui-ci, en reconnaissant que la thermodynamique en question avait « complété » son approche cinétique et « élargi » la problématique de la théorie des systèmes ouverts, valorisait simultanément l'intérêt de ses propres contributions². Sa conclusion laissait même entendre, certes avec une part de vérité et en accord avec sa conception des rapports entre physique et biologie, mais en laissant surtout poindre une haute idée de l'apport de sa biologie « organismique », que celle-ci aurait en fin de compte catalysé le développement de la thermodynamique en question :

La nouvelle thermodynamique montre non seulement la nécessité pour la théorie biologique d'être fondée sur la physique, mais aussi que des points de vue biologiques peuvent également ouvrir de nouvelles voies dans la théorie physique³.

Ailleurs, il n'hésita pas même à affirmer la même année que sa « théorie des systèmes ouverts » avait « inauguré un domaine complètement nouveau en physique », faisant là encore explicitement référence à cette thermodynamique⁴. Celle-ci ne lui servait toutefois bien sûr pas seulement de faire-valoir. Bertalanffy admettait alors sans le recul critique nécessaire une portée considérable du théorème de Prigogine pour la philosophie biologique, sur laquelle il ne se lassa pas d'insister dans la plupart de ses publications des années 1949 et 1950. Ce faisant, il faisait siennes les vues que Prigogine lui-même et certains de ses disciples tels que van Rysselberghe⁵ avaient développées depuis 1946, tout en faisant du théorème en question un fondement physique de principe à la connexion entre ses deux schèmes théoriques « organismiques » ; comme s'il avait enfin trouvé avec lui la clef de voûte si longtemps recherchée de l'édifice biothéorique élaboré depuis la fin des années 1920 :

Tandis que dans les systèmes fermés l'événement est déterminé par l'augmentation d'entropie, le processus irréversible dans les systèmes ouverts ne peut être caractérisé par l'entropie ou par un autre potentiel thermodynamique. L'état stationnaire vers lequel tend le système est plutôt défini par un minimum de production d'entropie. Il en résulte le point de vue révolutionnaire selon lequel dans un système ouvert évoluant vers un état d'équilibre de flux, une diminution d'entropie et une transition spontanée vers un état de plus grande hétérogénéité et de plus grande complexité peuvent survenir. Ce moment pourrait bien être d'une signification fondamentale pour la compréhension de l'élévation du degré de multiplicité que nous observons dans l'ontogenèse et la phylogenèse.

Les équilibres de flux dans les systèmes ouverts ne sont pas définis par un maximum d'entropie, mais par un minimum de production d'entropie. L'entropie peut décroître dans de tels systèmes et les équilibres de flux avec minimum de production d'entropie sont en général stables. Aussi, si l'une des variables du système est altérée, le système manifeste des changements dans la direction opposée. Le principe de Le Châtelier vaut non seulement pour des systèmes fermés, mais aussi pour des systèmes ouverts [...] Les systèmes ouverts peuvent donc spontanément se développer vers des états de plus grande hétérogénéité et complexité. La caractéristique thermodynamique des organismes en tant que systèmes ouverts est probablement au fondement de l'apparente opposition entre catamorphose dans la matière inanimée et anamorphose dans la nature vivante⁶.

¹ Bertalanffy L. von (1953c), pp. 39-48.

² Sur ce point, voir surtout Bertalanffy L. von (1949b), p. 122 et (1949e), p. 121.

³ Bertalanffy L. von (1949c), p. 384.

⁴ Bertalanffy L. von (1949e), p. 122.

⁵ Voir Rysselberghe P. van (1948).

⁶ Bertalanffy L. von (1949e), p. 122 et (1950a), p. 26 respectivement. Voir aussi (1949c), p. 384 ; (1950b), p. 163 et (1951b), p. 310.

Pour Bertalanffy, la thermodynamique des processus irréversibles parachevait de la sorte sa propre entreprise de destruction à leur racine des arguments vitalistes :

Ce sont les caractéristiques particulières et supposées vitalistes des phénomènes biologiques qui apparaissent sous un nouveau jour dans la théorie des systèmes ouverts. J'ai déjà posé en 1929 le principe de la conservation de l'équilibre de flux et celui de la transition vers une complication plus grande comme caractéristiques générales du monde vivant. Ce sont exactement ces caractéristiques qui ont leur pivot dans la cinétique et la thermodynamique des systèmes ouverts. L'équifinalité, que Driesch mit en avant comme « première preuve » du vitalisme, est une conséquence des conditions d'équilibre de flux. De manière similaire, l'autorégulation dans le métabolisme était considérée comme seulement explicable par une entéléchie, mais ses principes généraux sont des conséquences des lois des équilibres de flux. L'anamorphose contredit la thermodynamique classique, mais est en accord avec la thermodynamique des systèmes ouverts. L'auto-multiplication des unités biologiques élémentaires telles que les gènes et les chromosomes fut livrée par Driesch comme une « seconde preuve » du vitalisme. Alors que si l'hypothèse que j'ai avancée est correcte, ce phénomène devrait aussi être une conséquence du fait que ces unités sont des systèmes métabolisants¹.

Mais les convictions de Bertalanffy furent quelque peu ébranlées lorsqu'il reçut fin 1951 une lettre de Denbigh accompagnée d'une copie de son essai récemment publié sur la « thermodynamique du *steady state* ». C'est Denbigh lui-même qui, après avoir pris connaissance de ses positions quelques semaines auparavant, lui fit part du manque notoire de généralité du théorème de Prigogine :

Dans le dernier chapitre de mon livre, il y a du matériel qui devrait vous intéresser. Il y est montré que l'état stationnaire d'un système ouvert de réactions n'est *pas*, en général, un état de création minimale d'entropie. Un tel énoncé n'est *exact* que dans les conditions de l'équilibre, il est *grossièrement* vrai lorsque l'équilibre de flux [*steady state*] est très proche de l'équilibre, mais il est *très inexact* lorsque l'équilibre de flux est de manière appréciable éloigné de l'équilibre [...] Dans certains calculs numériques non encore publiés, j'ai démontré que l'erreur peut être particulièrement grande. La raison, bien sûr, est que le taux de réaction chimique n'est pas proportionnel à l'affinité excepté lorsqu'on est très proche de l'équilibre, qu'il est plus étroitement lié aux concentrations. A cet égard, la réaction chimique diffère des processus de transport, et les théories de Prigogine reliant le minimum de production d'entropie à l'équilibre de flux sont pour elle tout-à-fait incorrectes².

Bertalanffy lui répondit qu'il avait apprécié la lecture de son essai, en lui demandant de fournir les détails de ses calculs et s'il pensait que l'on peut malgré tout caractériser l'équilibre de flux des systèmes ouverts par une condition d'optimalité. Denbigh le renvoya à un article où il venait de publier ces détails et lui fit ce commentaire qui n'avait rien pour réjouir son correspondant :

En général, le taux de création d'entropie n'est pas à un minimum à l'équilibre de flux d'un système ouvert de réactions. Il est bien sûr assez facile de créer une nouvelle fonction mathématique qui ait cette propriété d'être minimale à l'équilibre de flux, mais elle ne semble pas avoir la moindre signification physique et je n'ai jusqu'à présent rien publié dans cette perspective³.

Le désappointement se manifesta dès 1953 dans les publications de Bertalanffy, désormais plus modéré dans son jugement. Tout en persistant à voir dans la thermodynamique des processus irréversibles une « promesse pour la biologie », il la présentait désormais comme un « continent à explorer », un « domaine encore bien loin de former une théorie close », avec une note d'impuissance :

Denbigh a démontré que l'affirmation de Prigogine selon laquelle les systèmes ouverts tendent vers un équilibre de flux correspondant à un minimum de production d'entropie ne vaut que dans certains cas assez particuliers. Sa dérivation tient et tombe avec le postulat de linéarité des relations phénoménologiques entre flux et forces. Aussi vaut-elle pour les phénomènes de transport du type de l'effet Knudsen ou la thermodiffusion, mais pas pour les réactions chimiques dans les systèmes ouverts [...] Denbigh a démontré que la différence entre les concentrations correspondant à un minimum de production d'entropie et celles correspondant à l'équilibre de flux sont considérables. Un minimum de production d'entropie ne caractérise donc pas l'équilibre de flux dans les systèmes ouverts et il semble provisoirement qu'aucune définition thermodynamique ne puisse être fournie⁴.

¹ Bertalanffy L. von (1951b), p. 310.

² Lettre de Denbigh K.G. à Bertalanffy L. von (05/12/1951), *Archives du B.C.S.S.S.*

³ Lettre de Denbigh K.G. à Bertalanffy L. von (28/05/1952), *Archives du B.C.S.S.S.* Bertalanffy lui avait écrit le 9 mai.

⁴ Bertalanffy L. von (1953c), p. 46 et p. 7.

Ce type de commentaire, rédigé en 1953, revint régulièrement par la suite, jusqu'à la fin des années 1960. Bertalanffy n'y cachait aucunement son espoir déçu :

Nous ne disposons pas, à présent, d'une caractérisation thermodynamique de l'équilibre de flux dans les systèmes ouverts similaire au maximum d'entropie caractérisant l'équilibre dans les systèmes fermés. On a cru pendant un temps que le minimum de production d'entropie fournirait une telle caractérisation – un énoncé connu comme le « théorème de Prigogine ». Mais puisqu'il est toujours pris comme une vérité par certains biologistes (par exemple Stoward en 1962), il faut malheureusement souligner que le théorème de Prigogine n'est valable que sous des conditions plutôt drastiques qui ne semblent pas s'appliquer aux systèmes biologiques en développement¹.

Dans l'un des derniers articles qu'il publia, Bertalanffy exprima clairement l'absence de réponse scientifique aux problèmes qu'il avait soulevés avec son modèle « organismique » :

Il va de soi que nous n'avons pas, loin s'en faut, résolu tous les problèmes. La thermodynamique, qu'il s'agisse de la thermodynamique classique des systèmes fermés ou de la thermodynamique irréversible des systèmes ouverts, ne nous dit jamais que ce qui peut se passer dans un système, ce qui y est permis [...] Et le problème de l'organisation progressive, la tendance néguentropique, de l'évolution des organismes simples aux organismes compliqués, reste à présent non résolu. Des développements sont nécessaires, dont on peut supposer qu'ils viendront d'une synthèse entre la thermodynamique de l'irréversible, la théorie de l'information et les lois de la biologie moléculaire².

Bertalanffy ne jugea pas pour autant nécessaire de suspendre son jugement biophilosophique : reconnaître l'absence d'une caractérisation thermodynamique effective de l'« équilibre de flux » dans les systèmes ouverts ne l'empêcha pas, jusque dans ses dernières publications, de maintenir comme des principes cardinaux de sa philosophie « organismique » ceux auxquels il avait, par sa découverte de la thermodynamique des processus irréversibles, abouti entre 1949 et 1951 en conclusion de son propre cheminement initié vingt ans auparavant. La force de ces principes était néanmoins considérablement amoindrie et les progrès réalisés par rapport à sa « théorie des systèmes ouverts » de 1940 en fin de compte bien maigres, puisqu'il ne s'agissait encore que d'arguments portant sur ce qui est *possible* pour l'organisme en tant que système ouvert, et non sur ce qui est *nécessaire* :

Nous ne disposons actuellement pas d'une définition thermodynamique de l'équilibre de flux, qui ne peut être défini que cinétiquement. Néanmoins, l'entropie *peut* décroître dans des systèmes ouverts du fait de l'import d'énergie libre ou entropie négative. De sorte que de tels systèmes *peuvent* spontanément se développer vers une plus grande hétérogénéité et complexité. De cette manière, beaucoup de violations supposées des lois physiques dans les systèmes vivants n'existent pas, ou plutôt disparaissent avec la généralisation de la théorie physique³.

Une anamorphose contredit certes la thermodynamique classique des systèmes fermés, mais elle est tout-à-fait *permise* et *possible* dans des systèmes ouverts [...] Le bilan entropique du système ouvert « organisme » *peut* fort bien être nul ou négatif ; c'est-à-dire que l'organisme a la *possibilité* de maintenir son degré d'ordre, voire de transiter vers un degré d'ordre supérieur⁴.

Du point de vue de la thermodynamique, les systèmes ouverts *peuvent* se maintenir dans un état de plus grande improbabilité statistique, d'ordre et d'organisation. Le fondement en est que dans les systèmes ouverts n'entre pas seulement en compte la production d'entropie par des processus irréversibles à l'intérieur du système, mais aussi le transport d'entropie. Celui-ci est conditionné par l'import de matière en tant que porteuse potentielle d'énergie libre ou entropie négative. Pour cette raison, les systèmes ouverts *peuvent* même évoluer vers une différenciation et une organisation croissantes, comme c'est le cas dans les phénomènes biologiques de développement et d'évolution⁵.

L'essentiel semble en fin de compte avoir été pour Bertalanffy d'assurer ainsi la possibilité d'une biophilosophie et d'un programme « organismiques » cohérents et pertinents. Toujours est-il qu'il ne se consacra plus à la biophysique des systèmes ouverts à partir de 1953.

¹ Bertalanffy L. von (1964d), p. 12 et (1967a), p. 76. Voir aussi (1954a), p. 363.

² Bertalanffy L. von (1970c), pp. 22-23.

³ Bertalanffy L. von (1954a), p. 363. Voir aussi (1953c), p. 48. Les italiques me sont propres.

⁴ Bertalanffy L. von (1957d), p. 115. Les italiques me sont propres.

⁵ Bertalanffy L. von (1968d), pp. 77-78. Les italiques me sont propres.

2-7 – Conclusion de la seconde partie : les véhicules du projet de « systémologie générale » de Bertalanffy

Le projet de « systémologie générale » de Bertalanffy ne fut pas l'aboutissement d'une trajectoire intellectuelle linéaire. Il n'est pas progressivement né dans l'esprit d'un biologiste innovant qui, au fur et à mesure de l'avancée de ses recherches, aurait découvert que les approches et méthodes originales qu'il développait dans sa discipline autour du concept de système pouvaient être étendues à l'ensemble des disciplines scientifiques confrontées comme elle aux problématiques associées à ce concept. Mais il n'est pas non plus d'emblée né des lubies d'un spéculateur immodéré, lequel se serait ensuite vaguement efforcé de puiser dans les constructions scientifiques de son époque la matière à fonder son discours. La réalité est en quelque sorte intermédiaire. Les ascendances intellectuelles de Bertalanffy l'amènèrent certes d'emblée, c'est-à-dire dès la seconde moitié des années 1920 et en particulier dans sa thèse doctorale, à développer certains concepts et schèmes de pensée caractéristiques de ce qui allait devenir sa « systémologie générale ». Mais ce n'est qu'au contact approfondi des problèmes biologiques, vers lesquels le philosophe qu'il était avant tout fut logiquement conduit à se diriger activement compte tenu de sa problématique générale, que Bertalanffy put développer et sophistiquer ce qui n'était au fond qu'une intuition originelle. Par ailleurs, son cheminement spécifique n'aurait pas été possible sans sa formation philosophique et son constant intérêt pour la théorie de la connaissance. L'entreprise de constitution d'un holisme scientifique qui caractérise l'œuvre de Bertalanffy et dont la formulation du projet « systémologique » général fut l'aboutissement en 1937, fut structurée autour de ces deux pôles que furent une théorie « perspectiviste » de la connaissance d'inspiration essentiellement néo-kantienne et l'édification d'une biologie « organismique » dont il s'efforça non seulement de préciser la philosophie, mais aussi de définir le programme et de mener à bien au moins partiellement l'actualisation sous la forme de théories de phénomènes biologiques spécifiques.

Le plus souvent négligé lorsqu'il ne fut pas mal interprété par ses commentateurs, le perspectivisme de Bertalanffy joua un rôle « souterrain » essentiel dans l'élaboration de ses conceptions « systémologiques ». S'il ne fut jamais systématisé au cours de la période d'avant-guerre qui fut celle de la genèse de son projet « systémologique » général, cette théorie de la connaissance n'en opéra pas moins de part en part dans l'ensemble des réflexions du Viennois, ce dernier en ayant d'ailleurs fourni de manière éparse presque tous les éléments dans ses publications de la période 1926-1937. Son perspectivisme fut forgé au contact de multiples influences dont les plus saillantes furent avant-guerre les diverses variantes d'idéalisme critique et de positivisme, les nombreux débats philosophiques suscités par les (r)évolutions de la physique moderne depuis le dernier tiers du XIX^e siècle, ainsi que la forme spécifique des méthodologies et des concepts développés dans certains courants des sciences sociales alors très influents dans le monde germanophone, incarnés notamment par des figures comme Dilthey, Simmel, Weber et Spengler. Il se caractérise comme une théorie constructiviste, évolutionniste et génétique de la connaissance, soucieuse bien que Bertalanffy y puisa une part de son inspiration, de ne pas verser dans les excès relativistes du conventionnalisme, du pragmatisme et du culturalisme ; une théorie qui cherchait à préserver une notion d'objectivité au prix de sa réinterprétation comme terme d'un processus de mise au jour d'invariants structuraux : dès les années 1930 se dessinent les contours d'une convergence de Bertalanffy avec le mouvement structuraliste né à la même époque. Elle ne deviendra consciente qu'après-guerre.

Son perspectivisme se manifesta d'abord par la place éminente que le Viennois, luttant contre l'empirisme dogmatique, accorda à la pensée théorique, en sciences en général et en biologie en particulier : que ce soit en tant que réflexion critique sur les concepts et les méthodes ou en tant que construction hypothético-déductive subsumant un domaine phénoménal sous des principes et des lois, elle devrait toujours guider l'expérience, la science n'étant que l'ombre d'elle-même si, pour reprendre les fameux mots de Kant, elle entreprend au contraire de se laisser « guider par elle comme à la laisse ». Mais son perspectivisme amena nécessairement Bertalanffy à revisiter le concept de théorie, puisqu'il faisait de l'interprétativité un principe cardinal de toute cognition et du « modèle » l'« essence de toute connaissance en général » : la science se comprenait chez lui comme une activité d'interprétation du monde phénoménal culminant non pas dans un illusoire décalque d'une réalité indépendante du sujet connaissant, mais dans des « modèles théoriques » qui, conformément à certains

biais (y compris métaphysiques) de ce sujet plus ou moins conscients et nécessaires, saisissent certains aspects privilégiés du monde phénoménal dans des constructions rationnelles de type hypothético-déductif, idéalement mathématiques, dont l'objectivité est conquise par un patient travail démontrant leur capacité à appréhender certaines invariances relationnelles et à prévoir des phénomènes inconnus.

C'est dans ce cadre perspectiviste que Bertalanffy put entreprendre la réhabilitation « sous une forme critique » de formes holistiques de pensée, réhabilitation dont les motifs et sources philosophiques, scientifiques, idéologiques et moraux ont été exposés dans la première partie. Il s'agissait d'élaborer le « système » comme schème holistique d'interprétation théorique alternatif crédible aux formes méristiques d'appréhension du monde phénoménal, lesquelles se heurtaient alors à d'importantes difficultés même là où elles avaient pourtant collectés leurs plus grands succès – les sciences physico-chimiques. Tout l'effort de Bertalanffy consista dès lors à développer les éléments constitutifs d'une herméneutique « systémologique » en tant que cadre conceptuel et méthodologique permettant de rendre opérationnel un tel schème d'interprétation, effort que j'ai caractérisé comme une tentative de synthèse des méthodes herméneutique et hypothético-déductive, respectivement en usage dans les sciences sociales et les sciences « exactes » de la nature. Mais cet effort ne s'accomplit pas *in abstracto* et le projet « systémologique » général dont il accoucha ne sortit pas tout armé du seul esprit de Bertalanffy : la biologie fut justement le lieu concret de sa genèse et de sa maturation, le Viennois ayant notamment eu l'opportunité d'y puiser des sources décisives d'inspiration en complément de toutes celles qu'il tira de son précoce et constant intérêt pour la philosophie de la nature, la théorie de la connaissance et les problématiques issues des « sciences de l'esprit » et de la « culture ».

La première phase de ses travaux biologiques, qui dura jusqu'en 1932, s'inscrit exclusivement dans le domaine de la philosophie. Elle consista à démontrer par la critique épistémologique la légitimité et la nécessité d'une biologie théorique digne de ce nom, c'est-à-dire hypothético-déductive et « exacte », capable d'être la matrice de modèles théoriques des phénomènes biologiques et de conférer aux sciences de la vie non seulement le caractère d'une science « exacte », mais aussi une unité conceptuelle et méthodologique. Ce faisant, Bertalanffy chercha simultanément à montrer qu'une telle biologie théorique, pour autant qu'elle respecte la spécificité de ses objets, doit et peut être érigée autour des concepts centraux de « système » et d'« organisation », sans qu'un quelconque vitalisme métaphysique ne soit pour autant nécessairement impliqué : sa tâche propre, le programme « organismique », serait la détermination des lois des systèmes biologiques *en tant que systèmes* à tous les niveaux d'organisation du monde vivant, de la cellule aux biocénoses ; des lois que le Viennois caractérisait comme des « statistiques d'ordre supérieur » renonçant délibérément à déterminer l'événement biologique sur la base d'une connaissance analytique au profit d'une formulation « intégrale » et nomothétique du comportement global des entités étudiées. Afin de structurer la biologie théorique ainsi conçue, Bertalanffy dégagea ce que j'ai appelé deux « schèmes théoriques d'interprétation », qu'il pensait comme des principes biologiques universels : le système ouvert se dirigeant vers un « équilibre de flux » ou se maintenant dans un tel « pseudo-équilibre dynamique », et la « hiérarchisation progressive » des parties et des processus, à la fois structurale et fonctionnelle. Subordonnant le second schème au premier, il conçut un modèle conceptuel à vocation très générale : celui du « système organisé » comme « ordre hiérarchique de systèmes ouverts en équilibre de flux », où les échanges métaboliques du système avec son environnement sont posés comme une condition de sa structuration, de son organisation hiérarchique. En fixant un tel cadre pour la théorisation systémique des phénomènes biologiques, Bertalanffy exposait déjà sous une forme embryonnaire des principes « systémologiques » : celui d'un « système général » comme « analogue conceptuel de certains traits universels d'entités observées » supposé guider la théorisation des phénomènes et servir à informer des modèles spécifiques, et celui d'une unité formelle reposant sur les « isomorphismes » qu'il induit par-delà la diversité des entités impliquées. À ces deux « schèmes théoriques d'interprétation » et à leur conjonction dans son modèle du « système organisé », Bertalanffy superposa de surcroît trois « schèmes philosophiques d'interprétation » formant ce qu'il appela la « conception organismique » : les « primats » de la « totalité » (conception « systémique-holistique »), de « l'ordre dynamique des événements sur l'ordre structural-machiniste » et de « l'activité sur la réactivité ». Ces schèmes, en eux-mêmes non opérationnels, avaient pour fonction de former le cadre d'une philosophie de la nature biologique. Intimement connectée au programme scientifique « organismique » supposé s'actualiser par le biais de ses deux « schèmes théoriques », cette philosophie devait, tout en lui fournissant un guide heuristique pour l'interprétation des

phénomènes de la vie, dégager la signification générale de ses réalisations et permettre par là-même d'établir un pont à la fois conceptuel et lexical entre cette biologie « organismique » et d'autres disciplines, particulièrement la médecine, la psychologie et la sociologie. Il manquait encore néanmoins à la « systémologie biologique » ainsi élaborée par Bertalanffy un ingrédient essentiel au projet plus général qui lui succéda quelques années plus tard : le rôle constituant des mathématiques dans la construction de la connaissance systémique.

La possibilité de ce rôle, le Viennois la comprit en partie dans le cadre des travaux qu'il entreprit à partir de 1933 dans les domaines de la croissance organique et de la physiologie du métabolisme ; mais aussi, et cela allait de pair, du fait de son attention soutenue aux développements contemporains de la biologie mathématique. Une telle attention n'allait pas de soi pour ce biologiste très influencé par Goethe et Bergson, qui dut surmonter une forte réticence initiale à accepter l'idée que la mathématisation est compatible avec une prise en compte effective de ce qui fait le propre du vivant. Mais Bertalanffy découvrit au contact des travaux de scientifiques comme D'Arcy Thompson, Rashevsky, Lotka, Volterra, Donnan et Woodger que les mathématiques disposaient en principe de ressources suffisantes pour appréhender les traits holistiques du vivant, les propriétés essentiellement relationnelles qui le caractérisent. Outre les promesses de mathématiques « qualitatives » telles que la logistique et la topologie, il découvrit en particulier que même des mathématiques « classiques », « quantitatives », telles que le calcul différentiel, offraient des ressources adéquates aux formes de conceptualisation et aux objectifs théoriques qu'il avait prônés dans son programme « organismique ». Mais avec Lotka au premier chef ainsi qu'avec Rashevsky et Volterra dans une moindre mesure, il découvrit plus profondément des perspectives dont le rôle fut décisif dans la genèse de son projet « systémologique » général : l'intérêt de l'étude des propriétés de systèmes abstraits de relations et la possibilité de découvrir *a priori* sur cette base des typologies de comportements systémiques ; l'usage méthodologique de telles études pour structurer la modélisation systémique d'entités spécifiques ; et l'application d'analogies formelles, d'« isomorphismes », comme guides non seulement pour de telles modélisations, mais plus profondément pour la construction mathématique de nouveaux concepts dans des domaines qui, tels la biologie, souffraient aux yeux de Bertalanffy d'un sous-développement théorique et d'une absence de pensée « exacte ».

Ces perspectives firent discrètement leur chemin dans l'esprit du Viennois entre 1933 et 1937. Mais s'il put s'estimer dès 1937 autorisé à avancer son projet « systémologique » général, c'est aussi parce son entreprise d'actualisation de son programme « organismique » initiée en 1933, en soi nécessaire pour en assurer la légitimité, la pertinence et l'intérêt, fut dans la même période couronnée d'un certain succès. Car sa théorie mathématique de la croissance animale globale en fut bien un, elle qui montrait par un exemple indéniablement convaincant la capacité du cadre « organismique » qu'il avait élaboré non seulement à constituer la matrice de modèles théoriques « exacts » dignes de ce nom en biologie, mais aussi à instaurer des relations entre domaines d'étude biologiques jusqu'alors séparés. La tension inhérente à sa perspective et à son programme « organismique », issue de la nécessité de réaliser une connexion effective et opérationnelle entre ses deux « schèmes théoriques d'interprétation », l'amena en outre d'emblée à inscrire le développement de la théorie en question dans le cadre plus général d'un programme de recherches centré sur le problème de la forme organique, qu'il baptisa « morphologie dynamique ». Si sa quête d'« exactitude » s'y prolongea timidement dans l'esquisse d'une théorie synthétique de la croissance animale intégrant le problème de la croissance relative des organes, Bertalanffy ne parvint toutefois pas avec cette morphologie à des succès comparables à celui obtenu avec son modèle théorique de la croissance globale. Elle lui permit certes de montrer que des domaines comme ceux de la génétique et de l'évolution phylogénétique étaient compatibles avec son programme « organismique » et même de tenter leur annexion à ce programme. Mais elle demeura essentiellement l'association d'un mode original de problématisation et d'un schéma général d'interprétation des phénomènes ; et son bilan fut plus une critique pertinente et stimulante des approches contemporaines du problème de la forme organique et la suggestion d'explications cohérentes alternatives à celles en vigueur qu'un véritable corpus théorique définissant effectivement un cadre de recherches expérimentales. Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si Bertalanffy ne réalisa avant-guerre de telles recherches qu'au sujet de la croissance organique et de la physiologie du métabolisme : il se limita en fin de compte ailleurs à exceller dans son rôle d'interprète « systémologique » des phénomènes biologiques.

Toujours est-il que les réalisations de la biologie « organismique », et ce d'autant plus qu'elles n'étaient que partielles en 1937 (y compris en ce qui concerne la théorie de la croissance organique), furent loin de suffire à Bertalanffy pour convaincre du bien fondé du projet « systémologique » général qu'il s'aventura à exposer cette même année à Chicago. L'hypothèse que j'ai avancée dans le dernier chapitre de cette partie est que ses efforts, manifestement initiés au cours de ce même séjour à Chicago au contact de l'école de Rashevsky, pour développer une « cinétique générale » purement abstraite des systèmes ouverts dans l'esprit de celle qu'avait développée Lotka au milieu des années 1920, furent une réponse à cet échec. Par-delà le caractère relativement modeste de ses apports, l'important ici est qu'il s'agissait au fond d'une « systémologie restreinte » aux systèmes ouverts dont la visée était double : d'une part achever de faire apparaître certaines des caractéristiques les plus fondamentales des « organisations biologiques », à tous les niveaux de la biosphère, comme des conséquences nécessaires de leur ouverture – et donc, de ce point de vue, asseoir plus fermement que jamais le premier « schème théorique d'interprétation organismique » au fondement de la biologie, en illustrant notamment ses vertus explicatives et unificatrices ; et d'autre part, plus discrètement à coup sûr mais avec peut-être une motivation plus profonde, fournir au projet « systémologique » général un paradigme qui, nanti des maintes déclinaisons que Bertalanffy pouvait lui annexer (non seulement dans les domaines de la croissance et du métabolisme, mais aussi dans ceux de l'excitation nerveuse et de la dynamique des populations), était susceptible de lui permettre d'illustrer la nature, les fonctions et surtout les intérêts de ce projet. Nous allons voir dans la troisième partie que c'est effectivement le rôle qu'il lui fit jouer. Il va s'agir plus largement d'y examiner tant les formulations du projet de « systémologie générale » par Bertalanffy que son actualisation dans une société scientifique où confluèrent différentes composantes d'un « mouvement systémique », qui émergèrent elles aussi dans les années 1940 et 1950.

Troisième partie

**Des premières formulations du projet de
« systémologie générale » à son actualisation
dans la *Society for General Systems Research***

Cette troisième partie se focalisera dans un premier temps sur la manière dont Bertalanffy exposa sa « systémologie générale » dans diverses publications et conférences entre 1945 et 1955. Il s'agira de dégager la structure de son argumentation du point de vue des fondements ontologiques et épistémologiques de ce projet, de considérer les controverses que cette argumentation suscita presque aussitôt, et de dresser une liste des fonctions que Bertalanffy assigna à la « systémologie générale ». Je pointerai les multiples dimensions (épistémologique, méthodologique, scientifico-philosophique et idéologique) de ce projet telles qu'elles apparaissent dès ces premiers discours, mais aussi les imprécisions, les ambiguïtés et les insuffisances de ces derniers.

Par-delà Bertalanffy, cette partie est aussi l'histoire d'une convergence de conceptions et de développements scientifiques et scientifico-philosophiques dans une large mesure indépendants, qui entrèrent en contact dans la première moitié des années 1950 et trouvèrent dans sa « systémologie générale » certaines bases en vue d'élaborations communes : bien d'autres scientifiques, qui travaillaient pour la plupart aux États-Unis, étaient en effet engagés parallèlement à lui dans des réflexions ayant maintes affinités avec son projet. Aussi cette troisième partie se poursuivra-t-elle par une discussion des travaux antérieurs à 1954 des quatre chercheurs qui se révèlent avoir joué un rôle clef aux côtés de Bertalanffy dans le développement et la promotion de la « systémologie générale » : Gerard, Miller, Rapoport et Boulding. Ce chapitre cherchera à repérer les congruences entre ces travaux et ceux de Bertalanffy, à mettre en évidence ce que l'on peut décrire comme leur cheminement propre vers le projet « systémologique », mais aussi à relever les quelques divergences, parfois très significatives, qui préfiguraient en fait certaines tensions que nous retrouverons au sein du « mouvement systémique » que tous ces chercheurs contribuèrent ensemble à organiser activement.

Un troisième chapitre sera consacré à d'autres développements qui furent faiblement connectés aux précédents avant le milieu des années 1950. À savoir l'émergence contemporaine de nouvelles « sciences de systèmes » dont les origines, les inspirations et les visées étaient sensiblement différentes de celles que partageaient pour l'essentiel les travaux de Bertalanffy, Rapoport et Boulding : la théorie mathématique de l'information, la cybernétique et la « recherche opérationnelle ». L'objectif ne sera pas de retracer l'histoire de ces « nouvelles sciences » dans ses détails, mais de repérer leurs lignes de convergence avec le projet de « systémologie générale », aussi bien que ce qui tendait à les en distancier.

Cette partie s'achèvera par un chapitre étudiant la manière dont les divers développements scientifiques et scientifico-philosophiques précédemment étudiés confluèrent au milieu des années 1950 dans la *Society for General Systems Research* (S.G.S.R.), société scientifique à dimension internationale mais basée aux États-Unis dans laquelle Bertalanffy et ses idées jouèrent au moins dans un premier temps un rôle moteur et structurant essentiel. J'y étudierai la constitution, l'organisation et les dynamiques évolutives de cette société, afin de mettre en évidence les cadres sociopolitiques, idéologiques, philosophiques et scientifiques dans lesquels le projet de « systémologie générale » fut amené à s'actualiser.

3-1 – Les premières formulations du projet de « systémologie générale » par Bertalanffy

Dans ce premier chapitre comme dans les parties précédentes, certains éléments de la biographie de Bertalanffy seront utilisés. Bon nombre de détails seront ici encore négligés, leur importance eu égard à mes objectifs étant mineure – ces détails sont exposés dans ma biographie¹. Plusieurs aspects doivent malgré tout être présentés d'emblée ici : ils campent une situation personnelle dans la période 1945-1949 qui explique non seulement que le destin de Bertalanffy se soit à l'issue de cette période orienté vers l'Amérique, mais aussi (pour une part) le ton de ses premières publications sur la « systémologie générale » et les orientations « stratégiques » qui peuvent s'y lire. Je veux parler des conséquences de son attitude vis-à-vis du national-socialisme entre son retour d'Amérique en 1938 et la fin de la guerre.

Celle-ci se termina pour Bertalanffy et sa famille par une rupture brutale de la situation privilégiée qui avait été la leur jusqu'alors. De leur foyer ne restèrent en avril 1945 que des cendres, à l'issue du siège de Vienne par les Soviétiques et de la politique de la « terre brûlée » des soldats S.S. La riche bibliothèque de Bertalanffy (environ six mille livres et huit mille articles, dont beaucoup d'œuvres scientifiques anciennes) fut totalement détruite. Il en fut de même de sa correspondance, de protocoles expérimentaux réalisés dans son laboratoire et de trois manuscrits quasiment achevés (dont le troisième volume de sa *Theoretische Biologie*). Seul parmi les professeurs et « maîtres de conférence » de l'institut de zoologie à être encore à Vienne, Bertalanffy en fut le 17 avril 1945 désigné directeur provisoire par le doyen de l'université. Il s'efforça de remettre en état cet institut retrouvé en ruine, afin que les cours et les recherches puissent y reprendre aussi rapidement que possible. Aidé par trois assistantes de recherche, il parvint partiellement à cet objectif en six semaines. Il assumait en outre la responsabilité de reprendre l'édition de la revue viennoise *Biologia Generalis*, à laquelle il avait contribué avant guerre. Et, fort de ce relatif succès, il crut être en mesure de réitérer avec un bon espoir de succès la demande de promotion qu'il avait faite tout au long de la guerre, à savoir obtenir l'attribution d'une chaire de professeur avec direction de l'institut de zoologie [*Ordinariat*]. Il doutait manifestement si peu de son avenir qu'il songea aussi à fonder à Vienne un *Institute for Advanced Studies in Biology* (« Institut d'études avancées en biologie ») avec les physiciens March et Schrödinger, entamant même des négociations avec l'U.N.E.S.C.O. juste créée afin que puisse aboutir ce projet bien évidemment inspiré de l'*Institute for Advanced Studies* fondé en 1930 à Princeton. Il manqua toutefois de soutien et ce projet resta sans suite – il invoqua plus tard des « intrigues » pour expliquer cet échec².

Le véritable problème de Bertalanffy était qu'il devait avant toute chose subir la procédure de « dénazification » vouée à clarifier ses activités sous le III^e Reich. Les principaux détails de cette procédure et de ses conséquences sont fournis en annexe 3-1. Elle aboutit en octobre 1947 à une exemption de poursuites, mais il apparaît que cette exemption fut motivée par un manque de connaissance de l'ensemble des aspects du comportement de Bertalanffy entre 1938 et 1945. Le Viennois fut en tous cas suspendu de ses fonctions à partir de janvier 1946 et ne put fin 1947 que retrouver le poste de *Privatdozent* qu'il avait occupé entre 1934 et 1937.

Tout au long de sa période de suspension, Bertalanffy ne put guère que survivre avec son maigre salaire, et surtout grâce à la générosité d'amis américains et anglais tels que Woodger. C'est au cours de cette période, en fait dès janvier 1946, qu'il commença à envisager d'émigrer et réactiva dans ce but ses contacts internationaux (en particulier celui avec la fondation Rockefeller). Sa motivation pour émigrer s'accrut d'autant plus par la suite qu'il n'était bien sûr pas le seul à subir ainsi les conséquences de ses actes passés : son meilleur ami d'alors, le botaniste Fritz Gessner, lui fit par exemple savoir fin 1946 le peu d'espoir qu'il pouvait pour sa part nourrir quant aux perspectives de retrouver un poste viable à l'université. De surcroît, les difficultés administratives posèrent au cours des années 1946-1947 de sérieux problèmes à Bertalanffy pour publier trois essais qu'il avait déjà rédigés. Il faut donc d'emblée voir que c'est dans ce contexte particulièrement difficile de dénuement à la fois psychologique, financier et académique qu'il travailla à l'exposé de son projet de

¹ Pouvreau D. (2009b). Pour les détails et les sources (dans sa correspondance, principalement) sur ce qui suit, voir surtout pp. 80-91.

² La dégradation des relations entre March et Schrödinger, liée aux relations du second avec la femme du premier, peut avoir joué un rôle ici.

« systémologie générale » et à un essai majeur qui synthétisait sa philosophie biologique tout en se concluant par l'exposé de ce projet : *Das biologische Weltbild* (« La vision biologique du monde », rédigé en 1947). Bertalanffy entama rapidement aussi, dès le début 1948, les démarches en vue d'obtenir une promotion au rang de « maître de conférence » qui lui aurait permis de retrouver son statut antérieur à 1945. Celles-ci aboutirent en juin à une décision en principe positive de la part de l'université, que le ministère devait toutefois encore avaliser.

Bertalanffy ne supporta toutefois pas l'humiliation qui lui avait été imposée avec ce passage en commission et la dégradation de son statut, ni les relations au sein de l'université (il s'était attiré de solides inimitiés au cours de la guerre...), ni les conditions de vie à Vienne. Il y fut d'autant moins enclin que d'autres horizons se dessinaient simultanément, qui entretenaient son seul véritable espoir depuis plus de deux ans : trouver un poste à l'étranger. Il crut d'abord trouver une opportunité aux États-Unis, mais c'est dans un premier temps Woodger qui lui en offrit effectivement une : il reçut de son collègue et ami une invitation officielle datée du 31 mai 1948 à venir travailler à Londres à ses côtés. Après six semaines passées en Suisse (principalement à Berne) à l'invitation de l'économiste Walter A. Jöhr, au cours desquelles il acheva la rédaction de *Das biologische Weltbild*, Bertalanffy rejoignit donc Londres le 23 août 1948. Il séjourna en Grande-Bretagne jusqu'à la fin janvier 1949. Il fut d'autant plus conforté dans son aspiration à une émigration définitive qu'il apprit à Londres que sa demande de promotion à l'université de Vienne, bien qu'avalisée par celle-ci, avait finalement été rejetée le 10 novembre 1948 par le ministère autrichien de l'éducation. Il avait en fait su dès son arrivée en Suisse que cette aspiration serait très probablement satisfaite, ses contacts en Amérique ayant finalement porté leurs fruits : une bourse de la Fondation Davis de cinq mille dollars pour venir travailler au Canada lui fut accordée le 17 juillet 1948, avec prise en charge du voyage et l'assurance d'un poste (initialement prévu à Toronto, mais qui se révéla être à l'université McGill de Montréal). A l'issue de quatre mois de démarches administratives, lui et sa famille obtinrent enfin le 30 novembre 1948 l'autorisation de résider au Canada, où ils débarquèrent début février 1949.

Bertalanffy venait d'entamer une nouvelle phase de sa carrière : celle-ci se déroula par la suite entièrement sur le Nouveau Continent, à l'exception d'une petite dizaine de séjours de plusieurs semaines en Europe (en 1956, 1957 et 1960, puis chaque année entre 1964 et 1969) et en dépit de plusieurs tentatives entreprises dans les années 1950 afin d'obtenir un poste en Allemagne. Cette nouvelle phase fut précisément celle où le philosophe et artisan d'une biologie « organismique » qu'il avait explicitement vouée dès 1934 à « s'élargir à une vision générale du monde » s'attacha à donner vie à ce fameux projet de « systémologie générale » dont les deux premières parties ont examiné les ascendances et la genèse, et qu'il s'agit maintenant de considérer dans son exposition.

3-1-1 – *Chronologie et motivation des premiers exposés de Bertalanffy entre 1945 et 1953*

La première communication par Bertalanffy au sujet de sa « systémologie générale », fin 1937 à Chicago, reste un mystère. Il est probable que des recherches spécifiques dans les archives de l'université de Chicago permettraient d'en savoir plus sur sa manière de l'exposer, sur la composition de son public et sur les critiques qu'il essuya. Il est certain que Hempel assista à son exposé : dans une lettre qu'il adressa à ce philosophe néo-positiviste en juin 1950, Bertalanffy fait référence à leur « dernière rencontre à Chicago en 1938 » et il est manifeste dans la correspondance qui s'ensuivit que Hempel était déjà très familier avec les thèses de Bertalanffy, alors qu'elles n'avaient encore fait l'objet d'aucune publication ni conférence aux États-Unis. La présence de Morris est aussi certaine : il était l'organisateur du séminaire où le Viennois fit son exposé. Sont encore très probables la présence de Carnap (très actif aux côtés de Morris) ainsi que celle de Rashevsky¹. Mais c'est en l'état actuel tout ce qui semble pouvoir être dit au sujet de cet événement.

¹ Abraham T.H. (2004), p. 359 : Rashevsky participa en 1936 au colloque du « mouvement pour l'unité de la science » et était à l'époque en relation étroite avec Morris. Voir aussi la correspondance entre Bertalanffy L. von et Hempel C.G., *Archives du B.C.S.S.S.*

3-1-1-1 – *Éléments chronologiques*

La première trace d'un discours de Bertalanffy sur son projet « systémologique » général date de 1945, mais elle constitue une publication avortée. Je l'ai trouvée en 2006 dans les restes de ses archives. Il s'agit d'un article destiné à la revue allemande *Deutsche Zeitschrift für Philosophie*, intitulé « Vers une systémologie générale » [*Zu einer allgemeinen Systemlehre*]¹. Les épreuves en étaient prêtes et furent envoyées à Bertalanffy le 6 février 1945 pour relecture finale. Le problème est que la fin de la guerre fut aussi celle de cette revue, de sorte que cet article ne fut jamais publié. Il n'en est pas moins précieux, car il contient certains commentaires ayant trait à sa théorie de la connaissance que l'on ne retrouve pas dans ses publications ultérieures et qui éclairent certains points que nous allons justement voir être des sources (légitimes) d'incompréhension et de critiques.

Ce n'est qu'en 1947 que le projet bertalanffien devint vraiment public. Bertalanffy participa en effet au troisième colloque organisé entre le 27 août et le 8 septembre à Alpbach – un petit village tyrolien : il fut chargé de diriger le « cercle de travail sur la biologie » dans ce colloque dont la vocation était de « constituer un forum intellectuel libre de la 'jeune Europe' dans le but de promouvoir les échanges internationaux sans souci idéologique »². Bertalanffy acheva les exposés de son « cercle de travail » le 6 septembre par une conférence intitulée « Unité de la science et principes d'une systémologie générale [*allgemeine Systemlehre*] » ; et un débat à ce sujet fut organisé deux jours plus tard, auquel participa en particulier March. Les textes de cette conférence et de ce débat furent publiés en Autriche l'année suivante dans les actes du colloque³. Il est toutefois assez clair compte tenu des circonstances historiques et du public semble-t-il sinon exclusivement, du moins très majoritairement autrichien, que l'écho de l'exposé de Bertalanffy fut extrêmement faible.

Il en fut vraisemblablement de même des deux textes qu'il publia en 1949. Le premier le fut dans la revue *Biologia Generalis* qu'il dirigea jusqu'à son départ en Suisse : il s'agissait d'une reprise de son article de 1945, qui portait d'ailleurs le même titre mais était expurgée de certains passages pourtant importants du point de vue des justifications à fournir⁴ ; et rien n'indique que sa diffusion se soit étendue au-delà d'un cercle relativement restreint de biologistes autrichien et allemands manifestant un intérêt pour les considérations théoriques. Quant à sa conclusion de *Das biologische Weltbild*, elle n'en restait qu'aux idées générales et, sans doute parce qu'elle était destinée à un large public, elle éludait les considérations logiques et mathématiques que ses autres textes avaient abordées. L'écho de cet essai fut là encore assez limité. Il fut certes accueilli avec enthousiasme par les scientifiques⁵, médecins⁶ et philosophes⁷ ayant déjà des affinités avec la pensée « organismique » de Bertalanffy, certains n'hésitant pas à dire de lui à cette occasion qu'il était « le plus grand biologiste vivant »⁸ ou encore « le Einstein de la biologie »⁹. Il suscita aussi l'intérêt de plusieurs économistes : celui de Jöhr bien sûr, particulièrement à l'égard du projet de « systémologie générale »¹⁰ ; et celui de von Hayek¹¹. Mais ce n'est qu'après sa traduction en anglais et sa publication en 1952 sous le titre *Problems of Life* que cet essai, donc en particulier sa conclusion, commença à être connu hors du monde germanophone.

Et ce n'est qu'une fois arrivé à Londres, notamment du fait de la stature académique des auditeurs qu'il y trouva, que la connaissance du projet « systémologique » de Bertalanffy commença à s'amplifier significativement. Outre de ses vues bio-philosophiques avec Woodger, il y discuta en effet beaucoup de sa « systémologie générale ». Et il put vite se réjouir du grand intérêt qu'elle rencontra, étant selon ses dires qualifiée de « sensationnelle » et « d'une importance exceptionnelle »

¹ Bertalanffy L. von (1945).

² Lettre de Blaser W. à Bertalanffy L. von (29/04/1948), *Archives du B.C.S.S.S.*

³ Bertalanffy L. von (1948a) et (1948b).

⁴ Bertalanffy L. von (1949b).

⁵ Mittasch A. à Bertalanffy L. von (10/06/1949) ; Gessner F. à Bertalanffy L. von (08/09/1949 et 01/10/1949) ; Klatt B. à Bertalanffy L. von (25/08/1949) ; Stäger A. à Bertalanffy L. von (21/12/1950) ; Taylor L.H. à Bertalanffy L. von (12/09/1952), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁶ Lettre de Auersperg A. von à Bertalanffy L. von (01/09/1950). Lettre de Erbslöh F. à Bertalanffy L. von (16/01/1952). Lettre de Gross W.O. à Bertalanffy L. von (18/08/1952), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁷ Lettre de Rothaker E. à Bertalanffy L. von (25/07/1949). Lettre de Keiter F. à Bertalanffy L. von (20/06/1949), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁸ Lettre de Hirsch G.C. à Bertalanffy L. von (05/06/1952), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁹ Lettre de Gessner F. à Bertalanffy L. von (23/04/1950), *Archives du B.C.S.S.S.*

¹⁰ Correspondance entre Jöhr W.A. et Bertalanffy L. von (11/10/1948 – 07/12/1949), *Archives du B.C.S.S.S.*

¹¹ Lettres de Hayek F.A. à Bertalanffy L. von (14/05/1949 et 15/04/1950), *Archives du B.C.S.S.S.*

par certains de ses hôtes¹. Bertalanffy tint en particulier le 17 janvier 1949 une conférence abordant le sujet, qui portait sur « la théorie des systèmes ouverts en physique et en biologie »². Son cadre fut celui de la seconde séance du *Philosophy of Science Group* qui s'était formé l'année passée dans le giron de la *British Society for the History of Science* ; Bertalanffy eut l'honneur d'avoir un illustre chercheur parmi ses auditeurs : Bertrand Russell³. Et le texte de cette conférence fut publié en 1950 dans la très renommée revue *Science*. Un article entièrement consacré à la « systémologie générale », qui reprenait largement celui publié en allemand en 1949 et se voulait être la « systématisation » de cette conférence⁴, fut lui aussi publié en 1950, dans le premier numéro du *British Journal for the Philosophy of Science* édité par le *Philosophy of Science Group*. Il était intitulé : « Une esquisse de systémologie générale » [*An outline of general system theory*]⁵. Ce sont ces deux articles qui firent rapidement connaître internationalement les vues de Bertalanffy. Ils suscitèrent, j'y reviendrai dans ce chapitre, un grand intérêt et de multiples opinions très favorables chez des biologistes⁶, des chimistes⁷, des physiciens⁸, des psychologues⁹, des philosophes¹⁰ et même des géographes¹¹. Et ce, outre-Atlantique comme en Europe. En dépit du fait que, craignant que le second article ne passe inaperçu aux États-Unis et s'efforçant de le faire publier simultanément dans la revue américaine *Philosophy of Science*, Bertalanffy (révélant par la même occasion la très haute idée qu'il avait de l'importance de ses travaux) dut essayer le refus de l'éditeur Charles W. Churchman, qui jugea ce doublon inutile¹².

Une étape importante tant pour la promotion de son projet que du point de vue de sa convergence avec les nouvelles « sciences des systèmes » fut franchie fin 1950. Du 27 au 29 décembre, Bertalanffy participa en effet au 47^e congrès de la division « orientale » de la société américaine de philosophie, qui se tint cette année-là à Toronto. Le thème en était « Cybernétique et téléologie », et Bertalanffy y fut invité après que le philosophe Hans Jonas l'eût recommandé auprès de son organisateur¹³, Max Black. Bertalanffy et Jonas entretenaient à cette époque une relation amicale et de riches échanges intellectuels. Ils se rencontraient régulièrement, semble-t-il au domicile du premier¹⁴. Leur entente était telle que Bertalanffy, qui avait obtenu un poste à l'université d'Ottawa (où il entra en fonction en septembre 1949), fit tout son possible pour que Jonas obtienne un poste dans cette même université¹⁵, ses efforts (suscités par la demande de son collègue) aboutissant en 1951. Au congrès de Toronto, Bertalanffy se retrouva aux côtés de Jonas et de Quine, mais aussi de Hempel et Nagel¹⁶, qu'il avait connus à Vienne et qu'il retrouva à cette occasion. Bertalanffy exposa les idées directrices de sa « systémologie générale » et ses deux conférences à ce sujet donnèrent lieu à des controverses constructives l'opposant à Jonas et Hempel, qui seront évoquées dans ce chapitre. Une troisième conférence permit à Bertalanffy de définir la position de sa « systémologie générale » par rapport à la cybernétique ; il introduisit alors des distinctions importantes que nous verrons non seulement déterminer ses travaux ultérieurs en psychiatrie et en psychologie, mais plus généralement traverser l'histoire du « mouvement systémique ». Le texte de ces trois exposés fut publié en 1951 dans la revue américaine *Human Biology*¹⁷.

1951 fut aussi l'année de publication de deux textes en rapport avec son projet « systémologique » général. Il s'agit d'abord d'un article sur les modèles théoriques en psychologie

¹ Lettre de Bertalanffy L. von à Schönfeld (26/04/1949), *Archives du B.C.S.S.S.*

² Bertalanffy L. von (1950a).

³ Davidson M. (1983), p. 59. Brauckmann S. (1997), p. 10.

⁴ Lettre de Bertalanffy L. von à Hayek F.A. von (02/05/1950), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁵ Bertalanffy L. von (1950b).

⁶ Lettre de Hardin G. à Bertalanffy L. von (19/11/1952), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁷ Lettre de Shuler K.E. à Bertalanffy L. von (19/04/1951), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁸ Lettre de Trimmer J.D. à Bertalanffy L. von (09/01/1951), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁹ Lettre de Krech D. à Bertalanffy L. von (24/10/1950). Lettre de Thomas G.T. à Bertalanffy L. von (02/06/1951), *Archives du B.C.S.S.S.*

¹⁰ Lettre de Rawlins F.I.G. à Bertalanffy L. von (20/03/1952). Lettre de Taylor B. à Bertalanffy L. von (01/11/1952), *Archives du B.C.S.S.S.*

¹¹ Lettres de Winkler E. à Bertalanffy L. von (09/05/1949 et 15/07/1949), *Archives du B.C.S.S.S.*

¹² Lettre de Churchmann W. à Bertalanffy L. von (09/05/1950). Lettre de Bertalanffy à Hayek F.A. (02/05/1950), *Archives du B.C.S.S.S.*

¹³ Lettre de Jonas H. à Black M. (23/02/1950), *Archives du B.C.S.S.S.*

¹⁴ Lettre de Bertalanffy L. von à Jonas H. (01/04/1950), *Archives du B.C.S.S.S.* On y apprend par exemple qu'ils échangèrent en particulier leurs vues sur la mystique, Jonas ayant requis l'avis de Bertalanffy quant à un livre qu'il était en train d'écrire sur l'histoire de la gnose.

¹⁵ Lettre de Bertalanffy L. von à Jonas H. (09/03/1950), *Archives du B.C.S.S.S.*

¹⁶ Lettre de Bertalanffy L. von à Hempel C.G. (06/11/1950), *Archives du B.C.S.S.S.* ; voir aussi Brauckmann S. (1997), pp. 11-12.

¹⁷ Bertalanffy L. von (1951b).

où, bien que ne le discutant pas directement, il développa des arguments importants quant à la pertinence et à la signification de la modélisation systémique¹. Il s'agit aussi de certains passages en conclusion d'un essai de vulgarisation de sa philosophie biologique et de son « anthropologie philosophique », écrit en allemand. Cet essai avait en fait été rédigé en 1947 et 1948 ; Bertalanffy n'avait pas encore réussi à le faire publier du fait de ses difficultés en Autriche, mais il y parvint finalement en Allemagne. La discussion de sa « systémologie générale » n'y fut toutefois que très succincte ; il ne semble de surcroît pas que cet essai ait eu une diffusion significative.

C'est en novembre 1953 que fut publié dans la revue américaine très diffusée *Scientific Monthly* l'article de Bertalanffy qui, dans cette première phase, contribua le plus à faire connaître sa « systémologie générale ». Ce papier intitulé « La philosophie des sciences dans l'éducation scientifique » argumentait la nécessité d'une « éducation du scientifique généraliste » afin de contrer les dangers de la spécialisation tant pour la science en tant que telle que pour sa fonction sociale. Bertalanffy y esqua le plan d'un cours de philosophie scientifique où sa « systémologie générale » apparaissait en réponse à un tel besoin d'intégration. Il y attaquait aussi pour la première fois de manière détaillée les logico-positivistes, surtout la conception physicaliste de l'unité de la science défendue par Carnap et Neurath. Il introduisit enfin le terme « perspectivisme » pour décrire sa philosophie de la connaissance, dont il dessina quelques contours. Je montrerai que cet article joua un rôle crucial dans l'histoire de la convergence de Bertalanffy avec quelques autres chercheurs en direction de la création de la S.G.S.R.

3-1-1-2 – Les motivations de Bertalanffy

Il importe encore ici de chercher à comprendre ce qui motiva Bertalanffy pour tenir ses discours sur la « systémologie générale » au cours des années 1945-1953. Pourquoi, alors qu'il avait après son premier exposé de 1937 été « effrayé par la clameur des béotiens » et s'était ensuite durablement résolu à « laisser son projet dans les cartons », en vint-il à juger différemment la situation ? Bertalanffy fournit l'explication suivante en 1962 :

Ce n'est qu'après la guerre qu'apparurent mes premières publications [sur la « systémologie générale »]. Quelque chose d'intéressant et de surprenant se produisit alors. Il se révélait qu'un changement dans le climat intellectuel s'était produit, qui mettait à la mode la construction de modèles et les généralisations abstraites. Plus encore : un certain nombre de scientifiques avaient suivi des lignes similaires de pensée. Ainsi la systémologie générale [*General system theory*] n'était-elle après tout pas une idiosyncrasie comme je l'avais cru, mais plutôt un développement parallèle à d'autres².

Une telle version ne cadre guère avec la chronologie précise : sa pertinence ne vaut au mieux qu'à partir de la fin 1950, plus précisément de sa participation au congrès de Toronto. En effet, il n'existe dans ses publications antérieures à ce congrès aucune référence aux nouvelles « sciences de systèmes » et, pour tous scientifiques ayant « suivi des lignes similaires de pensée » en direction de « généralisations abstraites », il n'avait alors manifestement en tête que des biomathématiciens tels que Lotka et Volterra ainsi que les physiciens contribuant au développement de la thermodynamique des processus irréversibles. Il est d'ailleurs frappant que ces physiciens furent ses seules nouvelles références entre 1945 et 1950 par rapport à celles qu'il avait déjà citées entre 1937 (*Das Gefüge des Lebens*) et 1942 (*Theoretische Biologie II*). Son explication ne me paraît donc pas recevable pour ce qui concerne la seconde moitié des années 1940 : il faut la rechercher ailleurs. Et puisque rien n'indique de manière convaincante une source « extérieure », il semble plus pertinent de rechercher des explications de sa motivation chez Bertalanffy lui-même, à deux niveaux : dans le développement même de sa pensée et dans sa situation personnelle au cours de la période considérée.

Du premier point de vue, j'ai assez mis en évidence dans les deux premières parties la dynamique de ses travaux et ses influences pour que son aboutissement à l'explicitation de ses conceptions « systémologiques » générales à partir de 1945 soit compréhensible. Le fait qu'il les ait déjà au moins en partie exposées en 1937 montre d'ailleurs à lui seul combien elles répondaient à une logique propre au développement de son système de pensée. Mais le problème est ici avant tout de

¹ Bertalanffy L. von (1951c).

² Bertalanffy L. von (1962a), pp. 2-3.

saisir les raisons de la *publicité* qu'il décida de nouveau de donner à son projet à partir de 1945. Et sans même prendre en compte la précarité de sa situation personnelle, il semble à cet égard possible d'envisager qu'il ait de cette manière cherché à susciter l'intérêt de scientifiques et de philosophes *hors des sciences biologiques*, à une époque où sa propre volonté (voire sa capacité) de poursuivre le développement et l'actualisation de sa « systémologie biologique » semblait avoir atteint ses limites. Il est frappant de voir que ses publications consacrées après-guerre à la biologie, à commencer par *Das biologische Weltbild*, ne furent guère que des répétitions et des synthèses de ses réflexions antérieures, qui n'apportaient ni conceptuellement, ni expérimentalement rien de substantiel par rapport à ses écrits de la période 1937-1942. Comme si Bertalanffy se satisfaisait d'avoir trouvé une cohérence systématique et montré ses potentialités du point de vue de l'interprétation et de la théorisation des phénomènes biologiques. C'est en particulier ici que mon insistance sur ses visées d'emblée générales, transdisciplinaires et méta-scientifiques, trouve son sens et son importance : sa biologie « organismique » eut un caractère pour ainsi dire propédeutique, son élaboration étant toujours poursuivie en vue de préparer et de servir des desseins beaucoup plus larges. Ce n'est à cet égard pas un hasard si *Das biologische Weltbild* fut entièrement conçu pour se conclure sur l'exposé de son projet de « systémologie générale ». Publier ses idées à ce sujet semble relever de la nécessité pour Bertalanffy d'investir dans une optique « systémologique » d'autres champs de recherche tels que la psychologie, la psychiatrie et les sciences sociales, une fois qu'il se fut jugé suffisamment armé à cette fin. On peut observer *a posteriori* que cette décision entraine en résonance impeccable avec l'émergence contemporaine du structuralisme, mais tout indique que Bertalanffy n'en était pas encore conscient – en dépit de sa bonne connaissance de nombre de développements scientifiques et philosophiques qui, tels la théorie de la *Gestalt*, jouèrent un rôle significatif dans la genèse de ce mouvement¹.

Outre la dynamique intrinsèque à sa pensée, il faut prendre acte de plusieurs aspects de la situation personnelle de Bertalanffy pour être en mesure de rendre pleinement compte de sa décision. Le besoin qu'il éprouva dès 1944 d'impliquer sa « morphologie dynamique » dans l'étude des « entités biologiques élémentaires » ne répondait pas qu'à la logique d'extension maximale de sa perspective « systémologique », inhérente à sa philosophie biologique. Il dut ressentir les signes avant-coureurs d'une évolution de la biologie qui, avec les progrès considérables de la génétique et le triomphe de la théorie synthétique de l'évolution, commençait déjà à faire de sa « systémologie biologique » un projet on ne peut plus hétérodoxe. Et un sentiment d'isolement dans sa discipline se développa certainement chez lui dès cette époque. Le fait qu'il ait pendant trois ans été écarté de l'université ou qu'il y ait tout au mieux enseigné sans pouvoir vraiment disposer des conditions lui permettant de poursuivre ses recherches biologiques, ne put évidemment que nourrir ce sentiment. Il ne lui échappa probablement pas non plus, dès lors qu'il comprit qu'émigrer en Amérique était la seule solution viable pour lui, que le climat intellectuel qui l'y attendrait n'était pas celui, très favorable à ses conceptions, dont il avait jusqu'alors bénéficié en Autriche et en Allemagne. En particulier parce que leur collusion avec l'idéologie national-socialiste, très vite attaquée (entre autres par von Hayek en 1944, dans *The road of serfdom* (« La route de la servitude »²)), rendait les idées holistiques d'autant plus suspectes qu'elles étaient avancées sur la base d'arguments issus de la biologie : en leur conférant un haut niveau d'abstraction et de généralité, il s'agissait aussi dans une certaine mesure pour lui d'éviter cet écueil tout en persistant à promouvoir sa vision. Et l'on peut penser que le constat parallèle de l'intérêt pour sa « systémologie biologique » de psychologues tels que Thumb³, d'un éthologue comme Lorenz, d'économistes tels que Jöhr et von Hayek, voire de physiciens comme Prigogine et March, incita Bertalanffy à percevoir l'opportunité de s'engager résolument dans la publication de son projet en vue de pouvoir créer un terrain favorable à la réorientation de ses travaux hors du domaine biologique. Sa correspondance montre que ses publications du tournant des années 1949-1951 opérèrent précisément en ce sens, puisque nombre des courriers enthousiastes qu'il reçut alors de psychologues et de représentants des sciences sociales se

¹ On peut ainsi observer que la plupart des développements en physique, en biologie et surtout en psychologie invoqués par Piaget en 1968 dans son essai synthétique sur le structuralisme (Piaget J. (1968, 1996)), étaient aussi des références constantes de Bertalanffy en 1945-1950.

² Hayek F.A. von (1944, 1993).

³ Thumb N. (1943).

marquaient par des invitations à des travaux communs¹. Son article de 1951 sur les modèles théoriques en psychologie, publié dans le *Journal of personality*, est un indicateur typique de l'effet concret de cette réorientation en cours. Faire connaître son projet de « systémologie générale » semble ainsi avoir été aussi un moyen pour Bertalanffy d'optimiser ses chances de s'ouvrir de nouvelles portes académiques afin de sortir au plus vite du marasme où il se trouvait à Vienne (et, comme je le montrerai, même par la suite lorsqu'il fut en poste à Ottawa). C'est cet arrière-plan qu'il faut conserver à l'esprit lorsque l'on considère les premiers discours de Bertalanffy sur ce projet.

3-1-2 – *Les arguments et postulats fondateurs de Bertalanffy*

3-1-2-1 – *Le constat de « parallélismes » holistiques*

Le premier argument qu'il avança et qui lui servit systématiquement d'introduction, était ce qu'il appelait le « parallélisme » de certains développements holistiques à la fois « similaires » et « indépendants » que la science contemporaine donnerait à voir. Par quoi il référerait à l'émergence de certains concepts et principes centrés sur la catégorie de « totalité » :

Le futur historien de notre temps remarquera comme l'un de ses plus étonnants phénomènes le fait que depuis la première guerre mondiale, des conceptions pour l'essentiel concordantes sur le monde, la vie, l'âme et la société se sont formées non seulement dans les différentes sciences, mais aussi dans les différents pays².

Des points de vue généraux similaires sont présents dans toutes les branches de la science, indépendamment du fait que des choses inanimées, des organismes, des phénomènes mentaux ou sociaux soient concernés. Ce parallélisme est d'autant plus frappant que ces développements sont largement inconscients les uns des autres³.

Le développement de la science contemporaine se caractérise par un parallélisme étonnant. Ont surgi dans les domaines particuliers et *de manière totalement indépendante* des principes généraux similaires dont on peut indiquer comme suit la teneur : tandis que la pensée scientifique du siècle précédent s'efforçait d'expliquer les événements par le jeu d'entités élémentaires étudiées de manière indépendante surgissent désormais *au premier plan* dans tous les domaines des conceptions que l'on a, au moyen d'un terme plutôt vague, coutume de qualifier de « holistiques » [« *ganzheitlich* »]⁴ [...] Ces évolutions des sciences particulières représentent l'expression d'un *changement général de structure intellectuelle* [*allgemeinen geistigen Strukturwandel*]⁵.

Bertalanffy évoqua tantôt les « problèmes de totalité, de *Gestalt* et de structure »⁶, tantôt les « principes généraux de totalité et d'organisation et la conception dynamique du réel »⁷. Il ajouta en 1949 à ces derniers la « compréhension du caractère essentiellement statistique des lois scientifiques », ainsi que du « trait intrinsèquement contradictoire de la réalité » dont le « principe de complémentarité de la mécanique quantique » pourrait être vu comme l'expression emblématique⁸. La relative prudence avec laquelle il utilisait le terme « holistique » doit être relevée. Dans son texte de 1945, il le qualifia de « terme très souvent utilisé à mauvais escient », au lieu de le décrire comme « vague »⁹. Observons encore que Bertalanffy parla dans ce même texte non seulement de « conceptions » holistiques, mais aussi de « phénomènes », terme dont la suppression dans la reprise de cet article en 1949 n'est pas anodine : on peut y voir un souci d'éviter de s'engager sur le terrain des controverses entre réalisme et constructivisme. Par ailleurs, il n'opposa plus seulement en 1950 et 1951 le mouvement qu'il

¹ Des correspondances très significatives à cet égard sont celles qu'il entretint dans la période 1948-1952 avec les psychologues Trigant Burrow, David Krech, Abraham Maslow et Egon Brunswik, avec le psychiatre Karl A. Menninger, ou encore avec le sociologue Hugo O. Engelmann et le philosophe Arthur Bentley. *Archives du B.C.S.S.S.*

² Bertalanffy L. von (1951d), p. 240.

³ Bertalanffy L. von (1951b), pp. 302-303.

⁴ Bertalanffy L. von (1945), p. 1 et (1949b), p. 114. Voir aussi (1950b), p. 134.

⁵ Bertalanffy L. von (1945), p. 2. Les italiques me sont propres. Voir aussi (1951d), p. 239 et (1953a), p. 237.

⁶ Bertalanffy L. von (1945), p. 1.

⁷ Bertalanffy L. von (1948a), p. 267 ; (1949b), p. 114 et (1953a), p. 237.

⁸ Bertalanffy L. von (1949e), p. 165.

⁹ Bertalanffy L. von (1945), p. 1.

s'efforçait de décrire à la science du XIX^e siècle : il en vint carrément à l'opposer à « la science des siècles passés », qui aurait « dès ses origines été gouvernée par des principes de type élémentariste » tandis que « le progrès dans toutes les sciences » serait confronté à « des problèmes de type non-élémentariste ou synholistique »¹.

Plusieurs critiques peuvent déjà être adressées à cette manière d'introduire son discours. La première est le trait caricatural de l'opposition qu'il cherchait à construire avec le XIX^e siècle ou même avec les siècles précédents. Car d'une part il n'ignorait pas la profondeur des enracinements des développements auxquels il faisait allusion (dont ses propres travaux) dans ce passé. D'autre part, l'ampleur et la généralité de ces développements (il alla jusqu'à parler de leur « uniformité »²) ne se conformaient certainement pas à ce qu'il en disait. Mes deux premières parties montrent que l'avènement d'approches holistiques n'affecta pas tous les domaines du savoir ni même toutes les sciences, qu'il ne le fit en tout état de cause pas de la même manière et au même degré selon les cas. Il était bien hasardeux de sa part de laisser entendre que le holisme s'était imposé comme un nouveau mode de pensée : ce ne fut le cas dans aucun domaine particulier dans le monde non germanophone ; et on ne peut en fait guère trouver que la biologie et la psychologie allemandes et autrichiennes des années 1920 et 1930 comme lieux où il put un moment prétendre à cette domination, sans même y parvenir. Au moins un critique de Bertalanffy releva d'ailleurs avec raison que la bibliographie de *Das biologische Weltbild* manifestait le caractère « essentiellement germanique » du « mouvement » incarné et mis en avant par Bertalanffy³. Enfin, mes première et seconde parties réfutent dans son principe l'idée que les diverses expressions du holisme dans la vie intellectuelle récente et contemporaine étaient « totalement indépendantes », comme le prétendait Bertalanffy. Si cet argument joua, comme je le montrerai plus loin, un rôle crucial dans son argumentation, il n'en était pas moins fallacieux tel qu'il était présenté. Car non seulement les promoteurs d'approches holistiques se nourrissaient mutuellement de leurs travaux respectifs au sein de chaque discipline concernée, mais les influences et les échanges furent nombreux entre ces disciplines, qu'il s'agisse par exemple de l'impact des « révolutions » en physique ou des interactions entre psychologie, biologie et médecine, avec le rôle d'exemple joué par la théorie de la *Gestalt*. Il eût en fait été plus correct et prudent d'affirmer que certains concepts et principes généraux d'inspiration holistique s'étaient récemment révélés pertinents et féconds pour appréhender certains phénomènes *a priori* indépendants, entre lesquels aucune connexion ne semblait possible si ce n'est au moyen de ces concepts et principes.

Les exemples que Bertalanffy donna afin d'illustrer son constat ont tous été discutés dans mes précédentes parties, ces discussions montrant justement qu'ils n'étaient pertinents ni pour affirmer la généralité de l'avènement considéré, ni pour avancer l'indépendance de ses manifestations. Ils révèlent aussi l'existence d'un certain décalage, propre à cette période intermédiaire entre la fin de la guerre et son émigration en Amérique : Bertalanffy se référait presque exclusivement à des travaux et débats caractéristiques de l'entre-deux guerres voire du dix-neuvième siècle et surtout typiques du monde germanophone, alors que des développements américains et contemporains de son discours, sur lesquels je reviendrai au 3-3 (notamment la cybernétique), l'auraient certainement mieux servi.

En *physique*, il évoqua l'abandon du déterminisme laplacien et la promotion de la catégorie de « totalité » en mécanique quantique, la « dissolution des structures rigides en une dynamique » en physique de la matière et du rayonnement (mécaniques relativiste et ondulatoire, étude de la radioactivité) et le surgissement de « problèmes d'organisation et de structure » (atomistique, stéréochimie, cristallographie).

En ce qui concerne la *biologie*, Bertalanffy n'hésita pas à affirmer que l'on observait « dans tous les domaines particuliers une transition d'une conception sommatrice résolvant l'être et l'événement organiques en éléments et processus isolés, vers une conception 'organismique' mettant en avant l'ordre ou l'organisation résultant d'interactions dynamiques », en se référant... à lui-même⁴ ! S'il avait effectivement pour sa part cherché à investir tous les domaines biologiques au moyen de cette conception (et en s'appuyant sur les évolutions de la physique...), il était hasardeux d'identifier cet investissement à une « transition » de « tous » les domaines vers cette conception, quand bien

¹ Bertalanffy L. von (1950b), p. 134 et (1951b), p. 302.

² Bertalanffy L. von (1948a), p. 268 et (1951d), p. 239.

³ Egler F.E. (1953), p. 443.

⁴ Bertalanffy L. von (1945), p. 1 ; (1948a), p. 268 ; (1949b), p. 114 ; (1950b), pp 134-135.

même maints travaux biologiques antérieurs à 1944, que j'ai considérés au 1-4-5 et dont il fit pour l'occasion dans *Das biologische Weltbild* une liste partielle détaillée (en la limitant toutefois aux productions germanophones), étaient en phase avec les siens¹.

Lorsqu'il évoqua le cas de la *médecine*, c'est en se limitant à mentionner les courants discutés au 1-4-6 de la médecine allemande des années 1930 congruents avec sa biologie « organismique », qui s'appuyaient effectivement parfois sur elle (en citant par exemple la très particulière « théorie de la constitution »), que Bertalanffy se crut autorisé à conclure au « développement de positions holistiques » sous la forme d'une « médecine organismique »².

Le même biais se retrouve dans sa discussion de la *psychologie* : y négligeant allègrement le courant behavioriste et se référant en fin de compte à une situation déjà largement antérieure, il affirma qu'une « conception holistique » s'y était « substituée à la psychologie associative », en s'appuyant exclusivement sur la théorie de la *Gestalt* – qu'il s'agisse bien sûr des travaux de Köhler, mais aussi de la *Psychologie* de Metzger publiée en 1941, dont il affirma certes assez légitimement qu'elle pouvait « dans tous ses énoncés principaux être traduite dans le 'langage' de la biologie organismique »³.

Bertalanffy se référa par ailleurs à la morphologie historique de Spengler et à celle, plus récente, d'Arnold Toynbee, pour affirmer en 1945 en des termes plus imprégnés du contexte antérieur de formation de ses idées que fidèles à la réalité contemporaine que des « développements correspondants » se produisaient dans les *sciences sociales* : la « conception libéraliste [*liberalistisch*] de la communauté humaine qui la considère comme une somme d'individus en tant qu'atomes sociaux » aurait été « remplacée par la conception du peuple et de la société comme une totalité primaire » et « le développement de la culture dans ses domaines particuliers » apparaîtrait désormais comme « le produit [*Leistung*] de totalités supra-individuelles »⁴. L'affirmation fut réitérée en 1950 dans sa première publication en anglais sur la « systémologie générale », où il évoquait la « tendance présente à considérer une société, une économie ou une nation comme un tout subordonnant ses parties », les civilisations apparaissant « sinon comme des super-organismes comme le soutint Spengler, du moins comme des entités ou systèmes supra-individuels comme l'exprime la conception de l'histoire de Toynbee »⁵. En réalité, il ignorait ici la montée en puissance de l'« individualisme méthodologique » qui s'opérait dès cette époque sous l'impulsion des critiques du « collectivisme méthodologique » de son ami von Hayek⁶. Il s'agissait bien d'une omission volontaire et non d'une réelle ignorance des évolutions réelles des sciences sociales. Ceci se révèle dans le même passage lorsque Bertalanffy, visiblement conscient du changement de climat intellectuel et soucieux d'éviter que son projet ne soit associé aux formes totalitaires de pensée politique (ce qui se marque déjà par ses distances formellement prises avec Spengler), se réfère précisément à l'économiste afin de déplorer que ladite conception holistique soit « à la base de toutes les diverses formes de collectivisme, dont les conséquences sont souvent désastreuses pour l'individu et qui ont profondément influencé nos vies dans l'histoire contemporaine »⁷. En fait, la prise de conscience par Bertalanffy de la nécessité impérieuse de se dissocier des dérives et perversions du holisme au cours des années 1930 se manifesta déjà en 1949 dans un essai qu'il consacra cette année-là à Goethe, où il ne fit en définitive que renouer avec ses propres critiques antérieures à 1934 ; il souligna en effet alors que si les concepts de *Gestalt* et de « totalité », d'une importance éminente chez Goethe et pourtant « refoulés dans la vision mécaniciste du monde », apparaissaient de nouveaux comme des « problèmes centraux », ils s'étaient révélés « hautement problématiques et même dangereux », nécessitant donc un emploi critique⁸.

Le dernier domaine que Bertalanffy prit à témoin pour servir son argument introductif est celui de la *philosophie*. S'il se limita à évoquer la métaphysique de la stratification et des « catégories fondamentales » de Hartmann dans son article de 1945 (destiné aux philosophes allemands), il ajouta en 1949 et 1950 à cet exemple qui lui tenait particulièrement à cœur la doctrine émergentiste de Lloyd

¹ Bertalanffy L. von (1949e), pp. 169-174 et pp. 176-177.

² Bertalanffy L. von (1948a), p. 269 et (1949e), pp. 174-175.

³ Bertalanffy L. von (1945), p. 2 ; (1949b), p. 114 ; (1948a), p. 269 ; (1949e), pp. 177-181 ; (1950b), p. 135.

⁴ Bertalanffy L. von (1945), p. 2.

⁵ Bertalanffy L. von (1950b), p. 135.

⁶ Hayek F.A. von (1944, 1993) et (1955b).

⁷ Bertalanffy L. von (1950b), p. 135.

⁸ Bertalanffy L. von (1949d), p. 358.

Morgan, le « mécanisme organique » de Whitehead, le holisme métaphysique de Smuts et le matérialisme dialectique de Marx et Engels. Les problématiques et les concepts développés par ces philosophies justifiaient que Bertalanffy, malgré leur indéniable diversité (et même dans certains cas de de leurs oppositions), les associe au mouvement intellectuel dont il s'efforçait de faire apparaître l'ampleur¹.

C'est en invoquant Hartmann que Bertalanffy pointa un autre aspect du « changement général de la structure intellectuelle » dont il percevait la solidarité avec ce mouvement unificateur, en dépit de l'apparente contradiction : celui de la diversité, de l'autonomie des sphères du « réel », qu'il en vint à interpréter comme un postulat « régulateur ».

3-1-2-2 – *Le constat de « parallélismes » émergentistes et le postulat « régulateur » d'une stratification du « réel » en « niveaux d'organisation » autonomes*

Bertalanffy voyait en effet la promotion du holisme aller de pair avec la récusation des réductionnismes et l'affirmation de la légitimité et de la nécessité de positions émergentistes. Quitte, une fois encore, à exagérer l'ampleur de cette affirmation, et à opérer pour l'occasion certaines confusions grossières telles que celle du déterminisme laplacien et de la réduction de toutes les lois scientifiques à celles de la physique. Son soin de marquer d'emblée son projet « systémologique » général d'un tel sceau se comprenait il est vrai d'autant mieux si l'on songe à son souci de s'attirer l'intérêt des représentants des sciences non physiques, en particulier des psychologues et des sociologues ; un souci qui peut aussi expliquer qu'il ne se soit pas référé à Comte, alors même qu'il défendait sur ce sujet spécifique une position identique à celle du positiviste français :

Un moment antithétique fait face à cette unité de la nouvelle vision de la nature et du monde. Partout les niveaux supérieurs de la réalité reposent sur les niveaux inférieurs ; mais à chaque niveau se manifestent de nouvelles régularités d'ordre. Nous ne considérons plus comme un objectif de la science de réduire sans reste les niveaux supérieurs de la réalité aux niveaux inférieurs, c'est-à-dire l'événement spirituel à l'événement psychique, le psychique au biologique, le biologique au physique et, en dernière analyse, de réduire tout événement au « jeu des atomes » au sens de la vision mécaniciste du monde. Au contraire, la légalité spécifique des différents niveaux de réalité et des domaines du savoir correspondants est reconnue².

Le parallélisme [des conceptions holistiques qui se sont affirmées dans les différents domaines du savoir] n'est pas fondé sur la foi laplacienne en une réduction finale de tous les phénomènes à la physique et à la chimie et, ultimement, à un jeu d'atomes ; nous sommes au contraire conscients de l'autonomie des lois aux différents niveaux de réalité³.

Le Viennois jugea avec raison utile, au cours du colloque d'Alpbach de 1947, de bien préciser que son insistance sur le retour récurrent de mêmes « principes généraux » pour des « systèmes de différentes natures » n'« impliqu[ait] en rien que toute différence entre ces systèmes soit effacée » :

Pour [étudier] chaque système particulier, nous avons besoin de lois spécifiques. Je parle de différents niveaux d'organisation ayant leur propre légalité⁴.

Il n'y avait rien d'essentiellement nouveau ici, à ce détail important près que Bertalanffy étendait pour la première fois explicitement par-delà le monde purement biologique la vision architectonique inhérente à sa « systémologie biologique » qu'il avait exposée dès 1932 ; une extension dont il n'avait alors fait que suggérer la possibilité. Il laissa de surcroît encore transparaître en 1951, comme nous l'avons vu le faire dans les années 1930, sa foi rationaliste en la possibilité d'acquiescer de l'intérieur de ce monde stratifié une maîtrise conceptuelle – la doctrine cusaine du tout susceptible de se refléter plus parfaitement en l'homme qu'en ses autres parties montrant une nouvelle fois sa prégnance ici :

Au-dessus des organismes individuels s'élèvent encore d'autres entités de vie, les communautés de vie des plantes et d'animaux, mais aussi les peuples et les cultures humains. Nous devinons une monumentale architectonique du monde, connexe [*zusammenhängend*] mais ouverte à chaque

¹ Bertalanffy L. von (1945), p. 2 ; (1949e), pp. 181-185 ; (1950b), p. 135.

² Bertalanffy L. von (1945), p. 2.

³ Bertalanffy L. von (1951b), p. 303.

⁴ Bertalanffy L. von (1948b), p. 359.

niveau à de nouvelles régularités, qui nous englobe nous-mêmes et au-dessus de laquelle nous nous élevons à mesure que nous l'embrassons par notre connaissance¹.

Bertalanffy présentait ces thèses de telle manière qu'elles n'apparaissent pas comme une idiosyncrasie, mais il fut avare en exemples d'auteurs les ayant soutenues : Hartmann fut le seul. Il est vrai qu'il lui était plus simple de se référer à la métaphysique de ce dernier, qui présentait l'avantage d'être systématique. Mais l'inconvénient était de donner l'impression que la « thèse de la stratification » était un postulat métaphysique sur lequel reposait sa « systémologie générale ». Et il n'est pas étonnant que Hempel l'interpela à ce sujet ; après lui avoir concédé qu'un physicalisme terminologique est intenable, il lui fit remarquer qu'aucune raison de principe ne saurait invalider le physicalisme nominal, tout en réaffirmant l'argument néo-mécaniciste de la valeur exclusivement méthodologique de ce dernier :

La réductibilité des lois des sciences non physiques à celles de la physique est une question ouverte et il en va donc de même de la vision que lui oppose Bertalanffy d'une autonomie des lois dans différents champs de l'expérience. On ne saurait y répondre seulement sur des fondements *a priori* ou au moyen de méthodes philosophiques ; elles appellent une poursuite de la recherche scientifique. De plus, les significations des vues opposées [au physicalisme] ne sont pas claires puisqu'elles doivent être interprétées comme référant à un stade futur de la recherche scientifique, et que nous ne disposons d'aucun critère général au moyen duquel les futures lois scientifiques peuvent être sans ambiguïté classifiées comme physiques ou non-physiques. Il apparaît dès lors plus pertinent d'interpréter le physicalisme ainsi que le mécanisme au sens large non comme des thèses [métaphysiques], mais comme des *maximes heuristiques* pour la recherche scientifique².

La critique était en fait pour l'essentiel injustifiée puisque nous avons vu au 2-3-2 que jamais Bertalanffy ne soutint l'idée d'une irréductibilité de principe de la biologie à la physique, qu'il avait lui-même dès 1932 attiré l'attention sur le problème de la signification que revêt de toute façon le terme « physique » quant à cette question, et qu'il avait aussi bien affirmé alors que seule la recherche future permettrait éventuellement de trancher cette question. Mais le mérite de Hempel était au moins d'inciter Bertalanffy à clarifier sa position, c'est-à-dire en fait à rappeler ce qu'elle avait été dès le début des années 1930. À savoir, comme je l'ai montré au 2-2-3-9, que la « thèse de la stratification » (ou de l'« émergence ») est purement méthodologique ou, plus précisément, qu'il s'agit d'une thèse métaphysique dont on fait consciemment un usage « régulateur » ; et qu'il s'agit d'un statut qu'elle partage effectivement avec le postulat physicaliste et tout postulat réductionniste en général, de telle sorte qu'il s'agissait non pour Bertalanffy d'imposer une quelconque exclusivité, mais bien plutôt d'insister sur la légitimité et la nécessité de perspectives complémentaires :

Eu égard à la question de la « réductibilité », je n'avance pas comme le prétend Hempel l'« autonomie des lois dans différents champs de l'expérience » comme une vision opposée, et suis parfaitement d'accord sur le fait que la question de savoir si et comment une réduction peut être réalisée ne peut recevoir de réponse qu'au moyen de la recherche elle-même. Mais il apparaît que les deux visions, que l'on peut qualifier de « thèse de la réduction » et de « thèse de la stratification », sont d'indispensables maximes de recherche. La « thèse de la réduction » [...] est bien sûr fondamentale dans l'étude physico-chimique des phénomènes biologiques, dont les réussites n'ont pas besoin d'être soulignées. Mais d'un autre côté, la « thèse de la stratification » nous prévient que les principes des niveaux supérieurs doivent être établis comme des lois « autonomes » avant qu'une réduction puisse être tentée³.

Et de même qu'en 1932, il prit les histoires de la chimie et de la biologie comme illustrations. Bertalanffy avait en fait déjà consacré dans le même esprit plusieurs pages de *Das biologische Weltbild* à expliquer qu'en tant que « science descriptive », une science *B* ayant trait à un « niveau » d'organisation déterminé est toujours irréductible à une science *A* d'un « niveau inférieur ». Et (nous l'avons vu au 2-3-2-8) que l'élaboration d'explications autonomes (au sens nomologico-déductif) telles que des « statistiques d'ordre supérieur » permettant le développement de *B*, tout en ne s'opposant pas à des analyses visant à réduire ces explications aux lois régissant *A*, stimule en fait

¹ Bertalanffy L. von (1951d), p. 32.

² Hempel C.G. (1951), p. 321. Les italiques me sont propres.

³ Bertalanffy L. von (1951b), p. 343. Voir aussi Lettre de Bertalanffy L. von à Bendmann A. du 31/03/1966 (*Archives du B.C.S.S.S.*), où Bertalanffy dit admettre le principe d'émergence à la seule condition qu'il soit « libéré d'implications métaphysiques ».

l'élargissement de cette dernière, toujours nécessaire pour être en mesure d'appréhender les phénomènes étudiés dans *B*. Autrement dit, que *B* ne peut jamais être à proprement parler réduite à *A*, sauf à comprendre que *A* s'est elle-même assez étendue pour pouvoir englober *B* à l'issue d'un processus de « synthèse »¹.

3-1-2-3 – *Le postulat de l'existence de lois et de principes systémiques généraux*

Bertalanffy faisait chaque fois suivre son premier postulat de stratification du « réel » constitutif de sa « systémologie générale » d'un second postulat, qu'il présentait comme une réponse à la question inévitablement posée par les deux premiers moments de son discours :

Comment le parallélisme général des développements dans les différents domaines scientifiques est-il possible tout en reconnaissant leur légalité spécifique ?²

Quelle est l'origine des correspondances entre ces principes généraux qui se révèlent partout les mêmes, que l'on traite d'objets naturels non vivants, d'organismes ou de processus psychologiques, sociaux ou historiques ?³

Cette réponse advint en quatre temps, et l'intérêt de son article non publié de 1945 est précisément que c'est le seul où Bertalanffy détailla ces quatre étapes de son argumentation – le fait qu'elles ne soient pas simultanément présentes dans ses exposés ultérieurement publiés étant une source de multiples critiques légitimes.

Le premier moment de sa réponse consistait à pointer un phénomène plus spécifique que le surgissement dans un premier temps évoqué de « conceptions », « points de vue » ou « principes généraux » similaires dans les différentes branches de la science : ce qu'il décrivit comme « le phénomène frappant que des *lois structurellement identiques ou isomorphes* s'appliquent à des domaines fondamentalement différents »⁴. C'est à cette occasion qu'il introduisit une distinction entre « (*simples*) analogies » et « *homologies (logiques)* », dont j'ai déjà discuté les sources en morphologie. Les premières étaient ainsi définies :

Il s'agit de ressemblances superficielles [*äußerliche Ähnlichkeiten*] de plusieurs phénomènes, entre lesquels ne se correspondent ni les facteurs sous-jacents, ni les lois [*Gesetzmäßigkeiten*] qui les gouvernent⁵.

Bertalanffy fournit dans tous ses articles les mêmes exemples de telles « analogies » : les « analogies du vivant » telles que la comparaison de la croissance d'un organisme à celle d'un cristal ou d'une formation osmotique ; la comparaison d'une « communauté de vie » (ou biocénose) à un organisme individuel en tant qu'entités hiérarchisées ; et la comparaison des cours d'évolution temporelle respectifs d'un peuple et d'un organisme individuel. Bertalanffy définissait par opposition les « homologies » en retenant certes le premier des deux critères caractéristiques d'une « analogie », mais en lui adjoignant la négation du second critère :

Elles se présentent lorsque les facteurs à l'œuvre dans deux phénomènes sont différents, tandis que les lois [*Gesetzmäßigkeiten* ou *Gesetze*] qui s'y appliquent sont en correspondance formelle⁶.

Et il appelait « isomorphisme » une telle « correspondance formelle »⁷. Comme le fit Hempel, on peut toutefois objecter à Bertalanffy que la distinction ainsi opérée n'est pas essentielle mais est plus « une question de degré », portant sur « le nombre, l'étendue et la précision quantitative des lois isomorphes impliquées »⁸. Dans sa définition fournie aussi bien en 1945 qu'en 1947 et en 1949, Bertalanffy utilisa le terme *Gesetz* dans les deux derniers cas et le terme *Gesetzmäßigkeit* dans le premier afin de désigner ce que je traduis par « loi ». Ce n'est pas anodin car comme il va apparaître, c'est en fait une

¹ Bertalanffy L. von (1949e), pp. 143-151, surtout p. 145, p. 147 et p. 151.

² Bertalanffy L. von (1945), p. 2.

³ Bertalanffy L. von (1948a), p. 267. Voir aussi (1949b), p. 114 et (1950b), p. 136.

⁴ Bertalanffy L. von (1951b), p. 305.

⁵ Bertalanffy L. von (1945), p. 22 ; (1948a), p. 270 et (1949b), p. 127.

⁶ Bertalanffy L. von (1945), p. 22 ; (1948a), p. 271 et (1949b), p. 127.

⁷ Bertalanffy L. von (1945), p. 2.

⁸ Hempel C.G. (1951), p. 316 et (1965), p. 436.

compréhension assez étendue de la « loi » qu'il investissait pour définir son concept d'« homologie » ; une compréhension correspondant peut-être mieux au terme « régularité », par lequel on peut aussi bien traduire *Gesetzmäßigkeit* et qui laisse place à un type de relation n'ayant pas nécessairement un caractère mathématique ou logico-mathématique. Le fait est que Bertalanffy exemplifia son concept de trois manières différentes.

Il évoqua d'abord la récurrence de certaines lois *mathématiques*, citant des cas où les êtres concernés et les processus impliqués sont « totalement différents », mais où « la loi qui les domine a toujours la même structure » et est de type mathématique : la loi exponentielle, susceptible de décrire aussi bien le phénomène de désintégration radioactive que l'évolution d'une population (de bactéries, d'animaux ou d'êtres humains), la perte de poids d'un animal en état de jeûne, la relation entre stimulus et sensation (loi de Weber-Fechner), voire l'accroissement des connaissances humaines et des publications scientifiques¹ ; la loi logistique, applicable tant en chimie physique qu'en théorie de la croissance organique et en démographie² ; la loi allométrique, que l'on retrouve en biologie de la croissance relative, en physiologie du métabolisme, en biochimie et en paléontologie, mais aussi en économie (loi de Pareto de distribution des revenus)³ ; ou encore les équations de diffusion, qui s'appliquent aux flux de chaleur comme en mécanique des fluides⁴. Bertalanffy y ajouta l'exemple qui lui était cher de l'isomorphisme entre la « dynamique démographique » de Volterra et la mécanique analytique, notamment eu égard au « principe de moindre action », tout en pointant la récurrence de principes similaires d'optimalité dans d'autres domaines (loi de Lenz en électrodynamique, principe de Le Châtelier en chimie physique)⁵. Il mentionna enfin en 1950 le « principe » d'oscillations de relaxation, qui s'applique dans l'étude de maints phénomènes physiques, mais aussi en physiologie nerveuse et en théorie des systèmes biocénétiques⁶ : de telles oscillations sont effectivement justiciables d'une même définition cinématique⁷, ce que Bertalanffy ne précisa toutefois pas.

Hormis dans son article non publié de 1945, il concentra par la suite (jusqu'au milieu des années 1950) ses considérations presque exclusivement sur les cas d'isomorphismes à caractère mathématique – certainement parce qu'il avait le souci de ne pas prêter le flanc aux accusations de « vagues analogies ». Deux exemples détaillés en 1945 afin d'illustrer ce qu'il entendait par « homologies » montrent toutefois qu'il n'entendait pas les restreindre aux cas de dépendance nomothétique ayant atteint le stade de la formalisation mathématique :

La même chose vaut pour les phénomènes où les principes généraux peuvent être décrits en langage ordinaire bien qu'ils ne puissent pas être formulés en termes mathématiques⁸.

L'essentiel était en fait pour lui qu'on ait affaire, entre des groupes de concepts différents, à une correspondance dans la forme des relations entre ces concepts : l'« homologie » désignait une correspondance de structures conceptuelles et le terme restait dans l'esprit de Bertalanffy applicable à des modèles non formalisés, pourvu qu'ils organisent avec rigueur des concepts clairement définis. Son second exemple concernait un cas où deux groupes de phénomènes très différents, à savoir les processus de régulation morphogénétique et les processus de régulation dans la perception des formes, se révèlent justiciables de principes similaires : non au sens de la formulation mathématique (cette fois absente), mais au sens où se devine (au moins partiellement) une même structure logique des énoncés reliant les concepts développés pour l'étude de chacun des deux domaines phénoménaux considérés – en l'occurrence, il s'agissait des principes de la théorie de la *Gestalt*, en particulier tels que Köhler les avait transposés à l'étude de l'autorégulation biologique. Son troisième exemple exhibait quant à lui un cas de deux situations *a priori* totalement étrangères l'une à l'autre, qui se prêtaient pourtant en fin de compte au développement d'un même vocabulaire et à la formulation d'un même principe général : celui d'évolution parallèle à partir d'une origine commune. L'évolution des langues germaniques montrait qu'à partir d'une même langue originelle se produisirent des changements phonétiques

¹ Bertalanffy L. von (1945), pp. 2-3. (1948a), p. 271; (1950b), p. 136; (1951b), p. 305; (1953a), p. 237.

² Bertalanffy L. von (1950b), p. 136 ; (1951b), p. 305.

³ Bertalanffy L. von (1950b), p. 137 ; (1951b), p. 306.

⁴ Bertalanffy L. von (1948a), p. 271.

⁵ Bertalanffy L. von (1950b), p. 137 ; (1951b), p. 306.

⁶ Bertalanffy L. von (1950b), p. 137.

⁷ Voir par exemple Abelé J. (1945).

⁸ Bertalanffy L. von (1950b), p. 137.

identiques dans des groupes de population géographiquement éloignés et n'entretenant aucune relation : la langue originelle développa une même logique évolutive dans chacun de ces groupes, de manière strictement parallèle. Et Bertalanffy connecta cette situation à celle qui avait été observée en paléontologie dans maintes lignées phylogénétiques : le groupe des titanothères, par exemple, se scinda à partir d'un petit ancêtre commun en plusieurs espèces différentes qui, là encore sans qu'aucune interaction ne soit connue ni concevable, développèrent identiquement des caractéristiques morphologiques nouvelles (telles que de gigantesques cornes)¹.

Une fois pointée l'existence de ces « homologues », Bertalanffy put reconsidérer sa question initialement posée de l'origine des « parallélismes » holistiques, et y répondre au moyen de trois nouveaux arguments. L'intérêt de ce détour, comme il le laissa lui-même transparaître, était que l'une des « racines » qu'il trouva à ces « parallélismes » peut être « au mieux reconnue là où l'on a affaire à des lois au sens strict du terme, c'est-à-dire à des formulations mathématiques exactes », parce qu'« elle tient à notre connaissance ». En effet, une raison de la récurrence dans différents domaines de lois telles que les lois exponentielles et logistiques (solutions des équations différentielles du premier ordre que nous avons vu avec Lotka se trouver être les plus élémentaires) était selon lui que l'on privilégie naturellement la mise en œuvre des formalisations mathématiques les plus « simples », c'est-à-dire celles dont le traitement exact est connu, et que cette inclination limite drastiquement les possibilités. Et comme il ne concevait de surcroît aucune mathématisation sans modèle conceptuel sous-jacent, il en vint logiquement à étendre ce jugement par-delà les formes de mathématisation, conformément à la vision perspectiviste de la science comme « art de l'omission » qu'il exposait d'ailleurs à la même époque, et que j'ai discutée au 2-2-1-6 :

Une racine de l'isomorphisme de lois tient au fait qu'il est certes facile de former des équations différentielles arbitrairement compliquées, mais qu'il est difficile de les résoudre : il y a une limite au nombre des équations différentielles simples à notre disposition, que nous mettrons naturellement autant que possible en œuvre afin de décrire des processus ; de sorte que des lois différentielles ou intégrales structurellement similaires surgiront dans l'étude de phénomènes tout-à-fait différents. Et ce principe vaut aussi bien non seulement pour les autres sortes de calcul, mais aussi pour les énoncés qui sont formulés dans le langage courant et non dans le langage mathématique².

Le nombre de schèmes conceptuels disponibles pour l'interprétation de la réalité est plutôt restreint, de telle sorte qu'il n'est pas surprenant que des schémas similaires surgissent dans différents domaines, et qu'ils réapparaissent souvent au sein d'une même science³.

Mais il n'échappa pas à Bertalanffy que l'explication précédente ne pouvait en aucun cas être la seule et que si les isomorphismes ont une telle « racine » épistémologique, ils doivent également être d'une manière ou d'une autre « fondés dans la réalité » :

Ces schèmes et lois nous aideraient bien peu si la réalité (i.e. la totalité des événements observables) n'était pas, d'un autre côté, assez « aimable » pour permettre leur application. Il serait tout-à-fait pensable que la réalité soit si chaotique ou compliquée qu'elle ne se prête absolument pas à l'application des schèmes que nous permet de construire notre entendement limité. Qu'il n'en soit pas ainsi est la condition [*Voraussetzung*] préalable à la possibilité de toute science en général⁴.

Et c'est ici qu'entrait en jeu l'un de ses postulats perspectivistes fondamentaux, dont le 2-1-3-4 a montré les motivations profondes et les ascendances :

La *structure du réel* est telle qu'elle correspond eu égard à *certain*s traits formels à la *structure logique* de nos schémas conceptuels⁵.

Dans son article de 1945 non publié (et seulement dans celui-là), Bertalanffy prit d'ailleurs soin d'insister sur la compréhension perspectiviste qu'il faudrait avoir de ladite correspondance :

En affirmant cela, nous sommes évidemment conscients du fait que toutes les lois scientifiques ne représentent que des *abstractions* et des *stylisations*. Chaque science constitue *une* image

¹ Bertalanffy L. von (1945), p. 3 et (1953a), p. 237.

² Bertalanffy L. von (1945), p. 3.

³ Bertalanffy L. von (1945), p. 4 ; (1951c), p. 26 et (1953a), p. 237.

⁴ Bertalanffy L. von (1945), p. 4 et (1950b), pp. 137-138.

⁵ Bertalanffy L. von (1945), p. 4. Les italiques me sont propres.

schématisée de la réalité, au sens où *certain*s de ses traits d'ordre sont mis en *correspondance univoque* avec un schéma conceptuel [...] L'existence de la science démontre qu'il est possible de *restituer certains traits d'ordre du réel dans des formes conceptuelles d'ordre*¹.

L'adjonction simultanée des deux notions d'univocité et d'incomplétude incite à interpréter cette correspondance comme un isomorphisme f d'une partie P_R d'une « réalité » R (l'ensemble des aspects d'un phénomène jugés dignes d'intérêt) sur un modèle théorique T . C'est-à-dire que (1) tout élément x de P_R est « stylisé » en son image $f(x)$; (2) f est bijective en tant qu'application sur P_R (tout élément de T est l'image par f d'un unique élément de P_R), mais il n'y a pas de sens à se demander si T est la « vraie » représentation de R puisque ce modèle ne la représente que partiellement, selon son « style » propre et en faisant « abstraction » de certains de ses aspects ; (3) la structure des relations entre les éléments de T est préservée par rapport à celle de leurs antécédents dans P_R , ce qui peut dans une certaine mesure être mis en correspondance avec l'adage de Hertz selon lequel « les conséquences des images sont les images des conséquences » : si P_R est structurée au moyen d'une opération $*$ et si T l'est au moyen d'une opération \circ , alors pour tous éléments x et y de P_R , $f(x * y)$ (« l'image des conséquences ») s'identifie à $f(x) \circ f(y)$ (la « conséquence des images »).

Le problème est que dans aucun des discours de Bertalanffy sur la « systémologie générale » (donc en particulier dans aucun de ceux tenus entre 1945 et 1953) n'apparurent les arguments complémentaires fournissant des explications évolutionnistes et psychogénétiques des origines de cette correspondance, que j'ai discutées aux 2-1-3-6 et 2-1-3-7 : bien qu'esquissés très tôt (parfois dès 1937), ces arguments furent surtout développés à partir de 1955 et le furent sans relation explicite avec son projet « systémologique ». De sorte qu'il y avait ici une faiblesse, un manque de systématisme qui suscita dès lors inévitablement les accusations de fonder ce projet sur le postulat *métaphysique* d'un mystérieux « isomorphisme entre pensée et réalité »², alors que tel n'était pas le cas.

Quoiqu'il en soit, c'est armé des arguments qui viennent d'être exposés dans cette sous-section que Bertalanffy se jugea en mesure d'achever ses considérations fondatrices :

[Tous ces arguments] ne sont qu'une réponse provisoire à la question initialement posée des raisons des parallélismes des développements scientifiques dans différents domaines. Nous avons aussi constaté d'emblée que les développements scientifiques modernes ont en commun leur caractère « holistique ». Il en résulte que si le phénomène d'isomorphisme surgit dans différents domaines, cela doit reposer sur *des traits essentiels communs*, attribuables aux « *totalités* » considérées³.

Dans ce texte de 1945, il s'agissait donc finalement de dire que puisque des isomorphismes existent entre résultats de constructions scientifiques différentes d'inspiration « holistique » et puisque chacune de ces constructions a montré sa capacité à exprimer certains « traits d'ordre holistiques » du « réel », il est légitime d'en déduire que les « parallélismes » observés sont la manifestation d'une réalité plus profonde dont toutes ces constructions sont autant d'expressions ; une réalité qui ne peut avoir trait qu'à ce qu'elles ont en commun, à savoir leurs concepts et principes holistiques. Il apparaît en fait dans d'autres textes ultérieurs de Bertalanffy que cet argument rejoignait sa conception perspectiviste du processus d'objectivation ; souligner avec emphase l'indépendance des développements dont il parlait en mettant même en exergue les divergences d'ordres divers entre leurs arrière-plans, lui permettait d'argumenter l'objectivité de la réalité sous-jacente qu'il cherchait à dévoiler :

Qu'à partir de postulats, de problématiques scientifiques, d'idéologies et de programmes sociaux totalement différents voire contradictoires, émerge une vision du monde avec autant de traits concordants, montre la nécessité profonde de cette vision ; cela ne peut signifier autre chose que l'adéquation et la nécessité de ces conceptions fondamentales communes⁴.

En référence à ce processus tout en faisant allusion à sa théorie des systèmes ouverts, Bertalanffy évoqua même dans sa correspondance « une sorte d'équifinalité dans le domaine des idées »⁵ : elle exprimerait qu'en dépit de conditions antérieures différentes, les domaines du savoir, inévitablement confrontés à des problèmes résistant aux approches méristiques, ont chacun progressivement fait place

¹ *op. cit.* Les italiques me sont propres.

² Par exemple chez Müller K. (1996), pp. 245-253, en particulier p. 251 ; et chez Dubrovsky V. (2004).

³ Bertalanffy L. von (1945), p. 4. Les italiques me sont propres.

⁴ Bertalanffy L. von (1949e), p. 185 et (1951d), p. 243.

⁵ Lettre de Bertalanffy L. von à Bendmann A. (31/03/1966), *Archives du B.C.S.S.S.*

à la reconnaissance de la nécessité de concepts et de principes holistiques qui, en dépit de leurs habillages divers, ont convergé vers une même réalité dont leurs isomorphismes attestent l'existence.

Cette réalité, Bertalanffy lui donna la forme d'un postulat qui n'était autre que le postulat fondateur de sa « systémologie générale » :

Il existe des propriétés et principes généraux qui s'appliquent à *tout système*, c'est-à-dire qui découlent de la définition d'un « système », indépendamment de la nature du système, de ses éléments composants et de leurs relations mutuelles¹.

Cet énoncé inapproprié fut significativement modifié en 1950 : à la place de la prétention intenable à une généralité absolue se profila l'idée proprement morphologique de lois s'appliquant à tous les systèmes d'un même « type » ; des lois ayant un champ d'application restreint à certaines classes de systèmes restant à définir, selon des critères que Bertalanffy ne discutait pas encore (mais sa partition entre systèmes ouverts et fermés en fournissait un exemple) :

Il existe des lois systémiques générales [*general system laws*] qui s'appliquent à *tout système d'un certain type*, indépendamment des propriétés particulières du système et des éléments impliqués².

Avec ce postulat, Bertalanffy estimait fournir une rationalité à l'émergence « indépendante » de perspectives holistiques dans les différents domaines du savoir et l'occurrence répétée d'« homologues » entre ces domaines, dont cette émergence apparaissait solidaire. Et il faut remarquer qu'il référerait à deux classes épistémologiquement différentes d'isomorphismes, à savoir d'une part des correspondances entre actes de construction scientifique du « réel » et d'autre part des correspondances entre les produits de telles constructions :

[Le fait que certains principes s'appliquent à tous les systèmes indépendamment de leur nature] explique que des concepts similaires surgissent nécessairement dans différents domaines dès lors que des systèmes y sont considérés ; que des principes tels que totalité et somme, mécanisation, centralisation, ordre hiérarchique, atteinte d'un état stationnaire, équifinalité, etc. surgissent aussi bien dans les sciences de la nature qu'en psychologie, en sociologie et dans les sciences de l'esprit. L'isomorphisme des développements scientifiques dans les différents domaines repose sur la validité de principes systémiques généraux³.

Le fait qu'on ait affaire dans tous les domaines à des sciences de systèmes implique la correspondance formelle ou « homologie logique » de lois dans les différents domaines [...] Les homologues logiques découlent de caractères systémiques généraux et c'est pour cette raison que des correspondances formelles s'instaurent dans les différents domaines phénoménaux, conditionnant le développement parallèle des différentes sciences⁴.

On voit ici Bertalanffy effectuer à un degré de généralité supérieur le même geste que celui qu'il avait cherché à justifier dans la période 1940-1942 avec sa « théorie des systèmes ouverts » : repérer dans un premier temps des « homologues » entre des systèmes de différentes natures ; postuler sur cette base, en un mouvement ascendant d'abstraction, que des « principes systémiques généraux » purement formels peuvent en rendre compte ; puis affirmer en retour que ces « homologues » découlent nécessairement de ces principes :

Dans le cas d'une homologie de propriétés systémiques, on a affaire à une *correspondance formelle nécessaire qui s'enracine dans les objets eux-mêmes dans la mesure où ces derniers représentent justement des systèmes*, quelle qu'en soit la nature⁵.

Mais la manière dont Bertalanffy présenta ces considérations posait là encore un problème. Car indépendamment de la question passée sous silence de la multiplicité des définitions possibles d'un « système », elles avaient un parfum par trop marqué de réalisme conceptuel et semblaient tomber sous le coup de la critique nominaliste des « universaux » récusant l'idée que les concepts généraux réfèrent à des réalités immanentes pour lui opposer celle qu'ils ne sont que de purs produits de l'activité mentale, des conventions destinées à organiser l'expérience : Bertalanffy laissait

¹ Bertalanffy L. von (1945, p. 5) et (1948a), pp. 271-272 et (1949b), p. 115. Voir aussi (1951d), pp. 243-244. Les italiques me sont propres.

² Bertalanffy L. von (1950b), p. 138. Les italiques me sont propres.

³ Bertalanffy L. von (1945), p. 22. Voir aussi (1948a), p. 271 ; (1949b), p. 115 et p. 126 ; (1950b), pp. 138-139.

⁴ Bertalanffy L. von (1949e), p. 186-187. Voir aussi (1951d), p. 244.

⁵ Bertalanffy L. von (1945), p. 23. Les italiques me sont propres.

l'impression qu'existe quelque chose comme une « systémicité », une sorte d'Idée susceptible d'informer le « réel », existant en soi et toute droit issue d'un improbable ciel platonicien. En réalité, des réflexions déjà partiellement citées au 2-2-2-3 qu'il consacra par ailleurs à l'approche typologique de Goethe en 1949 montrent qu'il était hors de question pour lui de faire sienne cette interprétation. Ne cachant pas son identification à l'approche du père de la morphologie, il écrivit en effet alors :

Son image eidétique [de la plante archétypique] peut être variée à l'infini sans que cela ait un sens de demander si le thème originel est « réel », s'il est l'Idée platonicienne de ses variations [... Dans ses critiques à Goethe, Schiller a soulevé] le problème des universaux déjà discuté par les scolastiques médiévaux, avec la question de savoir si les concepts ou idées généraux existent réellement en tant qu'archétypes [*Urbilder*] platoniciens, s'ils sont de simples abstractions artificielles ou s'ils sont préformés dans les phénomènes. Mais Goethe, le poète, se fait peu de soucis au sujet de la position logique de ses « Idées » ; et il ne fait en cela que se rapprocher du chercheur en sciences de la nature qui, sous d'autres noms, est confronté au problème des universaux. Car la question de la « réalité » du type est identique à celle de la « réalité » des lois de la nature en général, qui de même ne courent pas libres dans la nature, mais sont un tissu de relations logiques qui ne souligne et ne décrit jamais que certains traits de la réalité¹.

Dans son article de 1945, l'impression d'un réalisme conceptuel s'estompe d'ailleurs si l'on prend en compte les arguments perspectivistes déjà considérés qui précèdent l'énoncé de son postulat, d'autant plus si l'on conserve à l'esprit sa conception des principes théoriques et des lois en tant que constructions visant à organiser le « réel » sur un mode particulier. S'y laisse deviner le point de vue qu'il cherchait en fait à promouvoir, discuté au 2-2-3 : il n'y aurait certes pas des « choses » constituant *en soi* des « systèmes », qu'il faudrait reconnaître dans leur « systémicité » et dont il s'agirait de dévoiler les lois en tant que systèmes ; mais l'on pourrait formuler des schèmes généraux d'interprétation systémique dont les constructions holistiques des dernières décennies pourraient être vues comme des paradigmes (Bertalanffy n'utilisait pas ce terme, mais bien le concept auquel il réfère ici, celui d'une illustration typique) ; des schèmes qui permettent de *constituer* certaines « choses » en des « objets » systémiques exhibant « certains traits structuraux de la réalité », et de les étudier dans cette perspective. Même dans cet article, Bertalanffy ne fut toutefois pas assez systématique pour que l'ambiguïté soit levée. Il ne fut pas publié, et le problème est que dans les articles qui le furent comme dans ses conférences, Bertalanffy n'articula jamais son postulat à sa théorie perspectiviste de la connaissance, si ce n'est laconiquement : il ne pouvait ainsi que susciter les incompréhensions.

3-1-2-5 – *Le projet d'une « systémologie générale »*

Si l'avènement de conceptions holistiques et les isomorphismes qui l'accompagnaient lui suggéraient ce postulat, il ne négligeait pas pour autant un indéniable aspect de cette évolution bien réelle – à défaut d'être aussi générale qu'il le prétendait. Il mit même en avant cet aspect au service de son argumentation, tel un obstacle à surmonter au plus vite :

La signification centrale du concept de « totalité » en biologie, psychologie, sociologie et autres sciences est en général reconnue de nos jours. Ce qui est entendu avec lui est désigné par des expressions telles que « système », « *Gestalt* », « organisme », « interaction », « le tout est plus que la somme de ses parties », et d'autres similaires. Bien souvent, on a toutefois abusé de tels concepts, en les employant d'une manière vague et quelque peu mystique ; c'est pourquoi le scientifique enclin à une pensée exacte est justifié à s'en méfier comme de slogans².

Ce constat n'était pas inédit chez Bertalanffy : il avait fait partie intégrante de sa problématique dès la fin des années 1920. Mais d'une part il est clair qu'il faut y voir une précaution prise au regard d'un contexte intellectuel qu'il savait moins favorable à ses idées. D'autre part et surtout, il ne s'agissait plus désormais d'y remédier dans les seules sciences de la vie, mais de justifier la légitimité et la nécessité de ce nouveau champ de recherche qu'il baptisa « systémologie générale », voué à répondre aux besoins d'une « époque tournant autour d'une science exacte de la totalité et de l'organisation »³ :

¹ Bertalanffy L. von (1949d), p. 359.

² Bertalanffy L. von (1945), p. 4 et (1950b), p. 142.

³ Bertalanffy L. von (1949d), p. 360.

Il apparaît pour cette raison nécessaire de formuler dans un langage exact les concepts en question qui surgissent sous une forme homologue dans toute une série de sciences. Une *systemologie générale* est en ce sens requise, qui constitue une *formulation exacte des points de vue* [Momente] *résumés sous l'expression « totalité »* [...] Une telle systemologie est une *science générale de la totalité*, qui apparut jusqu'à présent comme un concept vague, confus et semi-métaphysique¹.

Une douzaine d'année après son programme d'une biologie théorique holistique et exacte, Bertalanffy formait ainsi le projet plus général d'élaborer un cadre métathéorique et transdisciplinaire d'un holisme scientifique non seulement purgé d'éléments métaphysiques, mais constitué en une science indifféremment qualifiée de « pure », « fondamentale » ou « exacte », qui viserait à théoriser les « lois systémiques générales » dont il venait de postuler l'existence. L'idéal visé était de formuler dans le langage des mathématiques ou de la logique mathématique les concepts systémiques fondamentaux ainsi qu'un certain nombre d'axiomes fixant les règles d'opérations sur ces concepts, afin d'être en mesure de construire sur ces bases un système hypothético-déductif dont les « lois systémiques générales » pourraient être apodictiquement déduites et dont les « lois systémiques » plus particulières seraient à leur tour dérivables au moyen de spécifications adéquates :

Nous sommes amenés à l'exigence² d'une *nouvelle discipline scientifique fondamentale* que nous appelons systemologie générale. C'est un domaine logico-mathématique dont la tâche est la formulation et la dérivation des principes généraux qui s'appliquent à n'importe quel « système »³.

La systemologie générale serait une doctrine exacte de la totalité en tant que science pure de la nature [*reine Naturwissenschaft*], pour reprendre l'expression de Kant ; c'est-à-dire un système hypothético-déductif des principes qui dérivent de la définition d'un système et de l'introduction de conditions plus ou moins particulières⁴.

Sous une forme rigoureuse, la systemologie générale aurait un caractère axiomatique, c'est-à-dire que les moments résumés sous le concept de « totalité » seraient déductibles du concept de « système » et d'axiomes s'y appliquant⁵.

Bertalanffy, qui la considérait comme une « généralisation ultime » de sa « conception organismique » (je discuterai cet aspect au 3-1-2-6), la qualifia de « fondement d'une ontologie mathématique exacte et de l'homologie logique des concepts les plus généraux des différentes sciences »⁶. Il décrivit ainsi le rapport de cette « science formelle » aux « sciences du réel » (pour reprendre la dichotomie carnapienne que nous l'avons vu contester) :

La systemologie générale représente un développement logico-mathématique qui est en soi formel et par-delà les sciences empiriques, mais auquel toutes les sciences empiriques ayant affaire à des systèmes peuvent servir d'exemples d'application⁷.

La systemologie est *a priori* et indépendante de son interprétation en termes de phénomènes empiriques, mais est applicable à tous les domaines empiriques concernés par des systèmes [...] Son champ d'application est l'ensemble des niveaux de science : d'abord le niveau physique ; ensuite le biologique ; et enfin celui des unités sociologiques. Elle représente essentiellement une cinétique et une dynamique généralisée applicable non seulement aux systèmes physiques, mais à des phénomènes de n'importe quel type⁸.

Bertalanffy se risqua à effectuer un parallèle avec la théorie des probabilités que l'on pourrait être enclin à voir comme hasardeux, mais dont la cohérence sera montrée dans la sous-section suivante. On peut envisager ici une influence du grand mathématicien soviétique Andreï Kolmogorov, qui était alors surtout connu pour ses travaux d'axiomatisation du calcul des probabilités ; Bertalanffy ne se

¹ Bertalanffy L. von (1945), pp. 4-5 et (1950b), p. 142.

² Dans (1950b), Bertalanffy traduit les termes allemands *fordern* [exiger] ou *Forderung* [exigence] qu'il utilisait en allemand par le terme anglais *postulate* [postuler].

³ Bertalanffy L. von (1948a), p. 272 ; (1949b), p. 114 ; (1949e), p. 185 ; (1950b), p. 139 ; voir aussi (1950a), p. 28.

⁴ Bertalanffy L. von (1951b), p. 304.

⁵ Bertalanffy L. von (1945), p. 5 et (1949b), p. 115.

⁶ Bertalanffy L. von (1949e), p. 176.

⁷ Bertalanffy L. von (1945), p. 5. Voir aussi (1949b), p. 127 et (1950b), p. 139.

⁸ Bertalanffy L. von (1951b), p. 304.

référa certes pas explicitement à lui, mais Kostitzin venait de l'inciter à s'intéresser à ses travaux en lui fournissant de surcroît les références nécessaires (à la demande expresse de Bertalanffy)¹ :

*La position de la systémologie générale est similaire à celle de la théorie des probabilités, qui est en soi une doctrine mathématique formelle mais peut être appliquée à des domaines très différents tels que la thermodynamique, l'expérimentation biologique et médicale, la génétique, les statistiques d'assurance-vie, etc.*²

Dans ses textes de la période 1945-1950, Bertalanffy ne mentionna que la « théorie générale de la *Gestalt* » de Köhler et la « Cinétique » de Lotka comme « précurseurs » d'un tel projet, en reconnaissant que le second s'en était « approché au plus près »³. Mais à partir de 1951, sa présence en Amérique commença à manifester une conséquence : sa familiarisation avec des développements scientifiques convergents dont il avait jusqu'alors ignoré l'existence et qu'il pouvait désormais invoquer pour légitimer la pertinence de son projet : ils lui permettaient d'avancer l'idée qu'elle répondait à « un fort sentiment qu'une généralisation de la théorie scientifique était nécessaire »⁴ – l'expression « théorie scientifique » renvoyant ici à l'activité de théorisation scientifique, en particulier aux concepts qu'elle met en forme et développe, et non à des théories particulières. Ainsi Bertalanffy mentionna-t-il la cybernétique en référence à Wiener (« développée comme une théorie générale visant à embrasser l'ingénierie de la communication, la neurophysiologie, la psychologie et des aspects sociologiques »)⁵. Il évoqua aussi les travaux publiés en 1950 par John D. Trimmer, dont il prit connaissance en janvier 1951 après que ce physicien lui ait écrit pour lui signifier son vif intérêt pour son projet : Trimmer, bien que restreignant ses considérations aux systèmes physiques, avait explicitement envisagé un concept général de système s'appliquant aussi bien aux cellules, aux êtres humains et aux sociétés qu'aux atomes, aux planètes et aux galaxies⁶. Bertalanffy se référa encore à l'ingénieur et biomathématicien Carl C. Lienau qui, en janvier 1950, avait lui aussi fait la démarche de le (re)contacter (ils s'étaient en fait semble-t-il déjà rencontrés dans les années 1930)⁷. Lienau avait travaillé pendant la guerre avec Lotka, Vernadsky et Needham sur la question de la possibilité d'une mesure quantitative de l'organisation. Depuis 1949, il animait un séminaire à l'université de Columbia sur cette question, tout en projetant de lui consacrer un ouvrage collectif. Lotka et Vernadsky étant récemment décédés, Lienau proposa alors à Bertalanffy de se joindre à lui pour mener à bien son projet, aux côtés du biochimiste Alexander I. Oparin (alors président de l'académie des sciences d'U.R.S.S.). Lienau avait publié en 1947 un article très conséquent exposant un moyen de quantifier l'organisation au moyen de la théorie des groupes et la pertinence d'une telle mesure pour l'étude mathématique des systèmes sociaux⁸. Après qu'il eût fait connaître ce travail à Bertalanffy, ce dernier fut si enthousiaste qu'il fit part de son « excitation » à son correspondant, acceptant sa proposition. Même si le projet commun ne fut finalement pas mené à bien, il reste que Lienau devint dès lors une référence importante de Bertalanffy, les deux chercheurs nourrissant une grande admiration mutuelle⁹.

Avec sa « systémologie générale », Bertalanffy entendait généraliser la manière dont il s'était efforcé de montrer, au moyen de sa « théorie générale des systèmes ouverts », que l'équifinalité du comportement des organismes vivants ne nécessite aucun recours à une quelconque entéléchie, en tant que « loi systémique générale » dérivable dans le cadre d'une théorie formelle des systèmes ouverts. Dans ce refus se devine une réminiscence de l'influence néo-positiviste, dont il conservait l'empreinte en dépit de ses maints désaccords avec le Cercle de Vienne. On remarquera au passage que Bertalanffy écrivait parfois, par son usage du présent, comme si l'idéal qu'il avait formulé était déjà accompli ;

¹ Dans une lettre qu'il adressa le 20/04/1950 à Kostitzin, Bertalanffy fit référence à une lettre que lui avait récemment envoyé son correspondant, où ce dernier avait mentionné l'importance des travaux de Kolmogorov ; manifestement très intéressé, Bertalanffy lui demanda alors de fournir des références, ce que Kostitzin fit dans sa réponse du 10/05/1950 en lui conseillant la lecture de *Fundamental concepts of probability calculus* (1933) et de *On the analytic method in probability calculus* (1931), que Bertalanffy a donc probablement au moins parcourus. *Archives du B.C.S.S.S.*

² Bertalanffy L. von (1950b), p. 139 et (1951b), p. 304. Et (1945), p. 5 ; (1949b), p. 127 ; (1949e), p. 187. Les italiques me sont propres.

³ Bertalanffy L. von (1945), p. 4 ; (1949b), p. 115.

⁴ Bertalanffy L. von (1951b), pp. 303-304.

⁵ Bertalanffy L. von (1951b), pp. 303-304. De même pour ses références suivantes à Trimmer et Lienau.

⁶ Trimmer J.D. (1950). Lettre de Trimmer J.D. à Bertalanffy L. von (09/01/1951), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁷ Lettre de Lienau C.C. à Bertalanffy L. von (24/01/1950), *Archives du B.C.S.S.S.* : Lienau y mentionne leur rencontre « vers 1934-1935 ».

⁸ Lienau C.C. (1947).

⁹ Correspondance entre Bertalanffy L. von et Lienau C.C. (24/01/1950 – 16/11/1951), *Archives du B.C.S.S.S.*

c'était certes une manière de laisser au moins entendre que des progrès significatifs en ce sens avaient déjà été réalisés (ses motifs de le faire seront considérés dans les autres chapitres de cette partie et en conclusion¹), mais cela ne manquait pas d'induire des confusions et d'attiser les critiques :

La systémologie générale permet des définitions logico-mathématiques de beaucoup de concepts mal définis et très controversés tels que ceux de totalité, de sommativité, d'évolutions émergente ou résultante, ségrégation, mécanisation et centralisation progressives, individualité, ordre hiérarchique, parties dominantes, action d'impulsion, compétition, finalité et équifinalité, etc. Il peut être démontré que ces notions et les caractéristiques concernées sont des conséquences de la définition générale de systèmes ou de conditions systémiques déterminées. De cette manière, maints pseudo-problèmes ayant suscité des discussions sans fin et que l'on avait supposé outrepasser les limites de la science disparaissent dans l'analyse logico-mathématique².

De telles prétentions permettent de comprendre pourquoi certains ne résistèrent pas à la tentation de caractériser comme « positiviste » l'inspiration de la « systémologie générale »³. D'autant plus que Bertalanffy laissa parfois entendre, en référence à Hartmann, qu'il la vouait à se *substituer* aux métaphysiques holistiques et émergentistes :

Du point de vue de la philosophie, une systémologie générale peut *remplacer* ce domaine connu comme la « théorie des catégories » (Hartmann) par un système de lois logico-mathématiques. Ces notions générales qui n'ont jusqu'à présent été formulées que dans le langage commun acquerront avec elle cette expression univoque et exacte que seul rend possible le langage mathématique⁴.

D'autres passages montrent qu'il s'agissait en fait non d'une substitution à proprement parler, mais de ce que l'on peut plutôt voir comme un prolongement et un aboutissement :

J'espère qu'une formulation logique et mathématique complètement satisfaisante de la systémologie générale ne sera qu'une question de temps ; elle permettra de *conduire* des disciplines philosophiques-épistémologiques telles que la théorie des catégories (Hartmann), jusqu'à présent formulées verbalement, à cette formulation univoque que seule permet d'atteindre la langue mathématique⁵.

En dépit du vocabulaire utilisé, il est clair aussi que l'objectif de Bertalanffy ne se réduisait pas à l'élaboration d'une « science exacte » des « systèmes », cette élaboration n'étant en réalité qu'un aspect, certes central, de son projet. Dès ses premières publications, il ne cacha aucunement la vocation philosophique de ce dernier, inhérente à son caractère méta-scientifique. Lorsqu'il évoqua en 1949 une « science exacte de la totalité et de l'organisation », ce fut ainsi en relation avec le développement de l'idée qu'un nouveau « système des sciences de la nature » était devenu nécessaire, qui puisse « classer dans le grand édifice de la légalité naturelle » ces problèmes que le système « mécaniciste » avait toujours « tendu à nier » ou à « résoudre discursivement »⁶. Et en comparant son projet aussi bien à l'œuvre de Leibniz qu'à l'*Organon* d'Aristote, il ne fit pas mystère de l'ambition grandiose qu'il avait ultimement à l'esprit ; une ambition qui, si elle peut bien là encore être reliée aux positivismes par son attachement à l'unité de la science, ne s'en dissociait pas moins profondément, j'y reviendrai au 3-1-4-3, par la conception d'une telle unité :

La pensée maîtresse de Leibniz était celle d'une mathématique universelle, un système de signes global voué à embrasser l'ensemble des sciences. Il se pourrait que le développement futur d'une systémologie générale se révèle être un pas majeur dans cette voie⁷.

On pourra considérer la systémologie générale comme un pas vers cette *mathesis universalis* dont rêvait Leibniz, un système de signes global incluant les différentes sciences. Peut-être peut-on dire que la doctrine [*Lehre*] des « systèmes » joue pour la conception dynamique de la science moderne un rôle similaire à la logique aristotélicienne pour la science antique. Pour cette dernière, l'attitude

¹ Voir notamment le chapitre 3-2 consacré aux co-fondateurs de la S.G.S.R., la section 3-3-4 consacrée à la cybernétique d'Ashby et le chapitre 3-4 consacré à la S.G.S.R.

² Bertalanffy L. von (1951b), pp. 304-305. Voir aussi (1949b), p. 126 et (1949e), p. 186 pour des énoncés quasiment identiques.

³ Par exemple Afanasjew W.G. (1962).

⁴ Bertalanffy L. von (1950b), pp. 142-143. Voir aussi (1949e), p. 187. Les italiques me sont propres.

⁵ Bertalanffy L. von (1948a), p. 272 et (1949b), p. 127. Les italiques me sont propres.

⁶ Bertalanffy L. von (1949d), p. 360.

⁷ Bertalanffy L. von (1951d), p. 244 et (1951b), pp. 310-311.

classificatrice était fondamentale, de telle sorte que la définition des universaux dans leur subordination et leur sur-ordination apparut comme l'*Organon* scientifique fondamental. Pour la science moderne par contre, l'interaction dynamique constitue le problème fondamental dans tous les domaines, dont les principes sont à formuler dans une systémologie¹.

Dans un texte de 1951, Bertalanffy prit soin d'assortir aussitôt les prétentions qu'il venait ainsi d'afficher d'une réflexion caractéristique de sa pensée et certainement bienvenue :

Mais cette volonté de *soumettre la réalité à notre pensée* ne signifie aucune sclérose spirituelle, aucun intellectualisme desséché et étroit. Plus l'édifice de la connaissance s'élève, plus nous reconnaissons qu'elle n'est qu'un symbole au côté duquel les symboles de l'art et les valeurs sentimentales restent également profonds et nécessaires ; tout l'éphémère n'est qu'une métaphore, mais c'est *une métaphore de la réalité*, dont nous sommes issus et que nous devons étudier².

Le problème du point de vue de la réception de ses écrits est qu'une telle relativisation de la portée des ambitions qu'il affichait par ailleurs resta exceptionnelle dans ses textes de la période 1945-1951 : il donna donc inévitablement prise à des attaques. L'écologue Egler déclara par exemple sarcastiquement en 1953 avoir été « plongé dans un silence intimidé » par l'exposé du projet de « systémologie générale » qui concluait *Das biologische Weltbild*, affirmant qu'il exprimait « un jaillissement de fierté dépourvu de honte » pour une simple « trouvaille »³. Lui qui aimait dénigrer Bertalanffy comme un « prophète » n'exprimait certainement pas un sentiment isolé. Outre un autre commentateur jugeant la conclusion de *Das biologische Weltbild* « si programmatique qu'elle en [était] insatisfaisante »⁴, il y eut bien sûr quelque temps plus tard le très sévère article critique de Buck qui, sur la base de sa corrélation déjà discutée entre généralité et vacuité du concept de « système », accusa en fin de compte la « systémologie générale » de « n'être aucunement de la science, mais plutôt une philosophie plutôt naïve et spéculative »⁵. Contrairement à d'autres qui seront considérées au 3-1-3, ces critiques n'excellaient guère que dans l'esprit polémique, sans être constructives.

3-1-2-5 – *Le rôle « illustratif » du système différentiel général d'ordre 1 et du « système ouvert général »*

Elles n'étaient d'ailleurs pas justifiées, même eu égard à une extravagance des ambitions de Bertalanffy qui n'était qu'apparente. Car à qui voulait bien prendre soin de le lire correctement et sans parti pris, d'une part le caractère programmatique de ses exposés était clair et d'autre part il ne surestima aucunement son propre apport au développement du projet qu'il formulait. Bien loin de prétendre avoir lui-même réalisé la construction d'une « systémologie générale », il chercha en effet pour l'essentiel à « illustrer » sa possibilité. C'était surtout vrai du point de mire problématique que constituait une théorie générale et axiomatisée des systèmes, où il fut à cet égard tout-à-fait explicite :

Les considérations qui seront exposées ici sont *beaucoup plus modestes* ; elles visent seulement à mettre en relief quelques principes systémiques, en *renonçant à une pleine rigueur et à la généralité* et en choisissant plutôt des formulations qui représentent des cas aussi *illustratifs* que possible⁶.

Le premier problème était de fournir une définition générale d'un système. Rappelons le fait discuté aux 1-2 et 2-2-3 que Bertalanffy ne donna pour toute définition verbale dans ses articles fondateurs que celle d'un « complexe d'éléments en interaction »⁷, en définissant l'interaction comme l'existence d'« une certaine relation *R* entre éléments telle que leur comportement dans *R* diffère de leur comportement dans une autre relation *R'* »⁸ ; en d'autres termes, c'est un « système » dans la mesure où il a des propriétés « constitutives » (dépendant des relations entre éléments et « émergeant » de leur association), et non seulement des propriétés « sommatives » (indépendantes de ces relations et

¹ Bertalanffy L. von (1949b), pp. 127-128 ; (1949e), pp. 187-188 ; (1950b), p. 165.

² Bertalanffy L. von (1951d), p. 244. Les italiques me sont propres.

³ Egler F.E. (1953), p. 443.

⁴ Withers R.F.J. (1952/1953), p. 388.

⁵ Buck R.C. (1956), p. 226.

⁶ Bertalanffy L. von (1945), p. 5 ; (1949b), p. 115 ; voir aussi (1950b), p. 143. Le terme allemand « anschaulich » utilisé est polysémique, mais se traduit bien ici par « illustratif » : Bertalanffy le fit lui-même dans (1950b), en utilisant « illustre » pour traduire son propre texte.

⁷ Bertalanffy L. von (1949e), pp. 185-186.

⁸ Bertalanffy L. von (1950b), p. 143.

manifestes hors de leur association)¹. Mais compte tenu de ses objectifs, la difficulté était surtout de trouver une formalisation générale de ce concept qui puisse servir de base à des développements « logico-mathématiques » du type de ceux dont il avait annoncé la possibilité. Et son choix s'orienta tout naturellement vers le formalisme du système différentiel général d'ordre 1 que nous avons vu au 2-4-4 servir de fondement à la Cinétique générale de Lotka, ce que Bertalanffy fit en toute connaissance de cause en reconnaissant qu'il « empruntait » à l'Américain « diverses formulations »² : nous allons voir que ce formalisme, qui avait d'emblée le mérite d'être congruent à son dynamicisme, lui permit d'« illustrer » l'ensemble des concepts et principes systémiques qu'il jugeait essentiels, le principe de leur dérivation « logico-mathématique » et celui de l'approche « systémologique » générale. Rappelons que ce système s'écrit :

$$\frac{dX_i}{dt} = F_i(X_1; \dots; X_n) \quad (1 \leq i \leq n) \quad (1)$$

où n désigne le nombre d'« éléments » $(E_i)_{1 \leq i \leq n}$ du « complexe », $(X_i)_{1 \leq i \leq n}$ les mesures respectives, fonctions du temps t , de l'une de leurs caractéristiques, et $(F_i)_{1 \leq i \leq n}$ des fonctions de ces mesures exprimant leurs relations.

Cette formulation, « choisie dans un but d'illustration » [*zum Zwecke der Veranschaulichung*], présentait déjà pour Bertalanffy l'avantage fournir une traduction mathématique claire de sa définition verbale d'un système. Le caractère de « totalité » s'y exprime en effet en ce que le comportement de chaque élément E_i s'y révèle dépendre de celui de chacun des autres, tout en les déterminant en retour : plus précisément, une modification de X_i affectant E_i est *a priori* une fonction de l'état de tous les autres « éléments » E_j (pour $j \neq i$) tandis que réciproquement, cette même modification de X_i implique *a priori* un changement d'état de chacun de ces autres « éléments », et du système dans son ensemble³. *A contrario*, si, pour tout $i \in \llbracket 1; n \rrbracket$, F_i n'est une fonction que de X_i (c'est-à-dire si $\frac{\partial F_i}{\partial X_j} = 0$ pour tout $i \in \llbracket 1; n \rrbracket$ et tout $j \neq i$), on a affaire à une « indépendance » des éléments du système, c'est-à-dire à un comportement purement « sommatif »⁴. Outre l'influence des travaux de Lotka, Bertalanffy fut d'autant plus enclin à considérer comme pertinent son choix du système (1) qu'il ne tarda pas, après avoir été contacté par leur auteur, à prendre connaissance des travaux publiés en 1944 par l'Autrichien Anton Skrabal sur la cinétique simultanée de réactions chimiques, travaux également fondés sur des analyses de (1) et prenant eux aussi la direction d'une « cinétique généralisée »⁵.

Mais Bertalanffy souligna bien, et ce dès son premier texte sur le sujet, que si ce « système d'équations différentielles simultanées le plus simple » était suffisant pour sa discussion « illustrative », il ne l'était pas du point de vue de la « systémologie générale ». Il évoqua à cet égard aussi bien le cas d'un système d'équations aux dérivées partielles que celui d'une évolution décrite « chrono-holistiquement », en expliquant lui-même les raisons pour lesquelles de tels systèmes d'équations diffèrent de (1) et sont plus généraux :

Cette formulation n'est en aucun cas la plus générale possible. Elle néglige en particulier les conditions spatiales et temporelles du système, qui interviendraient sous la forme d'équations différentielles partielles. Elle néglige aussi la possible dépendance de l'événement actuel à l'histoire passée du système (« hystérésis » au sens large), dont la prise en compte substituerait à nos équations des équations intégro-différentielles telles que celles discutées par Volterra et Donnan⁶.

Quelques années plus tard, Rapoport ajouta avec raison à ces insuffisances le fait que des modèles stochastiques sont souvent plus adéquats aux systèmes complexes qu'un système tel que (1), entièrement déterministe⁷. Un problème est que Bertalanffy omit de reprendre ces remarques utiles dans ses textes postérieurs à 1949, donnant là encore prise à des critiques. Hempel, qui se référa pourtant à ses textes de 1949, lui reprocha ainsi au cours de leur controverse à Toronto en 1950 (qui

¹ Bertalanffy L. von (1945), p. 6.

² *op. cit.*, p. 5.

³ Bertalanffy L. von (1945), p. 6 ; (1949b), p. 119 ; (1950b), p. 146.

⁴ Bertalanffy L. von (1945), p. 14 ; (1949b), p. 119 ; (1950b), p. 147.

⁵ Skrabal A. (1944). Voir aussi les deux lettres des 30/07 et 28/08/1949 échangées entre Skrabal et Bertalanffy : *Archives du B.C.S.S.S.*

⁶ Bertalanffy L. von (1945), pp. 6-7. De même dans (1949b), pp. 115-116. Les italiques me sont propres.

⁷ Rapoport A. (1952) et (1972a), pp. 50-57, ainsi que (1973c), pp. 444-454.

sera plus largement considérée dans la prochaine sous-section) de « ne pas avoir fourni de définition pleinement générale et explicite du concept de système ». Il avançait deux raisons rendant impossible de tenir (1) pour une formalisation vraiment générale du concept de système :

Le type d'interdépendance exhibé par von Bertalanffy ne peut servir de définition générale pour le concept de loi systémique, car dans divers contextes biologiques et même physico-chimiques des formes beaucoup plus générales d'interdépendance doivent être supposées, que von Bertalanffy souhaiterait indubitablement voir incluses dans le champ de la systémologie [*system theory*]. Il semble nécessaire de souligner aussi qu'un système d'équations différentielles du type de celui de von Bertalanffy ne peut servir à déterminer qu'un *concept relatif de système*, ou plus explicitement un *concept de système eu égard à certaines caractéristiques quantitatives spécifiques* X_i ; et il est clair qu'un objet physique consistant en plusieurs parties peut bien, selon le critère précédent, constituer un système eu égard à certaines caractéristiques (par exemple la température), mais pas par rapport à d'autres (par exemple la masse)¹.

J'ai montré aux 2-2-3-4 et 2-2-3-5 que même en son sens le plus général, cette critique n'était justifiée que dans la mesure où le caractère perspectiviste du concept de système n'était pas explicité, devenant sans objet dans le cas contraire. Mais pour autant que le choix de (1) soit concerné, comme c'était avant tout le cas dans cette critique de Hempel, son argument était de toute façon déjà infondé : il prêtait à Bertalanffy des intentions qu'il n'avait pas. Ce dernier, tout en soulignant qu'il ne faisait qu'ébaucher les lignes d'un projet demandant encore à être élaboré, dut alors préciser que son choix était guidé par un souci d'exposition, tout en laissant entendre qu'il y avait là une nécessité irréductible à toute définition d'un « système général », une conception perspectiviste sur laquelle il aurait certes dû insister :

Hempel ressent l'exigence d'une définition pleinement générale et explicite de la notion de « système » [...] Son argument est correct. L'insuffisance évoquée est en partie naturelle compte tenu des difficultés du sujet, et elle est en partie *une question stratégique de choix* concernant la meilleure voie de *présentation* [de cette notion]².

Une fois opéré son « choix » de (1) comme modèle formel d'un système en général, Bertalanffy s'attacha dans ses articles à montrer, exactement à la manière de Lotka deux décennies auparavant, que loin de constituer un formalisme stérile, il pouvait efficacement « illustrer » la non vacuité de son projet « systémologique ». Remarquons au passage la tendance de Bertalanffy, qui trahit son empressement à avancer la possibilité d'une « systémologie » hypothético-déductive, à ériger en « principes » ce qu'il faut se limiter à appeler des résultats généraux – à moins de les interpréter comme des principes directeurs pour la modélisation mathématique, interprétation à laquelle les travaux de Lotka auraient effectivement pu servir d'appui :

Bien que rien n'ait été dit quant à la nature des éléments ou aux fonctions F_1, F_2, \dots, F_n , i.e. au sujet des relations ou interactions à l'intérieur du système, *certaines principes généraux peuvent être déduits*. Nous pouvons utiliser nos équations (1) afin de *montrer l'isomorphisme structural entre différents champs et niveaux de réalité* ; en d'autres termes, afin de *démontrer la possibilité d'une systémologie générale* dont les champs d'application se trouvent dans les différentes sciences. Les paramètres et variables auront bien sûr une signification différente dans chaque cas d'application³.

Non seulement il faisait sien ici un passage crucial des *Elements of physical biology*⁴, mais la première analyse de (1) qu'il entreprit (et ce, dès 1942) fut intégralement reprise de celle que nous avons vu Lotka mener, y compris dans ses notations⁵. Elle concernait la possibilité de discuter *a priori* la stabilité des éventuels états stationnaires du système. Comme nous l'avons dit, cette possibilité est fournie dès que ce système peut être linéarisé au voisinage d'un tel état stationnaire, condition satisfaite si les fonctions $(F_i)_{1 \leq i \leq n}$ y ont ce niveau de régularité relativement élémentaire qu'est la différentiabilité : les propriétés de stabilité de l'état stationnaire considéré se déduisent alors de la

¹ Hempel C.G. (1951), p. 314.

² Bertalanffy L. von (1951b), p. 338. Les italiques me sont propres.

³ Bertalanffy L. von (1950b), p. 144. Voir aussi (1942), p. 324 ; (1945), p. 7 et (1949b), p. 116. Les italiques me sont propres.

⁴ Rappelons ce passage entièrement cité au 2-4-4-1 : « On pourrait supposer que [...] le système d'équations (1) [est] au mieux une expression stérile de faits. Mais c'est une conception erronée. Sans connaître quoique ce soit concernant la forme précise de ces fonctions, bien des informations d'un intérêt considérable peuvent être dérivées de ces équations » (Lotka A.J. (1925), p. 57).

⁵ Analyses là encore détaillées au 2-4-4-1. Voir Bertalanffy L. von (1942), p. 31 et pp. 324-326 ; (1945), pp. 7-8 ; (1949b), pp. 116-117.

nature algébrique des valeurs propres de la matrice du système linéarisé, plus précisément du signe de la partie réelle de ces nombres *a priori* complexes. Sans pour autant fournir l'ensemble de la typologie mathématique associée (les 10 types de stabilité ou d'instabilité possibles), Bertalanffy discuta de manière détaillée, ce qu'il avait là encore déjà fait dès 1942, les détails algébriques dans le cas d'un système limité à deux variables X_1 et X_2 , dont nous avons vu Lotka se servir comme base théorique pour la modélisation des systèmes biocénétiques à deux espèces¹ : ce cas lui permettait effectivement d'exhiber un traitement complètement abouti d'analyse de stabilité *a priori*.

Bertalanffy profita aussi de cette discussion pour fournir une version formalisée de ce qu'il avait appelé au tournant des années 1930 son concept « positiviste » (i.e. « dé-anthropomorphisé ») de finalité, dont les sources ont été discutées au 1-4-2-4 et 1-4-5-9. L'idée, que Lotka n'avait pas interprétée ainsi lorsqu'il avait eu les mêmes considérations, était ici que si $(C_i)_{1 \leq i \leq n}$ correspond à un état stationnaire, le changement de variables $x_i = C_i - X_i$ appliqué à tout $i \in \llbracket 1; n \rrbracket$ permet de réécrire (1) de telle sorte que l'évolution du système, donc éventuellement ses intégrales, peuvent être décrites non seulement à partir de ses conditions « actuelles », mais aussi bien à partir de la distance à cet état stationnaire « final » $(C_i)_{1 \leq i \leq n}$, sous la forme (qui est en fait essentiellement identique à (1) lorsqu'elle est entièrement retraduite au moyen des $(x_i)_{1 \leq i \leq n}$)² :

$$\frac{dX_i}{dt} = F_i(C_1 - x_1; \dots; C_n - x_n) \quad (1 \leq i \leq n) \quad (1')$$

Et Bertalanffy, invoquant aussi bien ses équations de croissance que divers principes d'optimalité en physique tels que celui de « moindre action », s'estima autorisé à conclure :

L'événement peut être exprimé comme si les transformations actuelles dépendaient d'un état final qui n'est atteint que dans le futur [...] Lorsqu'un système atteint un état d'équilibre, les dérivées s'annulent, ce qui implique que certaines variables atteignent un extremum ; et ce n'est que lorsque ces variables sont décrites au moyen de noms anthropomorphisés tels qu'action, force, travail, etc. qu'une téléologie anthropomorphe semble surgir dans l'événement physique [...] De (1') peuvent donc être dérivés les constats suivants. Premièrement, que l'événement peut en fait être considéré à partir de l'état final et non seulement à partir des conditions actuelles. Deuxièmement, que cette formulation est de nature complètement générale : elle ne vaut pas seulement en mécanique, mais pour tout type de système. Troisièmement, que l'état de fait décrit ici fut fréquemment mal compris du côté des biologistes et des philosophes, de sorte qu'une clarification n'était pas superflue³.

La formule « téléologique » faisant intervenir les valeurs finales n'est qu'une transformation de la formule différentielle exprimée au moyen des conditions actuelles ; l'« orientation » de l'événement vers un état final n'est pas différente de la causalité, mais n'en est qu'une autre expression⁴.

Un second groupe de considérations développées par Bertalanffy concernait la possibilité de dériver de manière purement formelle certaines « lois » utilisées dans différents domaines scientifiques au moyen de spécifications du système différentiel général (1). En ce qui concerne d'abord le cas de la réduction de (1) à une seule équation d'une variable (de la forme $\frac{dX}{dt} = F(X)$), il s'approprià là encore les dérivations par Lotka de la loi exponentielle et de la loi logistique⁵, dont le principe a été exposé au 2-4-4-3 – à savoir qu'elles résultent dans le premier cas de la forme polynômiale la plus simple pour F sous l'hypothèse $F(0) = 0$ exprimant l'absence de « génération spontanée » ($F(X) = aX$ où $a \neq 0$ est une constante) et dans le second cas de l'adjonction à la même hypothèse de celle d'une croissance limitée, avec le souci d'utiliser là aussi la forme polynômiale la plus simple (que nous avons vue être $F(X) = aX - cX^2$, où a et c sont des constantes strictement positives). L'important ici est surtout que Bertalanffy, après avoir multiplié les exemples de domaines où ces deux familles d'équations entraînent en jeu, trouva dans ces considérations ce qu'il voyait comme un argument fort en faveur de son projet « systémologique » général :

¹ Voir le 2-4-4-4. Ces discussions furent menées par Bertalanffy dans (1942), pp. 326-327 ; (1945), p. 8 et (1950b), pp. 145-146.

² En effet, puisque $\frac{dX_i}{dt} = -\frac{dx_i}{dt}$, (1') peut se réécrire sous une forme du type : $\frac{dx_i}{dt} = G_i(x_1; \dots; x_n)$ ($1 \leq i \leq n$).

³ Bertalanffy L. von (1945), pp. 11-12. Voir aussi (1949b), pp. 117-118.

⁴ Bertalanffy L. von (1949b), p. 118 et (1950b), p. 154.

⁵ Bertalanffy L. von (1945), pp. 9-11 et (1950b), pp. 144-145.

Cette réflexion montre qu'on peut accéder à certaines lois de la nature non seulement sur la base de l'expérimentation, mais aussi de manière purement formelle-mathématique [...] En ce sens, les lois en question sont « a priori » et indépendantes de leur interprétation physique, chimique, biologique, sociologique, etc. En d'autres termes, cet exemple peut nous illustrer l'existence d'une systémologie générale qui traite des propriétés formelles des systèmes et dont les objets réels peuvent être considérés comme des cas particuliers. Pour le dire encore d'une autre manière, cet exemple montre l'uniformité formelle [*formale Gleichförmigkeit*] du monde¹.

Il y avait bien sûr là un engagement ontologique problématique, qui attira des critiques légitimes : il en sera question dans la prochaine section.

En spécifiant (1) sous la forme la plus élémentaire mais cette fois dans le cas de deux variables, c'est-à-dire sous la forme des deux équations de croissance exponentielle dissociées

$$\frac{dX_1}{dt} = a_1 X_1 \quad ; \quad \frac{dX_2}{dt} = a_2 X_2$$

(où a_1 et a_2 sont des constantes), Bertalanffy montra aussi sans difficulté que l'on retrouve par un moyen là aussi purement formel la fameuse « loi allométrique »² : des deux intégrations séparées $X_1 = k_1 e^{a_1 t}$ et $X_2 = k_2 e^{a_2 t}$ (où k_1 et k_2 sont des constantes) se déduit en effet immédiatement après élimination de t la relation allométrique $X_1 = K X_2^\alpha$, où $\alpha = a_1/a_2$ et $K = k_1/k_2^\alpha$. Il ne s'agissait ici encore que d'illustrer la possibilité d'une dérivation de « loi » à partir du système général (1), d'autant plus que les deux équations étant totalement indépendantes, le couple de variables $(X_1; X_2)$ caractérise dans cette situation ce que Bertalanffy avait défini comme un comportement « sommatif ». La même relation se déduit en fait d'une condition beaucoup moins restrictive déjà discutée au 2-5-2-2, à savoir l'équation différentielle à variables séparables $\left(\frac{1}{X_1} \frac{dX_1}{dt}\right) / \left(\frac{1}{X_2} \frac{dX_2}{dt}\right) = \alpha$. Et Bertalanffy ne l'ignorait bien sûr pas : nous avons justement vu au 2-5-2-3 que c'est en se fondant sur elle et sur la forme différentielle qui s'en déduit, à savoir $dX_1 = \alpha(X_1/X_2)dX_2$, qu'il avait dans les années 1930 cherché à rationaliser l'analyse de la croissance relative des organes au moyen de la « loi » allométrique. L'interprétation physiologique qu'il avait alors donné de cette « loi », celle d'une compétition pour l'appropriation des ressources énergétiques, se retrouva d'ailleurs intégralement exposée dans son article de 1950 sur la « systémologie générale »³. L'objectif y était toutefois d'aller bien au-delà de la biologie, en suggérant sur la base des considérations formelles précédentes que l'interprétation physiologique évoquée n'est qu'une manifestation particulière d'une « loi systémique générale ». Il remarqua en ce sens que la « loi » de Pareto exprimant une relation allométrique entre un revenu déterminé R et le nombre d'individus N bénéficiant de ce revenu (sous la forme $N = KR^\alpha$) est justiciable d'une « interprétation similaire », le revenu national étant alors pris pour l'analogue de l'organisme global cependant que l'interprétation physiologique de la constante α comme une « constante de distribution » exprimant un taux d'appropriation des ressources disponibles trouvait comme analogue les « capacités économiques des individus concernés ». La conclusion de Bertalanffy était empreinte du thème « cusain » (ou « héraclitéen ») qui lui était cher :

Toute totalité est fondée sur la compétition de ses éléments et présuppose le « combat entre parties » (Roux). Il s'agit là d'un principe général d'organisation dans les systèmes physico-chimiques simples tout aussi bien que dans les organismes et les entités sociales ; c'est en dernière analyse une expression de la *coincidentia oppositorum* que manifeste la réalité⁴.

Ces considérations s'inscrivaient en fait dans le cadre d'une stratégie plus large visant à étendre au maximum la généralité des concepts et principes « organismiques » : Bertalanffy cherchait clairement à en faire des moments privilégiés de sa « systémologie générale ». Il y parvint au moyen du système (1), en imposant certaines conditions adéquates à cette fin aux fonctions $(F_i)_{1 \leq i \leq n}$. Nous avons vu la « sommativité » parfaite du « complexe d'éléments » définie par la condition de nullité de toutes les dérivées partielles des fonctions F_i par rapport à chacune des variables X_j pour $j \neq i$. Bertalanffy, qui les concevait comme exprimant un processus de transition d'un état holistique

¹ Bertalanffy L. von (1945), p. 11.

² Bertalanffy L. von (1950b), pp. 151-152.

³ *op. cit.*, pp. 152-153.

⁴ *op. cit.*, p. 154.

primordial vers un état « sommatif », vit dès lors un moyen simple d'illustrer ses principes de « ségrégation progressive » des parties et de « mécanisation secondaire » du système¹ ; à savoir simplement imposer les conditions :

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{\partial F_i}{\partial X_j} = 0 \quad \text{pour tout } i \in \llbracket 1; n \rrbracket \text{ et tout } j \neq i$$

Elles expriment effectivement que la dépendance du comportement de chaque élément E_i au comportement de chacun des autres éléments E_j (pour $j \neq i$) s'amenuise au cours du temps, jusqu'à disparaître complètement ; en d'autres termes, que le caractère primordialement « constitutif » des propriétés du « complexe » s'efface progressivement au profit d'un caractère « sommatif », et qu'elles apparaissent donc de plus en plus comme une agrégation des propriétés de parties indépendantes, comme un « mécanisme ». Dans le contexte de ces considérations purement formelles, Bertalanffy n'hésita pas à appliquer à toute évolution ce principe « organismique » qu'il n'avait jusqu'alors exposé que dans des contextes biologiques mais que les ascendances précoces aussi bien en philosophie de la nature que dans la « morphologie historique » de Spengler avaient en fait prédestiné à cette généralisation. Il mettait ici en exergue le moment « désintégratif » de son second schème théorique « organismique », en insistant sur la dialectique « tragique » qu'il implique :

Dans toute organisation biologique, psychologique ou sociologique, le progrès n'est possible que par la transition d'un état de totalité indifférenciée à celui d'une différenciation des parties. Ceci implique toutefois que les parties se fixent relativement à certaines actions. Donc la ségrégation progressive signifie aussi mécanisation progressive. Laquelle implique une perte dans la capacité de régulation. Tant qu'un système est un tout unitaire, une perturbation sera suivie de l'atteinte d'un nouvel état stationnaire du fait des interactions au sein du système : le système s'« autorégulera ». Mais si le système se subdivise en chaînes causales indépendantes, la capacité de régulation disparaît [...] Dans cette dualité se trouve le caractère tragique de toute évolution. Le progrès n'est possible que par subdivision d'une action initialement unitaire en actions de parties spécialisées. Mais cela signifie en même temps une perte à d'autres égards. Plus les parties sont spécialisées dans certaines directions, plus elles sont irremplaçables, la défaillance de certaines d'entre elles menant à une destruction de l'ensemble du système².

L'« illustration » mathématique de ses principes « organismiques » de « ségrégation » et de « mécanisation » conduisit aussi Bertalanffy à insister, là encore sur un mode très général, sur la relativisation des concepts de « totalité » et de « somme » qu'ils impliquent. On peut observer qu'en assimilant le comportement « sommatif » à un cas limite de comportement holistique, Bertalanffy rejoignait en partie la doctrine holiste de Haldane, Smuts et Meyer-Abich, certes sans pour autant (bien au contraire) rejoindre ses spéculations réductionnistes :

Le comportement holistique et le comportement sommatif, les conceptions unitaires et élémentaristes, sont en général considérées comme antithétiques. Or, on trouve fréquemment qu'il y a non pas une opposition entre eux, mais une transition graduelle d'un comportement holistique vers un comportement sommatif³.

Le second schème théorique « organismique » de Bertalanffy avait instauré une opposition dialectique entre le moment « désintégratif » du processus de hiérarchisation qui vient d'être évoqué et le moment « intégratif » qu'il appelait la « centralisation » ou l'« individualisation » (l'individu étant défini comme un « système centralisé »⁴). Bertalanffy chercha à exprimer au moyen de (1) l'existence d'une « partie dominante » par celle d'un « élément » E_s tel que « tous les coefficients de X_s sont grands dans chacune des équations, tandis que les coefficients des X_j (pour $j \neq s$) sont considérablement plus petits, voire nuls »⁵. Mais son « illustration » resta confuse, à l'image de l'assertion précédente. Car rien ne permet *a priori* de donner un sens à l'expression « les coefficients de X_s » : les fonctions F_i du système (1) peuvent ne pas être analytiques (i.e. développables en série

¹ Bertalanffy L. von (1945), p. 14 ; (1949b), pp. 119-120 ; (1950b), p. 148.

² Bertalanffy L. von (1950b), p. 149. Voir aussi (1945), p. 15.

³ Bertalanffy L. von (1950b), pp. 149-150.

⁴ Bertalanffy L. von (1945), p. 16.

⁵ Bertalanffy L. von (1945), p. 15 ; (1949b), p. 120 et (1950b), p. 150.

polynômiale) et quand bien même elles le sont, la variable X_s se retrouvera en général (dès que des termes non linéaires sont considérés) mêlée à d'autres variables X_j (avec $j \neq s$) dans des produits¹. En fait, Bertalanffy se limita, sous l'hypothèse que les fonctions sont analytiques, à considérer la partie linéaire de leur développement, donc à négliger tous les termes de degré supérieur à 1 :

$$\begin{cases} \frac{dX_1}{dt} = a_{11}X_1 + \dots + a_{1s}X_s + \dots + a_{1n}X_n + \dots \\ \frac{dX_s}{dt} = a_{s1}X_1 + \dots + a_{ss}X_s + \dots + a_{sn}X_n + \dots \\ \frac{dX_n}{dt} = a_{n1}X_1 + \dots + a_{ns}X_s + \dots + a_{nn}X_n + \dots \end{cases}$$

Et, dans ces conditions quelque peu arbitraires puisque rien n'indiquait dans les hypothèses que l'on puisse négliger les termes non linéaires dans cette discussion, Bertalanffy put effectivement définir la « domination » de E_s par la condition indiquée, la formalisant par :

$$|a_{is}| = \left| \frac{\partial F_i}{\partial X_s} \right| \gg \left| \frac{\partial F_i}{\partial X_j} \right| = |a_{ij}| \quad \text{pour tout } j \neq s$$

Dans cette situation, il pouvait de plus mettre en évidence ce que nous l'avons vu au 2-3-3-4 appeler sous l'influence de Jordan et Mittasch le principe de « causalité d'impulsion » : la variation de chacun des X_j (pour $j \neq s$) se trouvant ici très fortement dépendante de X_s et, en comparaison, faiblement des autres X_i , une petite variation de X_s se retrouve « amplifiée » dans l'ensemble du système : elle y cause des changements considérables et apparemment disproportionnés par rapport à leur cause (contrariant donc le vieux principe de proportionnalité de la cause et de l'effet)².

Si ces considérations formelles concernant l'ensemble des moments du second schème théorique « organismique » de Bertalanffy avaient au moins le mérite de montrer que les principes qu'il illustrait ainsi n'ont aucune raison d'être confinés à la métaphysique, il n'en demeure pas moins qu'elles restaient purement « illustratives » : il pouvait difficilement leur attribuer une quelconque portée méthodologique (et encore moins ontologique...), contrairement aux premières considérations reprises de Lotka quant à la stabilité des états stationnaires ou réalisant la dérivation *a priori* de certaines « lois ». Il en avait conscience, comprenant simultanément l'importance « stratégique » que pouvait *a contrario* revêtir sa « théorie des systèmes ouverts » dans son argumentation :

Tandis que les précédentes sections du présent travail étaient physico-mathématiquement triviales au sens où elles ne fournissaient qu'une clarification logique du concept de système, il s'agit avec la théorie des systèmes ouverts d'une problématique réellement nouvelle³.

Bertalanffy consacra en conséquence une bonne part de ses essais sur le projet « systémologique » rédigés entre 1945 et 1950 à exposer à nouveau les analyses du « système ouvert général »⁴ qu'il avait publiées entre 1940 et 1942. Ces analyses ayant été détaillées et commentées au 2-6-1, il est inutile d'y revenir. Je me bornerai ici à remarquer en premier lieu que cette reprise légitime l'interprétation que j'en ai faites comme « antichambre » ou laboratoire du projet « systémologique » général destiné à en asseoir la légitimité, la pertinence et l'intérêt. Rappelons par ailleurs que Bertalanffy avait établi deux « théorèmes » sous certaines conditions (notamment de linéarité) portant sur le système d'équations aux dérivées partielles lui servant de « système ouvert général »⁵ :

$$\frac{\partial X_i}{\partial t} = T_i + P_i \quad (1 \leq i \leq n) \quad (2)$$

Ces deux théorèmes sont l'impossibilité d'une « équifinalité » du comportement de toutes les variables X_i dans un système fermé et la possibilité pour un système ouvert d'atteindre un « équilibre de flux »

¹ Ne serait-ce que dans des termes quadratiques du type $X_s X_j$, où k est une constante.

² Bertalanffy L. von (1945), pp. 15-17 ; (1949b), pp. 120-121 ; (1950b), p. 150. En fait, Bertalanffy omit les valeurs absolues (nécessaires).

³ Bertalanffy L. von (1945), p. 17.

⁴ Bertalanffy L. von (1945), pp. 17-22 ; (1949b), pp. 121-125 ; (1950b), pp. 155-159.

⁵ Les détails ont été exposés au 2-6-1-1, notamment la signification des notations.

caractérisé par des valeurs « équifinales » des variables X_i . Mérite ici d'être souligné un fait connu de Bertalanffy¹ qui fut développé par Rapoport² ; à savoir que bien que (2) soit un système plus général que (1), ces deux « théorèmes » peuvent être dérivés dans le cadre de (1) : il suffit d'y imposer aux fonctions du second membre d'être des formes linéaires des X_i auxquelles est ajouté un terme constant traduisant un flux d'éléments ; en effet, le système différentiel est alors non homogène et contrairement au cas du système fermé, ceci implique non seulement l'existence d'un unique état stationnaire lorsque la matrice du système est de déterminant non nul, mais aussi son indépendance de l'état initial. L'important était en tout état de cause pour Bertalanffy de mettre en évidence, dans la même perspective que la Cinétique de Lotka et comme il l'avait fait dans ses articles du début des années 1940, la possibilité de dériver *a priori* d'un système formel des propriétés générales s'appliquant à tout « système concret » justiciable d'une interprétation de ce système formel.

3-1-2-6 – Le biais « organismique » assumé de la « systémologie générale »

Il me faut ici revenir sur un aspect des discours de Bertalanffy dont la précédente sous-section a déjà pointé les manifestations dans ses considérations formelles : s'il parlait d'une « systémologie générale », il est manifeste, ne serait-ce que par son traitement du système différentiel (1), que son souci de « généralité » était avant tout orienté vers ses schèmes « organismiques » d'interprétation (théoriques comme philosophiques). C'est-à-dire qu'il avait bien moins en vue un concept absolument général de « système » que la recherche d'un maximum de généralité de ces schèmes, donc de son modèle du « système organisé ». Pour reprendre sa propre expression, les relations systémiques « intéressantes » n'étaient à vrai dire pour lui que celles auxquelles il avait consacré l'essentiel de ses travaux depuis les années 1920 : c'étaient celles qu'il voyait ubiquitaires à tous les « niveaux » du monde biologique, de la cellule aux biocénoses, et dont il s'agissait désormais pour lui d'établir la pertinence théorique à tous les « niveaux de réalité », en particulier psychologiques et sociologiques. Est-ce à dire, dans ces conditions, que sa « systémologie générale », qu'il faudrait peut-être mieux d'ailleurs qualifier de « systémologie organismique », était en fin de compte un projet biologiciste voué à réduire toute interprétation du « réel » en général aux schèmes systémiques qu'il avait élaborés dans les sciences du vivant ?

La tentation est d'autant plus grande de la voir ainsi que l'on prend acte de l'organisation et du titre même de son essai publié en 1949, *Das biologische Weltbild*. Que Bertalanffy, après en avoir exposé la légitimité et les fondements, ait clôturé l'exposé de sa « vision biologique du monde » par celui de cette « systémologie » prétendument « générale » peut servir d'argument majeur en ce sens. Peut par exemple sembler en témoigner la juxtaposition de ces lignes distantes de 165 pages, respectivement extraites de l'introduction et de la conclusion ; la répétition des thèmes développés au début des années 1930 qui s'y observe est aussi une nouvelle illustration de la remarquable continuité entre cette « systémologie générale » et ses travaux biothéoriques, et de l'importance de sa remarque déjà citée de 1934 selon laquelle sa vision « organismique » avait vocation, après être « parvenue à maturité » dans le domaine biologique, à « s'élargir à une vision générale du monde »³ :

Le droit de parler d'une *vision biologique du monde* résulte de la place centrale que prend la biologie dans le système des sciences [...] Dans le phénomène de la « vie » se rencontrent les points de vue qui, selon une description courante, sont issus d'un côté des sciences de la nature et de l'autre des sciences de l'esprit. Mais la signification de la biologie pour la vie intellectuelle contemporaine est enracinée plus profondément [...] De nos jours surgissent dans toutes les sciences des problèmes qui sont exprimés par *des concepts tels que ceux de « totalité », d'« organisation » ou de « Gestalt »* – c'est-à-dire des concepts dont la racine centrale se trouve dans le domaine biologique [...] Nous montrerons ici comment des concepts et approches biologiques se répercutent dans les différents domaines intellectuels [...]

¹ Cette connaissance apparaît dès Bertalanffy L. von (1942), pp. 30-33, où elle est justement utilisée concrètement dans l'analyse du modèle de système chimique ouvert dont il a été question au 2-6-1-3. Voir le 3-2-3-2 pour les développements fournis par Rapoport.

² Rapoport A. (1952) et (1973c), pp. 441-443.

³ C'est ce que je disais dans la conclusion de la partie 1. Bertalanffy L. von (1934b), p. 365.

Le développement le plus général de la conception organismique est la construction d'une systémologie générale en tant que fondement d'une ontologie mathématique exacte et de l'homologie logique des concepts les plus généraux des différentes sciences¹.

Mais cette juxtaposition suggère aussi que l'objectif de Bertalanffy consistait en fait à élever les concepts et principes « organismiques » à un niveau d'abstraction tel que leur interprétation biologique n'en soit plus qu'une possible parmi d'autres ; et que la biologie ne lui servait de modèle (notamment en tant que réservoir d'exemples) qu'au sens où c'est dans cette science que les concepts de « totalité » et d'« organisation » avaient été le plus développés. En d'autres termes, « généraliser » la conception « organismique » ne signifiait pas pour Bertalanffy transposer des concepts et des principes *en soi biologiques* à des domaines non biologiques, mais bien établir que les concepts et principes *systémiques* caractéristiques de cette conception « organismique » n'ont pas un domaine d'application limité à la biologie, qu'ils sont *transdisciplinaires* bien qu'ayant surtout été élaborés et mis en œuvre dans cette science, parce qu'ils concernent en définitive des *structures* de relations sans que l'interprétation particulière de ces dernières ne soit concernée. La « généralité » portait sur l'ampleur du domaine d'application, non sur le concept de système, qui restait presque toujours « organismiquement » spécifié chez Bertalanffy : même s'il souligna la possibilité de modélisations systémiques se dispensant d'une telle spécification, donc l'existence et l'intérêt de concepts plus généraux ou en tous cas différents de « système », c'est pour l'essentiel à l'étude de la pertinence de ses schèmes « organismiques » hors de la biologie qu'il consacra son travail après-guerre. Ainsi put-il réduire à une « fiction personnificatrice » au sens de Vaihinger la « conception des unités sociales telles que les économies, les nations, les états ou les civilisations comme des 'organismes' » tout en insistant sur la possibilité de les étudier comme des « systèmes », au motif que le concept d'organisme « implique des déterminations » systémiques absentes dans ces « unités » (les modalités de l'ordre hiérarchique propre aux êtres vivants) ; il se référa pour l'occasion au « philosophe du soupçon » :

Je suis un philosophe organismique mais me souviens de ce que Nietzsche a posé comme première obligation du philosophe : se méfier de lui-même².

Mais cela n'empêcha pas Bertalanffy d'insister en parallèle sur la transdisciplinarité (donc en particulier sur l'applicabilité aux sciences sociales) de ses concepts de « ségrégation », de « mécanisation » et de « centralisation » progressives, et donc en définitive sur celle de son second schème théorique d'interprétation « organismique »³.

Son souci de lever toute ambiguïté quant à l'éventualité d'un réductionnisme biologiciste apparaît toutefois en 1950 dans son premier article sur la « systémologie générale » destiné à un public anglo-saxon. On peut envisager qu'il répondait de la sorte à des critiques adressées au cours de ses conférences sur le sujet à Londres. Tout en réitérant une opposition que nous avons vue dater de sa thèse doctorale, il y mettait en avant l'importance du moment « émergentiste » inhérent à son projet :

Le fossé entre sciences de la nature et sciences sociales est largement comblé [par la « systémologie générale »], non au sens de la réduction des secondes aux conceptions biologiques, mais au sens de l'existence de similitudes structurales [...] Après avoir jeté par-dessus bord la vision mécaniciste, il faut être attentif à ne pas glisser vers le « biologisme », c'est-à-dire le fait de considérer les phénomènes mentaux, sociologiques et culturels d'un point de vue seulement biologique [...] Le biologisme n'a pas prouvé ses mérites théoriques et s'est par contre révélé fatal dans ses conséquences pratiques. *La conception organismique ne signifie pas une domination unilatérale de conceptions biologiques.* En soulignant les isomorphies structurales générales entre niveaux différents, elle affirme simultanément leur autonomie et leur possession de lois spécifiques⁴.

Il n'en reste pas moins, comme il apparaîtra aux 3-3-3 et 3-4, que la focalisation de Bertalanffy sur le caractère « organismique » de sa « systémologie » l'amena à rendre celle-ci synonyme de domination de son modèle « organismique » du système : en attribuant à celui-ci une valeur qu'il qualifia de « primordiale », « plus large » et « plus générale » (principalement au motif de l'importance qu'y jouent les principes d'autorégulation dynamique et de « mécanisation

¹ Bertalanffy L. von (1949e), pp. 11-12 et p. 176 respectivement. Les italiques me sont propres.

² Bertalanffy L. von (1951b), p. 308.

³ Bertalanffy L. von (1950b), en particulier pp. 148-151.

⁴ Bertalanffy L. von (1950b), pp. 164-165. Les italiques me sont propres.

progressive »), il chercha à faire apparaître tout autre modèle systémique, en particulier le modèle cybernétique, comme un cas particulier du sien, et moins fondamental¹. De sorte qu'il put donner l'impression à nombre de ses contemporains et commentateurs peu enclins à cet « impérialisme » de vouloir, malgré ses intentions transdisciplinaires affichées, « colorer » biologiquement toute interprétation systémique du « réel ».

3-1-3 – *Premières controverses autour du statut scientifique de la « systémologie générale » et de son concept fondamental d'isomorphisme*

Avant de poursuivre l'examen des premiers discours de Bertalanffy sur la « systémologie générale » en considérant les fonctions qu'il assignait à ce projet, il importe de considérer les premières critiques adressées aux aspects de ces discours qui viennent d'être exposés. Elles furent formulées par Hempel et Jonas fin 1950 dans le cadre du colloque de Toronto : Bertalanffy put donc y répondre et fournir des précisions utiles.

3-1-3-1 – *Controverses autour du statut de « science formelle » de la « systémologie générale »*

Nous avons vu le reproche du manque de généralité de (1) que Hempel adressa à Bertalanffy et la relativité du concept de système qu'il avait développé, bien qu'il n'y ait en fait pas matière à y voir de véritable difficulté compte tenu de la perspective adoptée. La critique de Hempel se poursuit néanmoins d'une manière plus radicale, soulevant une première question cruciale au sujet du statut de « science formelle » assigné par Bertalanffy à sa « systémologie ». Pour Hempel, qui semble avoir négligé le fait que Bertalanffy y intégrait aussi une dimension « logico-mathématique », « la systémologie générale constituerait en tout état de cause une branche des mathématiques pures ». Observons que son argument était imprégné de l'identification positiviste de la causalité à la dépendance fonctionnelle :

Je présume donc que la tâche de la systémologie générale consisterait dans l'étude des diverses formes mathématiques d'interdépendance entre parties constituantes d'un objet physique, eu égard à une ou plusieurs caractéristiques quantitatives X, X', X'' , etc. Et puisque nous ne pouvons pas savoir *a priori* quelles formes particulières d'interdépendance se révéleront importantes pour la recherche scientifique, il me semble qu'une systémologie vraiment générale devrait étudier tous les types mathématiques possibles d'interrelation fonctionnelle. Par conséquent, la systémologie générale coïnciderait avec au moins la totalité de la théorie mathématique des variables réelles et complexes. Des écrits de von Bertalanffy, je déduis qu'il se refuserait à considérer tout type concevable de relation fonctionnelle comme représentant une forme potentielle d'interdépendance synholistique, et qu'il préférerait plutôt interpréter les lois systémiques comme une sous-classe stricte de toutes les relations fonctionnelles possibles. À ma connaissance, il n'a toutefois pas offert de critère général pour caractériser une telle sous-classe, et un tel critère n'a rien d'évident. La signification et l'étendue de son concept de système restent donc dans une certaine mesure problématiques².

Bertalanffy avait déjà fourni un premier élément de réponse à ce type de critique dans ses interventions au colloque d'Alpbach lorsqu'il y fit remarquer que « tous les types de relations systémiques ne sont pas intéressants en pratique »³. Qu'il n'ait effectivement visé qu'une « sous-classe de toutes les relations fonctionnelles possibles », c'est d'autant plus clair si l'on se rappelle qu'il ne concevait le formalisme mathématique que subordonné à un modèle conceptuel sous-jacent – son modèle du « système organisé » se retrouvant comme je l'ai dit mis au premier plan. Bertalanffy n'avait certes effectivement pas établi de critère général pour caractériser le type de relations fonctionnelles qu'il considérait comme « intéressantes » dans le cadre de son projet « systémologique », mais Hempel aurait pu reconnaître qu'il avait fourni une première ébauche d'un

¹ Bertalanffy L. von (1951b), pp. 343-361.

² Hempel C.G. (1951), pp. 314-315. Les italiques me sont propres. Voir aussi Dubrovsky V. (2004), p. 110, où le critique souligne quant à lui l'absence de « principes systémiques vraiment généraux » tout en cherchant à prouver, sur la base d'une prétendue « ontologie réaliste » de Bertalanffy, qu'il était « impossible » à celui-ci d'en formuler.

³ Bertalanffy L. von (1948b), p. 361.

tel critère en mettant en avant ses concepts et principes « organismiques ». Par ailleurs, son jugement était très réducteur, puisque Bertalanffy n'identifiait pas sans reste la « systémologie générale » à la seule construction d'une ou même de plusieurs théories « exactes » et axiomatisées de relations systémiques – en particulier certainement pas à cette simple « illustration » que constituaient ses considérations formelles sur les systèmes généraux (1) et (2). Si ses soucis d'expliquer les vocations et de montrer la possibilité de principe de cette « systémologie » l'avaient incité à insister sur les aspects formels et sur l'objectif d'« exactitude », il ne s'agissait pas pour autant d'en majorer l'importance. Il était hors de question pour lui de réduire la « systémologie » à une « branche des mathématiques » :

Il est indéniable que des formulations à la fois plus rigoureuses et générales doivent être données pour que la systémologie générale puisse être élaborée plus avant. Néanmoins, *elle n'est pas qu'une simple catalogue d'équations différentielles bien connues et de leurs solutions*. Ceci se montre par le fait qu'*elle pose des problèmes déterminés*. Par exemple la question des conditions générales d'existence d'états stationnaires et de fluctuations périodiques est loin d'être résolue, à part dans les cas linéaires simples. Un principe de moindre action apparaît en mécanique, en chimie physique (principe de Le Châtelier), en électrodynamique (règle de Lenz) et en démographie (Volterra). Il semble donc qu'un principe généralisé de moindre action s'impose, qui soit applicable non seulement aux systèmes physiques, mais à des systèmes de n'importe quel type. Une théorie générale de la périodicité est souhaitée dans beaucoup de champs. Des problèmes d'oscillations de relaxation apparaissent en physique, en neurologie, dans la théorie des biocénoses et dans celle des cycles économiques, etc., et une théorie généralisée par rapport à la physique, applicable à tout type de système, irait indubitablement loin dans l'exploration de ces divers phénomènes¹.

Bertalanffy avait d'ailleurs déjà exprimé ce point de vue dans son article publié en 1950 en Angleterre, et même partiellement dans *Das biologische Weltbild*². Il résuma bien sa position dans une lettre adressée à Hempel quelques semaines avant le colloque de Toronto :

La systémologie générale n'est pas tout l'algèbre et l'analyse, et elle n'en est pas même une partie ; elle est une *analyse de certains aspects des phénomènes*. Elle *utilise* des outils mathématiques afin de définir et de déduire des lois de « systèmes »³.

Hempel concéda à son interlocuteur qu'il ne s'agissait pas pour lui de nier la possibilité d'appliquer l'étude abstraite de relations fonctionnelles à des situations spécifiques concernant des objets matériels⁴. Mais s'il réitéra malgré tout publiquement sa critique, c'est qu'il y avait pour lui quelque chose d'inadmissible dans cette vision bertalanffienne d'une « systémologie générale » qui serait en fin de compte, pour reprendre le vocabulaire du Cercle de Vienne, à la fois une « science formelle » et une « science du réel ». Et la suite de ses critiques, qui tourne autour de ce problème, peut certainement être considérée comme exprimant le motif profond de l'opposition néo-positiviste au projet de Bertalanffy⁵.

Si ce dernier partageait l'idée que les mathématiques ont pour fonction d'organiser et de systématiser les théories spécifiques, il se portait en effet en faux contre un autre volet de la conception du rapport des mathématiques au « réel » généralement partagée par les néo-positivistes : l'idée qu'un ordre déductif axiomatisé est en tant que tel inapplicable au « réel » et sans pertinence théorique tant que les concepts qui le constituent n'ont pas été interprétés au moyen d'un modèle permettant de donner aux variables et aux constantes du système axiomatique une signification empirique, et de fixer le domaine d'application des signes utilisés ainsi que les conditions de validité des énoncés. Ce point de vue allait de pair avec la récusation de l'existence de jugements « synthétiques *a priori* », qui n'accorde d'autre pouvoir aux mathématiques que celui de livrer des vérités « analytiques ». La conjonction d'une formule de Popper datée de 1946 allant dans ce sens et d'une critique de la « systémologie générale » publiée en 1978 par le mathématicien David Berlinski montre bien pourquoi les vues de Bertalanffy ne pouvaient que se heurter à de telles positions :

¹ Bertalanffy L. von (1951b), p. 339. Les italiques me sont propres.

² Bertalanffy L. von (1950b), p. 142 et (1949e), p. 187.

³ Lettre de Bertalanffy L. von à Hempel C.G. (06/11/1950), *Archives du B.C.S.S.S.* Les italiques me sont propres.

⁴ Lettre de Hempel C.G. à Bertalanffy L. von (02/12/1950), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁵ Voir Müller K. (1996), pp. 245-253 pour des analyses de cette opposition, qui ont selon moi pour défaut de ne pas du tout prendre en compte la théorie perspectiviste de la connaissance de Bertalanffy : elles reposent sur l'idée trop simplificatrice que Bertalanffy aurait fondé sa « systémologie générale » sur le postulat d'un « isomorphisme entre théorie, pensée et réalité ».

Dans la mesure où un calcul est appliqué à la réalité, il perd le caractère d'un calcul *logique* et devient une théorie descriptive *qui peut être empiriquement réfutable* ; et dans la mesure où il est traité comme irréfutable, c'est-à-dire comme un système de formules *logiquement vraies* plutôt que comme une théorie descriptive, il n'est pas appliqué à la réalité¹.

Si les systèmes sont seulement des systèmes d'*équations différentielles ordinaires*, les principes qui les gouvernent seront des parties des mathématiques, de l'analyse en particulier [...] Néanmoins, si les systèmes sont pris pour être seulement des *systèmes* d'équations différentielles ordinaires, leurs principes seront des lois empiriques particulières telles que la loi de l'inverse des carrés [loi newtonienne de la gravitation], le principe fondamental de la dynamique [somme des forces égale au produit de la masse par l'accélération] ou la loi de la courbe logistique en théorie de la croissance biologique. Le changement d'italiques dans les phrases précédentes est une preuve d'ambitions intellectuelles en conflit et même incompatibles : si les lois de la systémologie [*systems theory*] doivent être générales, elles ne peuvent être empiriques ; et si elles doivent être empiriques, elles ne peuvent être générales. En prenant la première, nous avons une systémologie coïncidant avec la théorie des équations différentielles ordinaires ; et en prenant la seconde nous confondons ultimement la systémologie avec les diverses disciplines utilisant des équations différentielles².

Bertalanffy n'était bien évidemment pas de cet avis. Contrairement aux apparences qu'il put il est vrai maladroitement donner, il ne me semble pas que sa divergence consistait, comme l'a écrit un récent critique, à gommer la pertinence de la question des conditions de l'application des mathématiques au « réel » sous « l'hypothèse que la réalité expérimentable est elle-même mathématiquement structurée »³. Mon analyse de son perspectivisme montre qu'elle reposait sur l'idée qu'aucune réalité ne peut être perçue et encore moins pensée hors de toute structuration, et que les mathématiques constituant justement l'art par excellence de la structuration, une « systémologie générale » étudiant en fin de compte les *modalités possibles de la structuration des discours systémiques sur le « réel »* est fondée à prétendre livrer *a priori* des lois et des principes inhérents à *ces discours*, charge étant laissée à la recherche empirique d'étudier ensuite dans quelle mesure ils sont effectivement adéquats pour appréhender des phénomènes spécifiques. C'est donc bien en raison exacte de son perspectivisme que Bertalanffy n'aurait pu partager cet avis de Berlinski. Son postulat, fondé sur son double constat des « homologues » à caractère systémique entre constructions scientifiques et de la capacité de ces dernières à établir leur objectivité, était celui de l'existence d'invariants entre les différents niveaux de *discours* scientifiques, qui doivent pouvoir être mathématiquement exprimés et auxquels une valeur de « réalité objective » peut être attribuée au moins dans une perspective « régulatrice ». S'il y a bien une faiblesse dans ses premiers discours « systémologiques » à ce sujet, elle tient selon moi seulement au fait qu'ils n'étaient pas articulés aux arguments de type évolutionniste et psychogénétique constitutifs de sa théorie de la connaissance, qui auraient seuls permis de lever le voile sur l'origine d'un accord entre pensée et « réalité » en général (et en particulier sur la capacité des mathématiques à saisir *a priori* une énigmatique « essence du réel »), accord qui tendait dès lors inévitablement à apparaître comme un postulat métaphysique.

Les controverses entre Bertalanffy d'une part et Hempel et Jonas d'autre part apparaissent comme des variations sur le thème problématique qui vient d'être évoqué. Ainsi Jonas récusait-il les prétentions de Bertalanffy à « dissoudre » certaines questions métaphysiques dans le formalisme abstrait de « systèmes généraux » :

*Les questions de fait ne sont pas résolues par des définitions. Le problème du choix entre mécanisme et téléologie, comme celui de la totalité sont métaphysiques et non des problèmes logiques. Les mathématiques ne peuvent en fournir la solution, et en fait elle ne se prononce en rien sur eux. La formalisation laisse les contenus intouchés*⁴.

En réalité, Bertalanffy n'avait jamais dit que la « systémologie générale » avait vocation à éliminer toute dimension métaphysique dans ces problèmes, mais exprimé l'espoir qu'elle permettrait de bien les formuler et de fournir des outils conceptuels permettant de progresser dans la voie de leur élucidation scientifique. Il put répondre ironiquement à Jonas qu'il ne se trouvait pas « dans la position

¹ Popper K. (1946), in Müller K. (1996), p. 252.

² Berlinski D. (1978), p. 952.

³ Müller K. (1996), p. 251.

⁴ Jonas H. (1951), p. 334. Les italiques me sont propres.

enviable du philosophe capable de dénoncer l'incapacité du scientifique à résoudre de tels problèmes », tout en relevant que « ce n'est certainement pas en les décrétant 'métaphysiques' » qu'on y parviendrait¹. Il reçut du reste quelques semaines plus tard le soutien enthousiaste de Reichenbach exprimant son parfait accord avec ses vues à ce sujet, en particulier quant au concept de finalité².

Hempel avait pour sa part conclu sa critique du concept bertalanffien de « système » par l'idée que « la systémologie générale constituerait une branche des mathématiques pures », en déduisant qu'elle ne saurait satisfaire l'un des critères qu'il jugeait nécessaires pour qu'un savoir puisse être élevé à la dignité de « science du réel », celui de sa capacité prédictive (une critique réitérée par d'autres commentateurs par la suite³) :

En conséquence, contrairement aux théories en physique, chimie ou biologie, *la systémologie générale ne pourrait pas avoir de force prédictive* : ses principes seraient incapables de prédire les caractéristiques de systèmes concrets encore inexplorés. Ainsi, dans l'étude de similitudes structurales entre les lois gouvernant différentes classes de phénomènes, *la systémologie ne pourrait pas prédire de « nouveaux » isomorphismes* : elle devrait attendre que la recherche empirique établisse des lois générales dans un nouveau domaine avant de pouvoir ensuite examiner ces lois dans leur éventuelle similitude avec celles précédemment acceptées⁴.

Hempel contesta pour la même raison la manière qu'avait Bertalanffy de citer des recherches théoriques telles que sa théorie de la croissance organique, l'étude des équilibres dynamiques ou la thermodynamique des processus irréversibles comme si elles étaient représentatives du projet « systémologique » et en étaient des applications. Et s'il reconnut, en la cantonnant explicitement au « contexte de découverte », que « l'approche prônée par von Bertalanffy pourrait bien se révéler être un guide heuristique hautement utile dans la recherche de la solution de problèmes théoriques spécifiques », ce fut après avoir considérablement minoré sa portée hors de la sphère mathématique :

Les résultats obtenus dans ces recherches théoriques ou qui pourraient l'être par des méthodes similaires ne sont sûrement pas dérivables seulement d'un ensemble de principes généraux de la systémologie ; chaque problème réclame bien plutôt une ingéniosité et une inventivité spécifiques dans son domaine [...] La systémologie ne peut certainement pas fournir un ensemble de principes universels qui impliqueraient déductivement la solution de tous ces problèmes particuliers⁵.

Ce que Bertalanffy n'avait jamais prétendu, même si ses formulations pour le moins ambitieuses pouvaient aisément inciter à une telle interprétation. Quant à l'« absence de force prédictive » alléguée, les travaux de Lotka comme ceux de Volterra, auxquels on peut ajouter la construction de la théorie bertalanffienne de la croissance voire les modélisations mathématiques de Rashevsky, suffisaient à rendre pour le moins douteux l'argument de Hempel : tous avaient en effet montré comment des approches *a priori* consistant en l'analyse des propriétés de certains systèmes abstraits de relations purement mathématiques peuvent permettre non seulement de définir des « spectres » de comportements systémiques envisageables dans l'étude du « réel », mais aussi de structurer des modélisations spécifiques adéquates du comportement de certains « systèmes concrets ». La réponse de Bertalanffy, tout en utilisant cet argument et en fournissant par la même occasion une belle manifestation du profond impact des théoriciens des systèmes biocénétiques sur la genèse de son projet « systémologique », pointa explicitement en ces termes la distance qui le séparait de la conception néo-positiviste du rapport entre « sciences formelles » et « sciences du réel » :

Hempel fait une distinction entre la systémologie générale qui « constituerait un branche des mathématiques pures » et serait « incapable de prédire les caractéristiques de systèmes concrets encore inexplorés » et les « théories en physique, chimie et biologie » qui peuvent y parvenir et « ne sont sûrement pas dérivables seulement d'un ensemble de principes généraux de la systémologie ». *Nous ne voyons toutefois pas de différence fondamentale*. Dans tout système hypothético-déductif – qu'il s'agisse de géométrie, de mécanique, de théorie des probabilités ou d'économie – nous devons

¹ Bertalanffy L. von (1951b), p. 342.

² Lettre de Reichenbach H. à Bertalanffy L. von (24/02/1951), *Archives du B.C.S.S.S.*

³ Au premier chef Phillips D.C. (1969), p. 14 et (1976), pp. 65-66. Sous l'influence explicite de Popper, Phillips jugeait que la valeur prédictive est « la caractéristique la plus importante d'une théorie scientifique » et que la « systémologie générale » n'est, « comme le marxisme et le freudisme, brillante que pour expliquer les phénomènes qu'une fois qu'ils sont connus ».

⁴ Hempel C.G. (1951), p. 315. Les italiques me sont propres.

⁵ *op. cit.*, p. 316. Voir aussi Hempel C.G. (1965), pp. 440-441.

introduire des conditions particulières conformes à l'expérience pour pouvoir l'appliquer aux phénomènes concrets. La même voie peut être suivie par la systémologie générale. Un bon exemple est la théorie des populations, d'abord développée par Lotka, puis plus tard par Volterra, Kostitzin et d'autres : *en commençant par un ensemble général et purement formel d'équations et en introduisant graduellement des conditions plus spécifiques*, des lois de croissance démographique pour des populations consistant en une ou plusieurs espèces, pour la compétition, l'équilibre biocénétique, les fluctuations de populations, etc. peuvent être dérivées. De manière similaire, nous pouvons commencer avec un système d'équations différentielles simultanées et introduire comme condition plus spécifique que le système soit « ouvert », i.e ; qu'il y ait un intrant et un extrant de matériel. On obtient alors la cinétique générale des systèmes ouverts. Si l'on introduit encore les constantes de réaction des composés chimiques concernés, on peut utiliser nos équations afin de prédire les processus en chimie industrielle. On peut encore poser certaines conditions concernant le rapport entre intrant et extrant et obtenir des lois qui s'appliquent à tout organisme et permettent en partie d'obtenir des prédictions tout-à-fait inattendues¹.

Dans le même esprit, Bertalanffy avait écrit à Hempel quelques semaines auparavant (en avançant en particulier l'idée profondément non-positiviste d'un rapport d'« application » qu'entreprendraient avec les mathématiques les « sciences du réel » en général, et la physique en particulier) :

Le terme « système » a deux significations différentes : « réel », i.e. ensemble d'événements observables ; et « fonctionnel » ou « formel », i.e. relations mathématiques. De la manière dont je comprends la systémologie générale, elle est concernée par les lois des systèmes « réels » ; et elle applique les systèmes « fonctionnels » pour décrire certaines caractéristiques des systèmes « réels », de la même manière que la physique applique les mathématiques. La systémologie générale est bien évidemment plus générale que chaque domaine spécialisé ; mais la différence n'est pas essentielle, il s'agit seulement d'une différence de degré. Les problèmes considérés n'y ont de signification qu'eu égard aux systèmes « réels ». Et une relation simplement fonctionnelle telle que l'équation des gaz parfaits n'est pas une loi systémique au sens de la systémologie générale. Mon idée que sa position est similaire à celle de la théorie des probabilités ne contredit pas celle qu'elle est concernée par les systèmes « réels ». Car c'est la vocation de toute science théorique de développer des relations formelles afin de les appliquer à certaines classes de phénomènes².

La « systémologie générale » aurait donc finalement selon Bertalanffy pour vocation de construire des modèles formels de relations systémiques qui, bien qu'en eux-mêmes parfaitement abstraits et dépourvus de référence à une quelconque « réalité » autre que mathématique, peuvent trouver une signification concrète en étant interprétés pour appréhender des phénomènes jugés susceptibles de l'être par cette procédure.

3-1-3-2 – Controverses autour du concept d'isomorphisme

L'affirmation de Hempel au sujet des isomorphismes, qui revenait en fait à dire qu'on ne saurait jamais que les constater *a posteriori*, m'apparaît quant à elle hors de propos à la lumière du perspectivisme de Bertalanffy : elle se justifie certes en référence à une théorie empiriste de la connaissance, mais perd sa portée dès lors que les lois scientifiques sont comprises comme des *constructions* issues d'un cadre conceptuel privilégié parmi d'autres sans pour autant être tenu pour un « reflet » [*Abbild*] d'une réalité en soi univoque. Dans la mesure où les théorisations respectives de deux « systèmes concrets », même de natures très différentes, sont issues d'un même cadre conceptuel systémique et s'effectuent au moyen d'un même appareil formel tel que celui des systèmes différentiels, il est en effet évident, au contraire de l'affirmation de Hempel, que des isomorphismes entre ces théorisations sont *a priori* envisageables et peuvent le cas échéant être prévus, d'autant plus bien sûr que les spécifications du « système général » dont elles sont des expressions particulières sont similaires. Les seules questions pertinentes devenant de ce point de vue celle, pragmatique, de l'adéquation du cadre « systémologique » pour l'étude des phénomènes concernés et, dans le cas favorable, celle, théorique, de l'éventuelle signification profonde de l'isomorphisme observé. C'est tout le sens de deux remarques qu'opposa Bertalanffy à ces critiques :

¹ Bertalanffy L. von (1951b), pp. 339-340. Les italiques me sont propres.

² Lettre de Bertalanffy L. von à Hempel C.G. (06/11/1950). *Archives du B.C.S.S.S.*

Il est bien évident que l'occurrence d'une identité d'expressions mathématiques n'est en pas *en elle-même* une *preuve* que les phénomènes concernés sont des phénomènes systémiques « homologues » ; tout ce qui est prétendu est que *si des systèmes sont considérés, certains principes généraux s'y appliqueront*.

Les mérites et les insuffisances de constructions théoriques généralisées telles que la systémologie générale ne doivent pas être jugés à partir de motifs *a priori* : ils ne deviendront apparents que dans l'application concrète¹.

Mon interprétation se justifie d'autant mieux à la lumière des réponses qu'il apporta à d'autres critiques de son concept d'isomorphisme prolongeant les précédentes. Hempel, en référence à Mach et à Duhem, concédait encore que la reconnaissance d'isomorphismes peut permettre une « économie théorique » (ou « intellectuelle ») ; mais il n'était pas prêt à lui accorder d'autres valeurs que celle d'une heuristique et d'un procédé commode d'exposition :

Il ne me semble toutefois pas que la reconnaissance d'isomorphismes entre lois ajoute quelque chose à notre compréhension théorique des phénomènes dans les deux domaines concernés, ou qu'elle l'approfondisse ; car on ne parvient à une telle compréhension qu'en subsumant les phénomènes sous des lois ou théories générales ; et l'applicabilité d'un certain ensemble de principes théoriques à une classe donnée de phénomènes ne peut être assurée que par la recherche empirique, non par une pure systémologie. Ainsi le fait de réaliser que la loi newtonienne de la gravitation et la loi coulombienne de l'attraction magnétique² sont isomorphes peut nous donner un sentiment de familiarité avec l'une si nous sommes déjà familiers avec l'autre ; mais hormis cette considération purement psychologique, dépourvue de pertinence eu égard aux objectifs de l'explication scientifique, la reconnaissance d'isomorphismes n'ajoute rien à ce degré de compréhension théorique des phénomènes gravitationnels ou magnétiques que permettent les deux lois elles-mêmes ; car la compréhension théorique est reflétée par la capacité à prévoir, et celle-ci reste évidemment inchangée par la reconnaissance de l'isomorphisme³.

Dans un essai ultérieur, Hempel, développant sa conception à ce sujet, qualifia même d'« inessentiel » le recours à un isomorphisme « eu égard aux buts systématiques de l'explication scientifique » : on pourrait « toujours s'en dispenser »⁴. Bertalanffy, outre qu'il se refusait à réduire la « compréhension théorique » à la « capacité de prévoir », lui répliqua en retournant son exemple. L'argument sous-jacent, fondamental du point de vue de l'ontologie des « systèmes généraux » et que nous avons vu au 2-2-3-5 explicité et développé quelques années plus tard par Rapoport et Rosen, était qu'un isomorphisme, d'autant plus s'il concerne deux lois bien établies empiriquement, suggère au contraire l'existence d'une structure plus profonde méritant d'être dégagée, susceptible de faire l'objet d'une théorie plus générale que celles dont ces lois sont respectivement issues :

Selon Hempel, l'isomorphie de lois « n'ajoute rien à la compréhension » des phénomènes concernés. Il cite les lois de Newton et de Coulomb en exemple. Mais cet exemple prouve exactement le contraire de ce que prétend Hempel. Car loin d'être considérée comme une simple coïncidence superficielle, l'isomorphie entre forces électriques et forces gravitationnelles est la pierre d'angle de la théorie générale des champs et de la théorie de la relativité⁵.

L'échange entre Bertalanffy et Jonas au sujet du concept d'isomorphisme est tout aussi instructif. La critique de Jonas montre en effet très bien, en nous ramenant vers la question de la nature d'une « systémicité », l'obstacle que représentait le structuralisme de Bertalanffy. Un obstacle

¹ *op. cit.*, p. 341 et p. 336 respectivement. Les italiques me sont propres. Bertalanffy avait déjà écrit à un correspondant que la justification de la « systémologie générale » devrait « être conçue dans l'esprit de la maxime américaine : 'the proof of the pudding is in the eating' ['c'est à l'œuvre que l'on reconnaît l'artisan'] » : lettre de Bertalanffy L. von à Keiter F. (20/02/1949), *Archives du B.C.S.S.S.*

² Hempel voulait en fait bien sûr parler ici d'attraction *électrostatique*...

³ Hempel C.G. (1951), p. 315. Les italiques me sont propres. Voir aussi Hempel C.G. (1965), pp. 440-441.

⁴ Hempel C.G. (1965), pp. 438-439 : « Pour appréhender la signification explicative des modèles analogiques, et plus généralement des analogies fondées sur des isomorphismes nomiques, supposons qu'un 'nouveau' domaine d'étude est en train d'être exploré et que nous tentions d'expliquer les phénomènes rencontrés par référence analogique avec un 'ancien' domaine d'étude précédemment exploré. Ceci appelle l'établissement d'un isomorphisme entre un ensemble de lois, disons L_1 , propre à l'ancien domaine, et à un ensemble correspondant dans le nouveau, disons L_2 . A cette fin, nous devons évidemment d'abord découvrir un ensemble adéquat L_2 , de lois dans le nouveau domaine. Mais une fois que ceci a été accompli, ces lois peuvent être directement utilisées pour l'explication des 'nouveaux' phénomènes, sans aucune référence à leur isomorphisme structural avec l'ensemble L_1 . Eu égard aux buts systématiques de l'explication scientifique, se reposer sur des analogies est donc inessentiel et l'on peut toujours s'en dispenser ».

⁵ Bertalanffy L. von (1951b), p. 340.

ontologique que Hempel refusait aussi bien de franchir. La thèse de Jonas était que les isomorphismes dont Bertalanffy avait fait le fondement de son postulat d'existence de « lois systémiques générales » sont en fait des « trivialisés » dépourvues de portée pour la compréhension du monde « réel », car ontologiquement vides :

Deux pommes additionnées à deux pommes font quatre pommes ; deux galaxies additionnées à deux galaxies font quatre galaxies ; deux électrons additionnés à deux électrons font quatre électrons. Le parallélisme est trivial, bien que pas aussi absolument que le serait la triple réaffirmation du simple fait arithmétique que $2 + 2 = 4$. Quelque chose de plus est impliqué. Car si nous prenons ces jugements en tant qu'ils réfèrent non à des nombres mais à des réalités dénombrables, et que nous interprétons le « plus » comme signifiant non seulement une opération mentale mais une réelle réunion d'objets, la « somme » exprimant en conséquence leur présence commune et non seulement le résultat tautologique de l'acte de compter, alors [...] ces énoncés restent invariants. En d'autres termes, ce sont des entités qui sont capables d'existence simultanée dans un *continuum* commun sans perte d'identité. Seul l'espace, la forme de simultanéité extérieurement coordinatrice, permet une telle juxtaposition discrète dans une présence commune. Ainsi les trois jugements portent-ils une implication ontologique bien que très générale concernant le type d'être que leurs objets partagent ; et *c'est sur cette communauté d'être que repose ici l'« isomorphisme »*. En langage cartésien, les trois classes d'objets sont également des lieux de la *res extensa*. Et c'est une condition limitative pour l'applicabilité de la loi additive. Il s'ensuit plus généralement que *l'unité de la science doit être fondée sur une homogénéité d'être et qu'elle ne saurait aller plus loin*. Dans le cas des sciences de la nature, ce fondement commun est fourni par le caractère spatial ou dimensionnel de leurs objets. Mais dès lors que l'on comprend que tel est l'univers du discours – comme ce devrait être le cas avec la « systémologie générale », qui traite d'entités physiques – *l'observation dans des cas particuliers d'« isomorphismes »* du type illustré par notre exemple *est triviale et ne classe pas les groupes comparés d'une manière significative*¹.

Et l'on retrouve dans sa critique plus spécifique de l'exemple de la récurrence de la « loi exponentielle » dans de multiples domaines celle que nous avons vue au 1-4-5-7 adressée à Pearl lorsqu'il prétendit trouver dans la « loi logistique » une loi universelle de croissance ; à savoir que l'applicabilité d'une même formule à différents phénomènes serait dépourvue de signification tant qu'un mécanisme réellement commun n'est pas mis en évidence :

Pour chaque cas donné, l'applicabilité de la loi exponentielle est un fait pertinent, mais sa concordance à cet égard avec d'autres cas est-elle aussi un fait pertinent ? Elle le serait si la validité de la même relation arithmétique² était indicatrice d'un certain *schéma commun d'action* dont elle résulte, et était donc d'une certaine manière caractéristique des voies ou de l'ordre de la nature [... Entre la décroissance d'une population et la décroissance radioactive] la solution [exponentielle] repose sur des sous-structures hypothétiques entièrement différentes pour un même résultat formel³.

Pour Jonas, non seulement l'isomorphisme peut dès lors être trompeur, puisqu'il peut rendre aveugle à la différence de « schéma d'action ». Mais surtout, les arguments structuralistes de Bertalanffy n'auraient aucune pertinence, les isomorphismes qu'il avait invoqués à l'appui de son projet étant des similitudes formelles parfaitement contingentes :

On peut toujours argumenter que le simple fait qu'émerge une même formule de tant de voies différentes est significatif, en pointant une *caractéristique structurale de la nature*. Mais ce fait n'a en dernière analyse *pas plus de signification que celui, par exemple, que 5 peut résulter aussi bien de l'addition de 4 et 1 que de la soustraction de 2 à 7*, ou encore d'une multiplicité de combinaison d'additions et de soustractions. Aucune préférence pour la « cinquantaine » n'est impliquée dans cette possible concurrence⁴.

Ces critiques de Jonas eurent des avatars par la suite. En particulier sous la plume de Buck, pour qui le constat d'un isomorphisme ne pourrait susciter qu'une seule question pertinente : « et alors ? » [*so what ?*]⁵ ; ou encore sous celle de Mary B. Hesse qui, parlant elle aussi de sa « trivialité », dénonça

¹ Jonas H. (1951), pp. 328-329. Les italiques me sont propres.

² Jonas fut très approximatif dans son vocabulaire ici, le qualificatif d'« arithmétique » étant très inapproprié à la loi exponentielle.

³ Jonas H. (1951), p. 330. Les italiques me sont propres.

⁴ *op. cit.*, p. 331. Les italiques me sont propres.

⁵ Buck R.C. (1956), p. 225.

l'idée qu'un tel constat puisse à lui seul avoir une signification et suggérer une possibilité d'unifier les phénomènes concernés au moyen d'une même théorie¹.

Mais on peut relever l'expression utilisée par Jonas, « caractéristique structurale de la nature », et voir que s'y cache toujours la même source majeure d'incompréhension. Il la comprenait en effet comme référant à une réalité indépendante du sujet qui l'appréhende et des moyens qu'il utilise afin d'y parvenir. Tous ses arguments étaient en phase avec la dichotomie radicale entre « sciences formelles » et « sciences du réel ». Ils reposaient sur l'idée que la formule mathématique n'émerge qu'à l'issue d'une étude empirique spécifique et qu'on ne peut donc lui attribuer aucune portée hors de cette étude. Les réponses de Bertalanffy à Jonas complétèrent bien celles qu'il avait retournées à Hempel. C'est à cette occasion, en effet, que tout en justifiant son analogie entre « systémologie générale » et théorie des probabilités, il laissa entrevoir le perspectivisme sous-jacent à tout son projet et la nécessité de comprendre son structuralisme dans le cadre de cette théorie de la connaissance :

Selon Jonas, l'occurrence de lois structurellement correspondantes dans différents domaines est une simple coïncidence mathématique qui n'a pas plus de signification que le truisme selon lequel des jugements mathématiques tels que $2 + 2 = 4$ s'appliquent aussi bien aux pommes qu'aux atomes et aux galaxies. On peut au mieux répondre à cette objection par un autre exemple. Un cas classique de distribution gaussienne est la déviation des impacts [de pistolet] par rapport au centre d'une cible ; d'un autre côté, la courbe gaussienne s'applique – parmi d'innombrables autres phénomènes – à la distribution des phénotypes dans l'hérédité apparemment non mendélienne due à de multiples facteurs tels que la longueur des oreilles ou d'autres différences de taille. Cet exemple correspond dans sa structure logique à celui donné par Jonas. Dans le premier cas, une formule générale couvre un phénomène directement observé. Dans le second, des entités hypothétiques sont postulées afin d'expliquer un phénomène observé. Selon l'argument de Jonas, nous devrions dire : dans l'hérédité multifactorielle, il n'y a certainement pas de pistolet, de tireur ou de cible ; ce serait donc un non sens que d'appliquer de telles notions à la structure hypothétique sous-jacente de l'hérédité ; et que la même intégrale s'applique dans les deux cas n'a pas plus de signification que le fait que $2 + 2 = 4$. Heureusement, une telle conclusion n'a pas été tirée, de sorte que la question demeure quant au fondement de l'isomorphie. La réponse est bien sûr qu'on a affaire au concept de hasard [...] *Les formulations mathématiques sont des expressions et des conséquences de certains modèles conceptuels que nous appliquons*. L'un de ces modèles est le monde en tant que jeu de hasard ; sur sa base, nous appliquons les lois des probabilités aux événements physiques, biologiques et sociologiques. Un autre modèle est celui du monde en tant que hiérarchie de totalités intégrées. En supposant que nous avons des « systèmes », certains principes généraux s'appliqueront même si les composants sont différents. En ce sens, l'isomorphie des lois n'est pas une simple coïncidence mais indique une *uniformité structurale des phénomènes* et une unité correspondante de la science².

De surcroît, Bertalanffy pointa bien la confusion sous-jacente à l'assimilation par Jonas des isomorphismes à des tautologies mathématiques :

Le jugement selon lequel deux planètes plus deux planètes font quatre planètes n'est pas appelé une loi de la nature ; mais le jugement selon lequel des planètes s'attirent en proportion inverse du carré de leur distance en est une. Il y a un critère clair pour décider si un énoncé mathématique appartient au premier ou au second type. Une expression mathématique est un truisme ou une tautologie s'il n'y a pas d'alternative. Pour cette raison, l'énoncé $2 + 2 = 4$, en tant qu'il est appliqué aux pommes, aux atomes ou aux galaxies, n'est pas une loi de la nature et n'implique aucune théorie. Au contraire, la loi de Newton en est une par le fait qu'il y a d'autres alternatives : il pourrait être tout-à-fait possible [*a priori*] que la force d'attraction soit inversement proportionnelle non au carré, mais à une autre puissance de la distance [...] La même chose vaut pour les énoncés concernant la systémologie. Il n'est pas évident que les organismes sont gouvernés par des lois dynamiques d'interaction. La vision opposée fut acceptée pendant des siècles [...] De même, il n'est pas évident que la base neurologique des phénomènes mentaux est gouvernée par des lois systémiques. Le contraire fut soutenu par la psychologie classique des associations et la découverte de l'inadéquation de ce modèle fut la réussite de la théorie de la *Gestalt*. De même, les lois gouvernant la croissance ou la compétition démographiques ne sont pas évidentes ; elles devaient être découvertes, et le furent d'ailleurs plusieurs fois indépendamment. Donc *les jugements concernant les systèmes ne sont pas des truismes mathématiques, mais impliquent une théorie concernant les entités*

¹ Hesse M.B. (1966), pp. 44-45.

² Bertalanffy L. von (1951b), pp. 340-341.

concernées. Et si cela est correct, une théorie générale des entités appelées « systèmes » est justifiée. L'argument de Jonas est fondé sur un *quaternio terminorum*. Il confond deux types essentiellement différents de jugements : les tautologies mathématiques et les lois de la nature. Et il tire la conclusion erronée que puisque l'apparition d'expressions mathématiques identiques est triviale dans le premier cas, la même conclusion vaut dans le second cas. C'est seulement cette confusion qui rend possible sa conclusion selon laquelle *l'isomorphisme de lois systémiques (c'est-à-dire d'énoncés non tautologiques sur des entités envisagées sous un certain modèle conceptuel)* est du même type que les tautologies mathématiques dont l'applicabilité à différentes entités est triviale¹.

On remarquera de nouveau dans la fin de la réflexion de Bertalanffy la subordination explicite des « lois systémiques » à un « modèle conceptuel » et celle qu'elle implique à son tour pour les isomorphismes exprimés par ces lois. Il est intéressant d'observer que Bertalanffy, qui rédigeait à la même époque sa « biophysique de l'équilibre de flux », y explicita le caractère perspectiviste de ces lois et isomorphismes au sujet de son concept de « système ouvert » :

Skrabal, dans sa *Cinétique simultanée*, est parvenu à des systèmes d'équations simultanées qui correspondent formellement à ceux qui surgissent dans l'étude des systèmes ouverts. Cela dépend du point de vue [*Standpunkt*] ou, si l'on préfère, de la perspective [*Perspektive*] consistant à préciser quel système on admet comme « fermé » et lequel on admet comme « ouvert ». Ainsi l'organisme est-il en tant que tel un système ouvert *par excellence* ; tandis que l'organisme adjoint à une portion de son environnement adéquatement choisie peut-être considéré comme un système fermé².

Il n'en demeure pas moins évident que Bertalanffy fut beaucoup trop lapidaire ou implicite dans ses formulations et que ses discours programmatiques sur la « systéologie générale » souffraient de ses non-dits concernant sa théorie de la connaissance, multipliant les sources d'incompréhension. Une autre lacune doit enfin être relevée, dont il sera question au 3-1-4-1 : son absence quasi-totale de discussion méthodologique. Jöhr, qui se disait « particulièrement intéressé » par son projet, souleva bien ce problème lorsqu'il lui affirma fin 1948 rester « dubitatif sur la manière dont on peut utiliser la systéologie générale pour transférer une connaissance obtenue dans un domaine particulier vers un autre »³. Bertalanffy était en tout état de cause conscient du fait qu'il ne faisait dans ses discours qu'ébaucher un projet sur lequel à peu près tout restait à faire. Ainsi put-il en 1950 avouer à Kostitzin que ses « considérations sur les systèmes ouverts et généraux » n'en étaient « qu'à leurs débuts » et que « beaucoup de problèmes [devaient] être résolus tant du point de vue théorique que du point de vue de la déduction de cas particulier et de leur vérification empirique »⁴.

3-1-4 – *Les fonctions de la « systéologie générale » telles qu'initialement conçues par Bertalanffy*

L'ébauche d'une « systéologie générale » entreprise par Bertalanffy, dont j'ai jusqu'à présent examiné les principes fondamentaux et leurs critiques, n'en fut pas moins prolongée par son auteur par d'autres considérations concernant cette fois les fonctions scientifiques et scientifico-philosophiques de ce projet. Sa réflexion sur ces fonctions était déjà apparente dans ses premiers discours, quoique là encore à l'état d'esquisse et parfois même, nous allons le voir, sous une forme très sommaire. Du fait de ses priorités axées sur la légitimation de son projet, Bertalanffy n'accorda pas encore à cette époque dans ses exposés toute l'importance que revêtaient en fait les fonctions en question, importance que nous allons progressivement voir se révéler par la suite. Il importe donc déjà ici de repérer les éléments qu'il a d'emblée fournis à cet égard : ils serviront ensuite à expliquer l'évolution ultérieure de sa compréhension de la « systéologie générale » ainsi que la place prise par celle-ci dans le paysage intellectuel contemporain.

¹ *op. cit.*, pp. 341-342. Les italiques me sont propres.

² Bertalanffy L. von (1953c), p. 4. Voir aussi p. 12 : « ce que nous voyons comme un système 'fermé' ou 'ouvert' dépend du point de vue [*Betrachtungsweise*] choisi ».

³ Lettre de Jöhr W.A. à Bertalanffy L. von (11/10/1948), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁴ Lettre de Bertalanffy L. von à Kostitzin V.A. (20/04/1950), *Archives du B.C.S.S.S.*

3-1-4-1 – *La perspective d'un cadre méthodologique de la modélisation systémique*

Un aspect sur lequel Bertalanffy n'insista guère dans ses écrits des années 1945-1953 est sa dimension méthodologique, à laquelle je viens de faire allusion en évoquant la critique par Jöhr du manque de clarté quant à la manière dont les transferts de connaissance entre domaines pourraient s'opérer au moyen de la « systémologie générale ». Je montrerai dans la quatrième partie que la dimension de celle-ci en tant que cadre méthodologique de la modélisation systémique ne fut vraiment explicitée et concrétisée que lorsque d'autres chercheurs, en premier lieu Rapoport, contribuèrent au développement du projet initié par Bertalanffy. Celui-ci s'est en fait dans un premier temps limité à formuler assez laconiquement cette vocation en pointant plusieurs de ses aspects, sans expliquer comment elle pourrait concrètement s'accomplir. Ce qu'il fit en évoquant plusieurs fois un assez énigmatique « rôle régulateur » que la « systémologie générale » serait destinée à jouer :

La systémologie générale devrait être un important dispositif régulateur en science¹.

Il lui assignait pour première fonction « régulatrice » celle du « contrôle » des transferts de « conceptions modèles » [*Modellvorstellungen* ou *model conceptions*] d'un domaine à un autre, c'est-à-dire l'étude de leur possibilité et de leur légitimité. Il s'agissait selon lui, sur la base de « principes » et de « lois systémiques » généraux rigoureusement établis, de disposer du moyen de « distinguer les analogies des homologies » et par là-même les « transferts justifiés des comparaisons insignifiantes [*nichtssagend*] », en « mettant en garde contre les transferts inadmissibles »². De la sorte, la « systémologie générale » devrait être l'organe permettant d'« initier » [*instigate*], de « diriger » [*hinleiten*] et de « développer » [*develop*] des « conceptions modèles applicables à différents champs », en « facilitant » leur migration³. En d'autres termes, elle serait l'art de la mise en isomorphismes au service de la modélisation des systèmes complexes. À partir de 1950, et certainement en conséquence de ses débats avec des néo-positivistes tels que Hempel, Bertalanffy ajouta enfin à ces fonctions « régulatrices » une fonction d'« économie ». La référence à Mach était claire, mais elle resta implicite. Non seulement parce que Bertalanffy ne souhaitait aucunement être assimilé à un positiviste. Mais aussi parce qu'il n'entendait pas vraiment l'« économie de pensée » au sens où l'avait entendue le physicien, c'est-à-dire en référence à l'art d'« exposer les faits aussi parfaitement que possible avec la moindre dépense intellectuelle ». Elle référait chez lui à l'idée que la « systémologie générale » est susceptible d'éviter une multiplication d'efforts indépendants aboutissant pourtant à des constructions théoriques « homologues », parce qu'elle fournit *d'emblée* les bases d'éventuels transferts de modèles et, en ce sens, anticipe de telles convergences – que ce soit pour les justifier ou, le cas échéant, pour les récuser. On observe bien dans la réflexion synthétisant le mieux son point de vue comment Bertalanffy connectait étroitement sa « systémologie générale » avec la perspective modélisatrice :

L'existence de lois structurellement similaires dans les différents champs permet l'utilisation de systèmes qui sont plus simples ou mieux connus pour l'étude de systèmes plus compliqués et moins faciles à appréhender. Par conséquent, la « systémologie générale » devrait être méthodologiquement un important moyen de contrôler et d'initier le transfert de principes d'un champ à un autre ; et il ne serait dès lors plus nécessaire de dupliquer ou de tripler la découverte des mêmes principes dans différents champs isolés les uns des autres. En même temps, en formulant des critères exacts, elle préviendrait les analogies superficielles qui sont inutiles en science et néfastes dans leurs conséquences pratiques⁴.

Les considérations de Bertalanffy à ce sujet demeuraient si programmatiques que les fonctions méthodologiques qu'il assignait à la « systémologie générale » demeuraient pour l'essentiel en suspens... Il n'en reste pas moins que l'article qu'il publia en 1951 sur les « modèles théoriques en psychologie », qui signait l'acte de son entrée dans cette science, manifeste un réel souci de lier intimement le développement de son projet à une réflexion méthodologique sur la modélisation. C'est en effet dans cet article qu'il esqua la typologie des modèles dont il a déjà été question au 2-2-2-5,

¹ Bertalanffy L. von (1950b), p. 142. Voir aussi (1949b), p. 127 (« la systémologie générale devrait servir de régulateur ») et (1949e), p. 181 (« une systémologie générale peut avoir une action régulatrice »).

² Bertalanffy L. von (1949b), p. 127 ; (1949e), p. 181 et p. 186 ; (1950b), p. 142 ; (1951b), p. 306.

³ Bertalanffy L. von, respectivement (1950b), p. 142 ; (1949e), p. 186 ; (1951b), p. 306.

⁴ Bertalanffy L. von (1950b), p. 142. Voir aussi (1951b), p. 306 et (1953a), p. 237.

qui proposait une classification en trois « alternatives » placées sous le signe d'un principe de « complémentarité » – modèles « statiques » ou « dynamiques », modèles « moléculaires » ou « molaires », modèles « matériels » ou « formels ». Il y affirma que la « systémologie générale » pourrait, dans des domaines tels que la psychologie, « servir de point de départ » à des approches théoriques fondées sur des « conceptions modèles » qui seraient « essentiellement dynamiques bien qu'incluant l'ordre structural établi par mécanisation progressive », « molaires bien que permettant des interprétations moléculaires des processus individuels » et « formelles bien que permettant de futures interprétations matérielles » : une fois constituée, cette « systémologie » serait en particulier « prête à être remplie du contenu de faits neurologiques et psychologiques »¹. Et s'il est clair que les textes fondateurs de Bertalanffy restent très insuffisamment étoffés du point de vue méthodologique, il est en fin de compte tout aussi clair, surtout si l'on prend en compte sa correspondance dans la période 1950-1952, que son objectif à cet égard était avant tout de susciter de l'intérêt pour les potentialités contenues dans son projet, en particulier auprès des psychologues et des sociologues.

Au psychologue américain Egon Brunswik, un ancien élève de Bühler auquel il se référa dès 1951 au motif qu'il avait prôné indépendamment de lui l'année précédente l'émergence d'une « conception statistique généralisée de la psychologie » rejoignant son concept de « statistique d'ordre supérieur »² et qui lui écrivit début 1952 pour lui dire qu'il « partage[ait] ses idées fondamentales », Bertalanffy répondit d'ailleurs qu'il se « réjouissait » chaque fois qu'il voyait sa « systémologie générale » intéresser les psychologues³. Le psychiatre David Krech avait pour sa part, lui aussi en 1950, publié une série d'articles s'appuyant explicitement sur Bertalanffy, qui visait à établir la pertinence dans sa discipline du modèle du système ouvert auto-organisé⁴ ; et il écrivit fin 1950 à Bertalanffy pour lui dire « l'immense intérêt suscité chez les psychologues » par son approche « systémologique », « en particulier *chez ceux qui se sentent concernés par le problème de la construction de modèles et de la théorisation* »⁵. Un échange analogue au sujet de l'intérêt théorique du concept général de « système ouvert » eut lieu en 1951 entre Bertalanffy et le psychiatre Abraham Maslow, qui se disait être « un vieil admirateur » des écrits de Bertalanffy et le contacta afin de le rencontrer⁶. Dans le même esprit encore, le sociologue américain Hugo O. Engelmann avait contacté Bertalanffy en 1950 pour lui raconter comment il s'était efforcé, sans connaître la « théorie des systèmes ouverts » ni le projet de « systémologie générale », d'élaborer un « modèle de pensée pour les systèmes comportementaux [*behavioral systems*] » qui les « schématise comme des 'systèmes ouverts' » ; mais c'était justement aussi pour reconnaître qu'il lui avait fallu un « temps considérable » afin de « développer les outils théoriques nécessaires pour traiter de tels systèmes » et qu'il se réjouissait d'avoir pu, grâce à Bertalanffy, « clarifier cette base » : Engelmann lui expliqua que sa théorie des phénomènes sociaux, qui visait à « intégrer les comportements individuel ('intra-organismique') et sociaux ('inter-organismique') dans un même cadre de référence » en considérant les « configurations 'inter-organismiques' comme des manifestations purement statistiques de processus simultanés d'intersection entre comportements », nécessitait effectivement comme « base » d'élaboration une « systémologie générale applicable à tout système humain observable »⁷.

3-1-4-2 – *La « systémologie générale », organe d'extensions conceptuelles en vue de théorisations « exactes » non réductionnistes dans les sciences non physiques*

De telles marques d'intérêt confortèrent probablement Bertalanffy dans l'idée que l'objectif prioritaire n'était pas encore pour lui de développer substantiellement l'aspect méthodologique de son projet « systémologique » général, mais d'attirer l'attention sur ses promesses à cet égard dans le plus large cercle possible de scientifiques. Et la même chose vaut pour un autre aspect de ce projet, étroitement solidaire de celui qui vient d'être discuté parce qu'il en était le prolongement : sa vocation de vecteur et de matrice d'une « théorisation exacte » dans les sciences non physiques. La

¹ Bertalanffy L. von (1951c), p. 36.

² Brunswik E. (1950), in *op. cit.*, p. 35.

³ Lettres de Brunswik E. à Bertalanffy L. von (14/03/1952) et de Bertalanffy L. von à Brunswik E. (28/04/1952), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁴ Krech D. (1950a) et (1950b).

⁵ Lettre de Krech D. à Bertalanffy L. von (11/10/1950), *Archives du B.C.S.S.S.* Les italiques me sont propres.

⁶ Lettres de Maslow A. à Bertalanffy L. von (1951, avant juin) et de Bertalanffy L. von à Maslow A. (10/06/1951), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁷ Lettres de Engelmann H.O. à Bertalanffy L. von (04/04/1950) et (05/09/1950), *Archives du B.C.S.S.S.*

« généralisation de la conception organismique » signifiait en effet aussi pour Bertalanffy celle de la mission majeure qu'il lui avait assignée en biologie dans les années 1930. À savoir permettre non plus seulement à celle-ci, mais à l'ensemble des sciences confrontées au problème de ce que Weaver venait en 1948 d'appeler la « complexité organisée » de s'engager vers la voie de la science « exacte » :

La systémologie devrait se révéler être un important moyen dans la perspective du développement de nouvelles branches de la connaissance en tant que sciences exactes, c'est-à-dire en des systèmes de lois mathématiques¹.

La conception systémique semble être un pas important vers la mathématisation de domaines non physiques et leur développement en tant que sciences exactes².

Si les sciences non physiques ne s'étaient pas encore significativement engagées dans cette voie, c'était selon Bertalanffy du fait de la nécessité préalable de briser le cercle vicieux créé tant par un empirisme dogmatique que par l'absence de « conceptions modèles adéquates », lesquels n'auraient jusqu'alors cessé d'entretenir des vides théoriques :

Dans une considération des modèles théoriques, la première question qui se pose est de savoir si ces modèles sont nécessaires et même tout simplement souhaitables. Les mouvements empiristes ont souvent répondu par la négative. L'histoire des sciences montre pourtant que le progrès ne consiste pas en une simple collection de faits, mais qu'il dépend largement de l'élaboration de constructions théoriques. Des idéalizations qui ne sont jamais complètement réalisées dans la nature forment la base de la théorie physique. D'un autre côté, le fait que des conceptions modèles adéquates n'aient pas encore été trouvées est la raison pour laquelle beaucoup de champs, notamment à l'intérieur des sciences biologiques, restent une simple collection de données qui ne cessent de croître en volume, manquant de lois exactes et ne permettant pas un contrôle intellectuel et pratique des phénomènes³.

Par son caractère formel et transdisciplinaire, la « systémologie générale » était alors présentée par Bertalanffy comme le moyen adéquat de sortir de ce cercle vicieux et, par-là même, de répondre aux exigences effectivement croissantes à l'époque de constructions théoriques solides dans les sciences non physiques. Elle permettrait en effet de fournir l'« extension » conceptuelle nécessaire pour dissocier complètement la problématique de l'« exactitude » de celle du réductionnisme physicaliste, satisfaisant donc simultanément les exigences d'autonomie revendiquées dans toutes ces sciences :

Il y a certainement des rudiments de systèmes de lois, i.e. de systèmes hypothético-déductifs, dans d'autres domaines que la physique et la chimie, par exemple l'économie, la démographie et certains champs de la biologie. Par exemple, des références sont souvent faites aux « équilibres » biologiques ou économiques. Mais reste quelque peu énigmatique la signification de l'« équilibre » si on l'applique hors du domaine des grandeurs physiques ; de telle sorte que des conceptions de ce type sont bien souvent restées des métaphores vagues bien qu'ingénieuses. Peu de tentatives pour établir des lois exactes dans les domaines non physiques ont connu une reconnaissance universelle ; elles manquent de la cohérence du système de la physique et leur arrière-plan méthodologique reste obscur. En conséquence du développement prédominant des sciences physiques, on pensait que pour établir des lois exactes dans n'importe quel domaine et pour faire de celui-ci une science exacte, on devait le réduire à la physique et à la chimie [...] Et on en est [par exemple] venu à la conclusion qu'il n'est pas possible d'établir des lois exactes pour des phénomènes biologiques fondamentaux parce qu'ils sont beaucoup trop compliqués pour permettre une compréhension profonde et une analyse des processus impliqués. Telle est l'opinion commune dans la biologie contemporaine et la même s'applique bien sûr, plus encore même, aux phénomènes sociologiques, à cause de leur complexité encore supérieure et de l'impossibilité de les résoudre en événements physico-chimiques. Par conséquent, *il semble nécessaire d'étendre nos schèmes conceptuels si nous voulons traiter de ces domaines complexes et rendre possible leur inclusion dans les sciences exactes* ; et pour établir des systèmes de lois exactes dans ces champs où l'application des lois de la physique ou de la chimie n'est pas suffisante ni même possible [...] On peut bien [sur le mode de « statistiques d'ordre supérieur »] obtenir un *système de lois qui ne soit pas physiques mais qui ait la même forme que la science physique exacte*, c'est-à-dire celle d'un système hypothético-déductif. Néanmoins, *pour appliquer la procédure avec cohérence*, il semble nécessaire d'établir les principes qui s'appliquent à ces entités que nous appelons « systèmes », dont les systèmes

¹ Bertalanffy L. von (1950b), p. 163.

² Bertalanffy L. von (1951b), p. 307.

³ Bertalanffy L. von (1951c), p. 24.

physiques ne forment qu'une sous-classe. Ainsi sommes-nous *de nouveau conduits à la conception d'une systémologie générale en tant que doctrine généralisée par rapport à la physique*¹.

Une « systémologie » qui trouvait précisément ici la raison profonde de sa vocation à constituer une méthodologie de la modélisation systémique :

Dans les sciences qui, telle la théorie des populations, la sociologie ou encore de larges domaines de la biologie, ne se rangent pas dans le cadre de la légalité physico-chimique, surgissent néanmoins des *lois exactes*, lesquelles peuvent être *atteintes grâce à des conceptions modèles choisies de manière adaptée [au moyen de la systémologie générale]*².

3-1-4-3 – La « systémologie générale », véhicule d'une unité formelle de la science

De la même manière que la « systémologie biologique » de Bertalanffy avait d'emblée et constamment été développée avec la vocation d'unifier le champ des sciences de la vie, son projet de « systémologie générale » était de part en part traversé par la prétention à constituer le véhicule d'un type inédit d'unification des sciences. Et ce, dans la mesure même où elle était destinée à rendre rationnellement compte des isomorphismes entre disciplines tout en suscitant de nouveaux par son statut de matrice d'une modélisation systémique organisée par certains schèmes conceptuels et des principes formels déterminés.

Dans ses essais de la période 1945-1949, Bertalanffy ne fut pas tout-à-fait explicite sur cette problématique de l'unité de la science, même s'il est clair, compte tenu de ses travaux antérieurs et de sa référence à la *mathesis universalis* de Leibniz, que son idée était déjà bien arrêtée : il n'y présentait pas encore vraiment sa « systémologie générale » comme un moyen de reconstruire activement l'unification des sciences autour de concepts systémiques, mais plutôt comme un nouveau cadre théorique transdisciplinaire suscité et légitimé par le constat d'une unité formelle de certains concepts et principes dans les diverses sciences, qui permette de rendre compte de cette unité. Typique est à cet égard l'introduction à son projet dans *Das biologische Weltbild*, à l'issue de son parcours des « parallélismes » holistiques :

Une perspective saisissante [*erschütternde Perspektive*] se dégage de nos constats, une vue sur une unité de l'image du monde jusqu'alors insoupçonnée. Ses principes généraux sont partout les mêmes, qu'il s'agisse de choses naturelles inanimées, d'organismes ou de processus spirituels ou sociaux. *Comment ces correspondances adviennent-elles ?*³

Était affichée ici la prétention à expliquer les « correspondances » déjà effectives en question, mais ne l'était pas encore clairement celle d'en construire de nouvelles dans le cadre d'une conception inédite de l'unité érigée en principe méthodologique.

Les choses changèrent à partir de 1950, probablement en partie parce que Bertalanffy comprit dès son arrivée dans le monde anglo-saxon qu'il lui était « stratégiquement » nécessaire de se démarquer nettement des courants néo-positivistes s'il voulait favoriser la réception de son projet parmi les représentants des sciences non physiques. C'est en tous cas cette année-là qu'il commença à opposer explicitement et radicalement son projet à la conception physicaliste de l'unité de la science qu'avaient défendue Carnap et Neurath, quitte à ériger très abusivement celle-ci en « opinion commune » afin de mieux faire apparaître sa « systémologie » comme une alternative originale :

L'opinion commune [sur la question de l'unité de la science] a bien été représentée par Carnap. Elle est selon lui assurée par le fait que tous les énoncés scientifiques peuvent ultimement être exprimés dans le langage physique, i.e. sous la forme d'énoncés attachant des valeurs quantitatives à des positions déterminées dans un système de coordonnées spatio-temporelles [...] Ce langage est alors posé comme le langage universel de la science. La question de savoir si les lois naturelles suffisantes pour expliquer tous les phénomènes inorganiques le sont aussi pour expliquer les phénomènes biologiques est laissée ouverte par Carnap, bien que sa préférence aille à une réponse affirmative. De mon point de vue, l'unité de la science gagne un aspect beaucoup plus concret et, en même temps, plus profond. *Je laisse aussi ouverte la question de la « réduction ultime » des lois de la biologie (et des autres domaines non physiques) à la physique, i.e. celle de savoir si un système*

¹ Bertalanffy L. von (1950b), pp. 140-141. Les italiques me sont propres. Voir aussi (1951b), p. 304.

² Bertalanffy L. von (1949b), p. 127 et (1949e), p. 187. Les italiques me sont propres.

³ Bertalanffy L. von (1949e), p. 185. Voir aussi (1951d), p. 243. Les italiques me sont propres.

hypothético-déductif embrassant toutes les sciences de la physique vers la biologie et la sociologie pourra être établi. Mais nous sommes certainement capables d'établir des lois pour les différents niveaux ou strates de la réalité. Et nous trouvons, pour parler en « mode formel » (Carnap) une *correspondance ou isomorphie de lois et de schèmes conceptuels dans différents champs, qui permet l'unité de la science*. Pour parler en langage « matériel », ceci signifie que *le monde* (i.e. la totalité des événements observables) *montre une uniformité structurale, laquelle se manifeste elle-même par des traces d'ordre isomorphes* dans les différents niveaux ou domaines [...] *L'unité de la science est permise non pas par une réduction utopique de toutes les sciences à la physique et à la chimie, mais par les uniformités structurales des différents niveaux de réalité*¹.

L'unité de la science et la conception unitaire du monde sont à fonder non sur l'espoir peut-être futile et certainement démesuré d'une réduction ultime de tous les niveaux de réalité au plus bas, mais sur l'isomorphie structurale des lois dans les différents champs de la science et de la réalité².

Comme il l'écrivit à Krech en 1950, Bertalanffy affirmait ainsi la possibilité de concevoir l'unité de la science « non sur la base de la 'réduction', mais sur celle de la 'congruence' »³. Il reprenait ici à son compte une expression que son correspondant avait lui-même utilisée dans ses essais publiés la même année en affirmant que « l'unité de la science ne sera[it] pas réalisée en *réduisant* les principes psychologiques aux principes neurologiques, puis ces derniers aux principes physiques », mais que l'on « devrait » plutôt « chercher à rendre les principes physiques *congruents* aux principes neurologiques, et ces derniers aux principes psychologiques »⁴. Il s'agissait donc désormais ouvertement pour Bertalanffy d'opposer la « systémologie générale » en tant que cadre *opérationnel* d'une unification *effectivement réalisable* des sciences au fur et à mesure de l'investissement de la première dans les secondes, à une conception « unitaire » fondamentalement métaphysique visant un type d'unité posé comme un horizon dogmatique sans être véritablement en mesure d'engager l'unification de la recherche dans la direction assignée. C'est ce qui se dégage d'une lettre adressée à Hempel fin 1950, où son accord avec les critiques des physicalismes syntaxique et nomique effectuées par son correspondant, que j'ai relatées au 3-1-3-1, ne l'empêchait pas d'exprimer sa ferme opposition en des termes où se lit aussi une part de pragmatisme :

Je suis tout-à-fait d'accord avec votre examen du « physicalisme ». J'ai néanmoins le sentiment qu'il ne reste pas grand-chose de l'« unité de la science » après les restrictions que vous faites, hormis le jugement qui va de soi selon lequel seul le progrès de la recherche peut montrer dans quelle mesure une réduction d'un domaine à un autre est possible. Ce à quoi j'acquiesce sans réserve. Mais en même temps, je crois être un meilleur « unitaire » parce qu'au lieu d'une simple reconnaissance de dette [*a mere IOU*] payable dans un futur inscrutable, je m'efforce d'établir des principes unificateurs dans les sciences telles qu'elles existent réellement⁵.

Mais il ne pouvait convaincre ainsi que ceux qui étaient prêt à s'engager dans une voie structuraliste accordant aux isomorphismes une valeur ontologique telle que l'expression de « lois systémiques générales ». Ce qui n'était pas le cas de Hempel. Et encore moins celui de Jonas, qui formula probablement un jugement très répandu lorsqu'après avoir opposé à Bertalanffy son idée que « l'unité de la science doit être fondée sur une *homogénéité d'être* et ne saurait aller plus loin », il s'estima fondé à conclure qu'« aucune unité de la science ne semble pouvoir être construite sur le type d'isomorphisme discuté [par Bertalanffy] »⁶.

3-1-4-4 – *Le rôle de la « systémologie générale » dans la formation des scientifiques*

Si ce dernier insista de plus en plus à partir de 1950 sur le rôle potentiel de la « systémologie générale » dans un processus inédit d'unification de la science, c'est néanmoins aussi parce que de tout autres échos du monde scientifique lui parvenaient en parallèle. Des échos qui lui laissaient légitimement penser que le thème de l'unification sous l'égide de concepts systémiques, dont j'ai montré dans les première et seconde parties qu'il lui avait toujours été cher, se retrouvait au cœur des

¹ Bertalanffy L. von (1950b), p. 164. Les italiques me sont propres.

² Bertalanffy L. von (1951b), p. 306 et (1953a), pp. 237-238.

³ Lettre de Bertalanffy L. von à Krech D. (15/10/1950) *Archives du B.C.S.S.S.*

⁴ Krech D. (1950b), p. 246. Aussi cité in Bertalanffy L. von (1951c), p. 26.

⁵ Lettre de Bertalanffy L. von à Hempel C.G. (06/11/1950), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁶ Jonas H. (1951), p. 329 et p. 331.

préoccupations d'un nombre croissant de chercheurs à propos d'une problématique connexe, et que son projet pouvait donc susciter à cet égard un vif intérêt. Cette problématique, qu'il avait déjà discutée dans le contexte biologique au début des années 1930, concernait la formation et la communication des scientifiques en général. Il la résuma très bien en 1953 en ces termes où je traduis par « éducation » l'anglais *education* utilisé, tout en insistant sur le fait qu'il serait probablement mieux traduit par « formation » compte tenu de la richesse de signification du terme *Bildung* que Bertalanffy avait clairement en tête en écrivant ces lignes :

L'éducation scientifique moderne est confrontée à un dilemme bien connu [...] L'abondance de données factuelles ainsi que la complexité des techniques scientifiques modernes, expérimentales comme théoriques, nécessite la plus grande spécialisation. Celle-ci, quoiqu'inévitable, implique un sérieux danger tant pour l'éducation du scientifique que pour la fonction sociale de la science¹.

Le danger pointé par Bertalanffy touche au problème des dimensions axiologique, idéologique et praxéologique de la « systémologie générale », qui sera discuté dans la sous-section suivante. Mais Bertalanffy en discernait en fait un autre dans le dilemme soulevé, qui concerne quant à lui la philosophie de l'enseignement et, en définitive, la dynamique du progrès scientifique : c'est sur ce point que je vais insister ici.

Dans les années 1930, Bertalanffy avait fustigé les menaces épistémologiques de la spécialisation afin d'argumenter la nécessité d'une pensée théorique. C'était déjà avec une conviction justifiée qui anima tous ses travaux biologiques et qu'il jugea bon de réaffirmer :

L'histoire montre que l'interconnexion des différents champs et problèmes est l'une des bases les plus importantes du progrès scientifique. Bon nombre des réussites majeures de la science sont survenues aux frontières et à partir de la synthèse de champs auparavant séparés².

Tout son enseignement en médecine à l'université de Vienne pendant les années de guerre avait d'ailleurs été concrètement guidé par cette conviction, qui ne pouvait pas être mise en pratique sans d'importantes conséquences institutionnelles. Il y fut en effet le premier à dispenser un enseignement intégré de la médecine et de la biologie (animale) imposant un rapprochement entre les facultés concernées³, ce dont il se justifia en ces termes dans l'introduction de l'essai sur les liens entre les deux disciplines qu'il publia en 1946 :

La formation [*Ausbildung*] du médecin ne doit pas en faire un routinier et un technicien borné, mais doit éveiller, à côté de la spécialisation nécessaire, une compréhension des grandes relations. Là se trouve la nécessité d'un travail commun intime entre les disciplines médicales et les sciences de la nature, ainsi qu'entre les facultés correspondantes⁴.

Certaines de ses réflexions adressées à Gessner en 1949 nous rappellent ici l'inspiration perspectiviste sous-jacente à ces exigences. Il s'agissait en effet aussi d'affirmer que certains principes généraux se reflètent même dans le recoin le plus exigü d'une science auquel se confine le spécialiste, dont la compréhension s'impose tant pour conférer une *signification* à son travail que pour lui permettre de contribuer effectivement au progrès de la science en question. Bertalanffy livrait aussi ici des éléments importants sur ses conceptions didactiques :

Je trouve particulièrement remarquable que les points de vue généraux puissent encore et toujours être dégagés dans chaque portion limitée de matériel [scientifique]. Et cela manque justement dans bon nombre de conférences et manuels d'enseignement ; on jette à la tête des étudiants une masse de données et de faits tout en exigeant d'eux qu'ils les apprennent – et les pauvres diables n'ont aucune idée quant à savoir à quoi tout cela est bon, ce que cela signifie. J'ai toujours soutenu l'exigence que le cours (particulièrement au médecin) soit déterminé par deux principes fondamentaux : en premier lieu la clarté et la connaissance directe de l'objet (non un diagramme dans un manuel ou au tableau) ; en second lieu, le souci de dégager les principes généraux⁵.

¹ Bertalanffy L. von (1953a), p. 233.

² *op. cit.*

³ Pouvreau D. (2009b), p. 67 et pp. 77-78 et Bertalanffy L. von (1946a).

⁴ Bertalanffy L. von (1946a), p. 1.

⁵ Lettre de Bertalanffy L. von à Gessner F. (28/10/1949).

Dans l'article sur « la philosophie de la science dans l'éducation scientifique » qu'il publia en 1953 dans la grande revue américaine *Scientific Monthly*, Bertalanffy reprit l'ensemble de ces critiques afin de montrer comment son projet de « systémologie générale » pourrait remédier aux « dilemmes » et dangers qu'il pointait. Il s'agissait donc cette fois pour lui de légitimer ce projet en mettant en évidence ses vertus potentielles dans l'organisation de la recherche scientifique et dans la formation des étudiants. Et c'est avec une certaine férocité qu'il attaqua d'emblée les obstacles psychologiques et surtout institutionnels opposés à une recherche véritablement intégrative. Se perçoit dans cette attaque d'une part une opposition entre une interdisciplinarité conçue comme simple juxtaposition de travaux spécialisés et une authentique transdisciplinarité vouée à construire de nouveaux édifices aux « domaines frontières » entre les anciens ; et d'autre part l'amertume de celui dont la carrière académique moins flatteuse qu'il ne l'aurait souhaité avait jusqu'alors surtout consisté à promouvoir des conceptions qui, bien que loin d'être marginales, n'étaient encore jamais parvenues à s'imposer en tant que « nouveau paradigme », et encore moins à s'institutionnaliser :

Bien évidemment, on peut s'occuper des champs intégratifs en en faisant de nouveaux champs de spécialisation avec leurs propres départements ou sous-départements, et en réunissant au travers d'équipes de travail des spécialistes des branches concernées. Telle est la chose évidente à faire si le champ [intégratif] est déjà établi par un outsider intelligent qui, comme le montre l'expérience, fut à l'origine mis à l'écart par tous les professeurs titulaires et chefs de départements concernés au motif que ses idées d'un genre nouveau ne s'ajusteraient pas au schème sacré des programmes et des budgets académiques. Mais la départementalisation de la science moderne fait bien peu pour promouvoir de nouvelles voies et beaucoup pour décourager les étudiants de s'y aventurer¹.

Si les idées de Bertalanffy n'étaient pas neuves sur le sujet, c'est, comme j'y ai fait allusion plus haut, la prise de conscience d'un contexte favorable à une attention significative à de telles critiques qui l'amena à comprendre l'opportunité de les faire connaître afin d'y inscrire la promotion de sa « systémologie générale ». Il put invoquer l'existence de diverses « organisations vouées à l'intégration de la science et de l'éducation scientifique » : « le positivisme logique avec l'*Encyclopédie de la science unifiée* comme organe », mais aussi le groupe de recherche sur la « sémantique générale » fondé par Alfred Korzybski (dont plusieurs thèses, considérées au 3-2-3, recoupaient son perspectivisme, et dont il prit probablement connaissance en 1952)², ou encore la « Fondation pour l'éducation intégrée ». Bertalanffy se référa en particulier au géologue Kirtley F. Mather qui, dans un colloque consacré aux « études intégratives pour l'éducation générale », avait en 1951 discuté les objectifs et la nature de telles études en critiquant aussi bien la « désintégration contemporaine de la science » que les écueils d'une soi-disant « éducation générale » parfois promue à l'époque afin d'y remédier :

L'une des critiques de l'éducation générale est fondée sur le fait qu'elle dégénère facilement en un simple exposé d'informations collectionnées dans autant de champs d'étude que le permet le temps d'un semestre ou d'une année [...] Il est plus important de rechercher des concepts fondamentaux et des principes sous-jacents qui pourraient valoir dans l'ensemble du corpus de connaissance [...] Or], des concepts généraux très similaires ont été développés indépendamment par des chercheurs ayant travaillé dans des domaines largement séparés. Ces correspondances sont d'autant plus significatives qu'elles sont fondées sur des faits totalement différents. Les hommes qui les ont développées étaient largement inconscients des travaux mutuels. Ils ont commencé avec des philosophies en conflit et ont néanmoins atteint des conclusions remarquablement similaires³.

Bertalanffy ne manqua bien sûr pas de remarquer que ces jugements étaient « presque identiques aux points de vue » qui l'avaient « amené à postuler une superstructure générale de la science appelée systémologie générale »⁴. Compte tenu du fait qu'il faisait partie du bureau éditorial de la revue dans laquelle Mather publia ces lignes (*Main currents of modern thought*), il est toutefois possible que cette convergence ne doive rien au hasard, mais à une connaissance des travaux du premier par le second. Une autre convergence, que Bertalanffy mit tout autant en exergue, est par contre remarquable et cette

¹ Bertalanffy L. von (1953a), p. 233.

² Lors de son premier voyage après-guerre aux États-Unis, et plus particulièrement lors de son retour à Chicago à cette occasion. L'intermédiaire fut peut-être Rapoport, pour des raisons qui seront expliquées au 3-2-3.

³ Mather K.F. (1951).

⁴ Bertalanffy L. von (1953a), p. 234.

fois la chronologie rend très improbable que les chercheurs concernés aient eu connaissance des idées de Bertalanffy. En conformité avec l'un des premiers programmes lancés par l'U.N.E.S.C.O. à la même époque, le physicien Hendrik W. Bode, le sociologue Frederick Mosteller, le mathématicien John W. Tuckey et le biologiste Charles Winsor avaient en effet cosigné en 1949 dans la revue *Science* un article prônant « l'éducation de scientifiques généralistes », où l'on pouvait lire :

Les complexités de la science et de la société modernes ont créé le besoin de scientifiques généralistes [...] On entend souvent dire qu'« un seul homme ne peut plus couvrir un champ assez large » et qu'« il y a trop de spécialisation étroite » [...] À tous les niveaux, des décisions doivent être prises qui impliquent des considérations de plus d'un champ [...] Nous avons besoin d'une approche plus simple, plus unifiée des problèmes scientifiques ; d'hommes qui peuvent pratiquer la science – et non une science particulière – en un mot, nous avons besoin de scientifiques généralistes [...] Le généraliste serait naturellement concerné par des problèmes systémiques. Ces problèmes surgissent chaque fois que des parties sont associées dans un tout intégré¹.

Wigner, que Bertalanffy aurait aussi bien pu citer, alla dans le même sens l'année suivante :

Les possibilités de recherche coopérative forment le seul espoir visible pour renouveler le bail de la science lorsqu'elle a crû de manière trop large pour un seul individu [...] Une partie de cette symbiose sera une faculté pour la communication des idées et de l'information supérieure à celle que nous avons développée jusqu'à présent².

Si Bertalanffy ne pouvait que se réjouir des réflexions ainsi engagées et les invoquer au service de son projet « systémologique », il remarqua toutefois que rien ne les concrétisait :

Il y a un appel général à l'intégration scientifique, mais il semble qu'aucune université américaine ou canadienne ne fasse quoique ce soit à ce sujet³.

Aussi prit-il l'initiative d'esquisser un cours de « philosophie de la science », présenté comme une contribution concrète à la réalisation de l'objectif d'une « éducation du scientifique ».

<p>Structure de la nature</p> <p>Examen des aspects fondamentaux des différents niveaux d'organisation.</p> <p>Relations entre les lois des différents niveaux (application et limite des concepts physiques en biologie et des concepts biologiques en sciences sociales).</p>
<p>Principes de la connaissance scientifique</p> <p>Observation, expérimentation, théorie, conceptions modèles.</p> <p>Induction et systèmes hypothético-déductifs, rôle des mathématiques dans la science empirique. Statut logique des lois de la nature, caractère statistique de ces lois. La science comme hiérarchie de statistiques.</p> <p>Attitudes en sciences biologiques : description, comparaison, concepts typologiques. Attitudes en sciences sociologiques : procédures « nomothétique » et « idiographique », lois et individualités.</p> <p>Implications de la science moderne eu égard aux notions de temps, d'espace, de causalité et de finalité.</p> <p>L'unité de la science. Parallélismes dans les développements modernes des différentes branches Tentatives de créer une synthèse inter-scientifique. Le problème de la totalité. Lois isomorphes dans les différents champs. Systémologie générale comme voie vers l'unité de la science et instrument d'un transfert contrôlé de modèles et de lois d'un domaine à un autre.</p>
<p>La place de l'homme dans la nature</p> <p>Fondements biologiques, fondements neurologiques et fondements comportementaux.</p> <p>L'unicité de l'homme. Langage, pensée conceptuelle, attitude symbolique, tradition, histoire. Sémantique générale. Triomphe du symbolisme humain dans les activités culturelles. Ses dangers et ses pièges. La signification de la civilisation.</p>

¹ Bode H. et al. (1949). Les italiques me sont propres.

² Wigner E. (1950), in Müller K. (1996), p. 176.

³ Bertalanffy L. von (1953a), p. 234.

Ce cours « parmi d'autres possibles » était supposé répondre aussi bien aux exigences de la science qu'à celles de la société contemporaines. Il était introduit par une réflexion sur la notion de stratification tournant autour du thème de la dualité entre unité et diversité de la « nature » (i.e. du monde en tant qu'il est ordonné par des concepts...). Centré sur le projet de « systémologie générale » (avec son arrière-plan perspectiviste), il devait se conclure par l'examen des grands thèmes de l'« anthropologie philosophique » de Bertalanffy. Celui-ci considérait que ce cours regroupait les sujets « importants pour l'éducation du scientifique et l'éducation générale » en explorant les trois principales questions qu'une telle philosophie aurait pour vocation de traiter : (1) « comment les données factuelles des sciences individuelles peuvent-elles être intégrées en une image du monde nécessairement provisoire et fragmentaire ? » ; (2) « quelles sont les caractéristiques et les principes de la méthode et de la pensée scientifiques ? » ; (3) « quel est l'impact de la science sur notre civilisation ? »¹.

En touchant au problème de la « fonction sociale de la science », Bertalanffy jetait aussi un pont vers les derniers aspects de la « systémologie générale » qui me restent à considérer ici : ses dimensions (ou portées) axiologique – en tant que support de valeurs déterminées ; idéologique – par sa vocation à fournir les bases d'une vision du monde en général ; et praxéologique – en tant que guide de l'action politique, économique et sociale conforme à cette vision du monde et voué à répondre aux problèmes auxquels l'humanité contemporaine semblait confrontée. Car selon lui, si la recherche scientifique devait avant toute chose répondre aux exigences de ses propres fins, telle une œuvre d'art portant en elle-même son sens², ce n'était pas à l'exclusion du service de fins qui la dépassent.

3-1-4-5 – *Premières expressions des dimensions axiologique, idéologique et praxéologique de la « systémologie générale »*

Ces dimensions ne peuvent guère qu'être devinées dans les écrits de Bertalanffy de la période antérieure à 1955, au travers de certaines courtes réflexions éparses. Il fut ultérieurement plus disert à ce sujet. Nous verrons par la suite que les développements les plus significatifs se trouvent en fait moins chez lui que chez d'autres contributeurs à l'actualisation de son projet, tels que Rapoport et Boulding. Certaines bases peuvent toutefois en être repérées dès cette époque.

La plus importante était la justification fondamentale de la prétention à attribuer à la « systémologie générale » les trois dimensions en question. Elle reprenait d'abord un thème directement issu du moment « relativiste » de son perspectivisme que nous avons vu Bertalanffy développer dès les années 1928-1934 lorsqu'il s'agissait pour lui de valoriser la portée culturelle de sa biologie « organismique » :

La science n'est pas un événement pour ainsi dire suspendu dans l'espace vide d'un pur développement conceptuel : elle est aussi bien un *facteur* qu'une *expression* du cours de l'histoire³.

Ce qui suggérait en particulier déjà que la « systémologie générale », de par son extension scientifique, ne pouvait être limitée au statut d'outil d'interprétation du monde, ayant aussi bien vocation à le transformer. Un second argument en découlait naturellement :

La question de la direction générale du développement scientifique est bien loin d'être un problème étranger à la vie, elle est au contraire une question de destin adressée au futur⁴.

D'où résultait à son tour la promesse que Bertalanffy plaçait dans la « systémologie générale » (désignée ici derrière l'expression « vision du monde en ébauche ») :

Dans les crises effroyables qui secouent notre époque nous reste peut-être l'espoir que la vision du monde actuellement en ébauche [*das heute sich anbahnende Weltbild*] soit le préparatif d'une nouvelle étape du développement de l'humanité⁵.

¹ *op cit.*, pp. 233-234.

² Lettre de Bertalanffy L. von à Huxley A. (24/10/1949), in Gray W. & Rizzo N.D. (1973), p. 189 : « Je crois au principe de l'art pour l'art en science, et pense que la seule justification de la science, expérimentale comme théorique, est quant à la première qu'elle est amusante, et quant à la seconde qu'une théorie déductive bien construite procure une satisfaction presque esthétique ».

³ Bertalanffy L. von (1951d), p. 245. Les italiques me sont propres.

⁴ *op cit.*, p. 224.

⁵ *op cit.*, p. 245.

La coloration « organismique » qu'il donna presque toujours à son projet s'explique dès lors aussi par les valeurs dont avait déjà été porteuse sa « conception organismique » : le respect de la dignité propre de chaque niveau d'organisation du monde de la vie (biologique, psychologique, sociologique, écologique) ; l'ouverture sur son environnement, la « transaction » au sens de Bentley et Dewey, comme condition du développement de chaque système appartenant à ce monde (Bertalanffy décrivant d'ailleurs à Bentley sa « systémologie générale » comme une « *théorie générale de la transaction* opposée à la théorie interactionnelle caractéristique des conceptions fondées sur la physique classique », après lui avoir affirmé que « le point de vue transactionnel correspond[ait] largement à la vision organismique »¹) ; la conciliation entre le caractère « monadologique » de chacun de ces systèmes, son « activité primaire » et son « individualisation progressive », et sa solidarité avec d'autres systèmes de même « ordre » au service de la réalisation des fins d'une « intégration d'ordre supérieur » sans laquelle il ne pourrait pas même parvenir à ses propres fins (sa conservation et son progrès vers l'autonomisation). Et dans les passages de ses premiers articles sur la « systémologie générale » où Bertalanffy laissa entrevoir l'arrière-plan « non scientifique » de son projet se retrouvait donc en bonne logique l'opposition romantique et anti-moderniste issue de l'idéal de la *Bildung* qui avait déjà profondément imprégné ses premiers travaux, avec ses rejets caractéristiques du « mécanicisme » au motif ultime de son immoralité. On y observe très bien aussi le raccourci typique des années 1920 et 1930 qu'il opérait encore entre « vision mécaniciste du monde » (appartenant aux plans métaphysique et épistémologique) et processus (technologique, économique et politique) de « mécanisation » :

*La vision mécaniciste du monde trouva son idéal dans l'esprit laplacien, i.e. la conception selon laquelle tous les phénomènes sont ultimement des agrégats d'actions fortuites d'unités physiques élémentaires. Du point de vue théorique, cette conception n'a pas mené à des sciences exactes hors du champ de la physique, c'est-à-dire à des lois de niveaux supérieurs de réalité, biologique, psychologique ou sociologique. Du point de vue pratique, ses conséquences ont été fatales pour notre civilisation. L'attitude qui considère les phénomènes physiques comme la seule mesure de référence de la réalité a mené à la mécanisation de l'humanité et à la dévaluation de valeurs supérieures. La domination non régulée de la technologie physique a finalement plongé le monde dans les crises catastrophiques de notre temps*².

*La vision mécaniciste du monde a plongé le monde dans la domination sans règles de la technologie physique, la mécanisation de l'humanité et les crises catastrophiques de notre époque. Une vision organismique pourrait mener à une synthèse plus vaste et à un meilleur ajustement aux problèmes auxquels nous sommes confrontés – à condition d'être conscients du fait qu'une telle vision a aussi ses limites et que tous nos schèmes intellectuels ne sont que d'humbles efforts pour redessiner quelques traits sur le grand plan de la réalité*³.

Nulle surprise qu'un Hempel ait été heurté par ces raccourcis anti-mécanicistes de Bertalanffy, même si celui-ci avait pris la précaution d'assortir son discours d'une mise en garde perspectiviste. Pour Hempel, la charge de Bertalanffy était totalement infondée :

Le programme mécaniciste ou, mieux, physicaliste, en tant que maxime heuristique pour la recherche scientifique ne présuppose et n'implique bien sûr pas que les hommes sont de simples machines ou automates, et il ne fournit aucune justification idéologique pour la « mécanisation de l'humanité » ; il vise à utiliser autant que possible les concepts et les théories des sciences physiques afin de décrire et d'expliquer, parmi d'autres choses, les divers aspects de l'expérience et du comportement humains – non à les dénier⁴.

Mais Bertalanffy, qui ne partageait pas ce point de vue du fait de son attachement à une vision partiellement culturaliste de la science, persista tout en s'efforçant d'écarter ses ambiguïtés. Ainsi lui répondit-il aussi bien à Toronto que dans un courrier qu'il lui adressa :

Lorsque j'ai affirmé que « la vision mécaniciste du monde a plongé le monde dans la domination sans règles de la technologie physique », il ne s'agissait *pas d'un argument bon marché en faveur*

¹ Lettre de Bertalanffy L. von à Bentley A. (20/09/1950), *Archives du B.C.S.S.S.*

² Bertalanffy L. von (1950b), p. 165. Les italiques me sont propres.

³ Bertalanffy L. von (1951b), p. 311. Les italiques me sont propres.

⁴ Hempel C.G. (1951), p. 321.

de l'organicisme, ni d'un appel propagandiste contre le mécanicisme. Il s'agit plutôt d'un jugement quant à ce qui me semble être un fait historique, à savoir que les théories scientifiques, même de nature hautement technique et spécialisées, sont des expressions d'un schème mental commun, ou Zeitgeist des époques concernées. C'est vrai de la vision mécaniciste du XIX^e siècle aussi bien que des notions synholistiques ou transactionnelles contemporaines. Quant à savoir si un monde gouverné par de tels principes serait un monde meilleur où vivre, je n'en sais rien et j'ai effectué des mises en garde ostensibles contre une vision trop optimiste à ce sujet¹.

Bertalanffy faisait ici allusion aux mises en garde contre le biologicisme en sciences sociales qu'il avait faites dans son article de 1950. Dans des courriers adressés à d'autres correspondants à la même époque se manifestent plus clairement encore son recul critique par rapport à l'instrumentalisation idéologique du holisme et le souci aigu qui l'animait en conséquence de se prémunir contre l'accusation de faire de sa « systémologie générale » une caution scientifico-philosophique aux totalitarismes de tous bords :

Le concept de totalité [*Ganzheit*] est au centre de notre conception contemporaine du monde. Mais c'est, pour parler avec Nietzsche, la tâche de la philosophie de se mettre en garde contre elle-même. Telle est la tragédie immanente et si vous voulez, dialectique, du concept de totalité que son transfert non critique à la communauté [*Gemeinschaft*] humaine conduit à l'extermination de l'individu, à l'État totalitaire².

Le problème est que tout en affirmant le bénéfique potentiel de la « systémologie générale » des points de vue axiologique, idéologique et praxéologique, Bertalanffy n'expliqua à cette époque nulle part *comment* ce bénéfique pourrait effectivement s'exercer et *comment* pourrait être gouverné par ses principes tout en évitant de favoriser une organisation totalitaire de la vie humaine.

De surcroît, loin de lever les ambiguïtés à ce sujet, Bertalanffy eut parfois tendance à les entretenir. Même si le texte caractéristique à cet égard fut peu diffusé, il est pour plusieurs raisons très utile de le considérer ici. D'une part, il montre une accointance précoce de Bertalanffy avec l'écologisme politique alors naissant. D'autre part, il permet d'observer que son perspectivisme ne lui épargnait parfois pas certaines tendances à flirter avec un technocratisme scientifique et techniciste : si Bertalanffy combattit vigoureusement ces tendances (surtout dans les années 1960), elles n'en demeuraient pas moins latentes dans sa propre pensée et nous ne cesserons de voir par la suite les tensions que cette contradiction induisit tant chez lui que dans l'ensemble du mouvement systémique.

Le fait est qu'il consacra plusieurs des premières pages de son essai *Auf den Pfaden des Lebens* [« Sur le sentier de la vie »], publié en Allemagne en 1951, à « la science comme problème de l'humanité », où il fut amené à diagnostiquer en ces termes ce qu'il jugeait être la cause profonde de la « crise mondiale contemporaine », après avoir soutenu une fois encore que « le monde contemporain est essentiellement déterminé par la machine au point que l'homme lui-même en est venu à être dévalorisé comme une machine » :

Nous sommes aujourd'hui en possession d'une technique principalement physico-chimique qui a atteint des sommets, tandis que la technique biologique se tient loin derrière en ce qu'elle suffit certes pour les besoins humains, en particuliers nutritifs, mais qu'elle est loin d'être pleinement exploitée ; quant à une technique sociale, notre temps commence tout juste à s'y intéresser. C'est là que se trouve précisément la principale racine de la crise mondiale contemporaine. Le coupable n'en est pas trop, mais trop peu de science et de rationalisation : en effet, nous ne connaissons que trop bien les lois physiques, tandis que nous ne maîtrisons pas assez les lois biologiques et pas du tout les lois sociales. Mais contre le pessimisme existe un argument de poids. C'est la brièveté de l'intervalle de temps au cours duquel s'est joué le développement de l'homme moderne [...] Cet intervalle tout-à-fait minime selon les critères de la science laisse place à l'espoir que l'humanité parvienne en fin de compte progressivement à une domination de la totalité de la nature, qui nous apporte la solution des problèmes qui nous menacent aujourd'hui³.

Il s'agissait bien évidemment ici de ménager une place à la « systémologie générale » en tant que véhicule de la rationalisation qu'il appelait de ses vœux, en faisant apparaître la connaissance des « lois systémiques » dans les strates non-physiques du « réel » comme un préalable nécessaire à la

¹ Bertalanffy L. von (1951b), p. 344 et lettre de Bertalanffy L. von à Hempel C.G. (06/11/1950), *Archives du B.C.S.S.S.* Italiques propres.

² Lettre de Bertalanffy L. von à Buchwald K. (04/04/1950) ; et lettre de Bertalanffy à Lustig-Olthuis B. (23/06/1950). *Archives du B.C.S.S.S.*

³ Bertalanffy L. von (1951d), pp. 8-9.

« guérison » des maux humains. Et Bertalanffy n'hésita pas à invoquer plus tard dans son essai de prétendues « lois de l'Histoire » afin de servir sa thèse, avec des accents dans lesquels il serait légitime de reconnaître la pire veine du « positivisme », combattue par tous les représentants d'une tradition herméneutique en sciences sociales¹, si l'on ignorait l'arrière-plan épistémologique qu'il mettait derrière ces « lois » en fait comprises comme des « statistiques d'ordre supérieur » construites sur la base de modèles systémiques, et ses critiques permanentes du réalisme conceptuel de Spengler :

Même les meilleures exhortations morales à la justice et à la paix sont impuissantes devant les lois d'airain de l'Histoire. Nous ne pouvons pas transgresser celles-ci ; nous n'avons pour choix que de les connaître et de les orienter de manière planifiée ou d'être engloutis par elles².

J'y ai fait allusion plus haut, l'essai de Bertalanffy considéré ici présente cet intérêt que ces arguments furent confrontés par leur auteur à ceux que l'un des pionniers de l'écologie politique, l'écologue William Vogt, venait en 1948 de développer dans un essai fondateur intitulé « La voie de la survie » [*Road to survival*]. D'une manière générale, Bertalanffy s'accordait avec l'alarmisme de Vogt et considérait comme digne du plus grand intérêt l'approche systémique dans laquelle celui-ci inscrivait la problématique écologiste³. Il ne manqua pas de tirer un parallèle justifié avec Spengler : au lieu d'une approche typologique les envisageant comme des organismes, Vogt appréhendait les populations humaines dans la perspective du modèle de la biocénose, cherchant donc à y transposer les lois des systèmes biocénotiques ; mais de même que Spengler avait mis sa morphologie historique au service de sa thèse du « déclin de l'Occident », Vogt mettait son approche au service de la conclusion analogue d'une civilisation « malade » des contraintes destructrices et en fin de compte suicidaires qu'elle ferait peser sur son environnement. Il décrivait une nature vierge des activités humaines en état d'équilibre biocénotique où l'homme serait intervenu comme un « transgresseur de lois », en tant qu'« unique organisme connu qui conduit sa vie de telle sorte qu'il détruit l'environnement nécessaire à sa survie ». Et sa thèse centrale était explicitement une reprise partielle de la doctrine malthusienne, réinterprétée en des termes opposant radicalement « nature » et « culture ». Les hommes « sauvages » auraient eu le « précieux avantage d'un taux de mortalité élevé » qui, en limitant drastiquement l'augmentation démographique, avait préservé les sols et l'environnement en général de la pression qu'une telle augmentation impose inévitablement. Puis la « révolution sanitaire » permise par de « dangereux docteurs » serait intervenue, sauvant d'innombrables hommes « mais seulement pour qu'ils puissent vivre plus misérablement ». La raison profonde en serait la domination d'un anthropocentrisme fondé sur des modes statiques et élémentaristes de pensée rendant l'homme aveugle à sa relation à son environnement physique. Ainsi serait advenue cette grande illusion qu'est l'homme industrialisé, habitant d'un monde surpeuplé qui, fondé sur l'épuisement des ressources naturelles, court inexorablement à sa perte.

Bertalanffy ne critiqua aucunement ces « diagnostics » qu'il ne se cacha au contraire pas de partager dans une large mesure. Il illustre très bien la relative facilité avec laquelle l'alliance historique (mais non nécessaire) du holisme et de l'anti-modernisme put, à l'issue de la chute du nazisme qui l'avait un temps valorisée à ses propres fins, être « recyclée » au service de l'écologie politique : la conscience aiguë, chez les fondateurs ultérieurs du parti « vert » allemand (dont le petit-fils de von Uexküll), de la nécessité de prendre certaines distances avec les modes holistiques de pensée en s'alliant avec des groupes dont ils avaient servi à cautionner l'oppression, n'empêcha en rien certaines figures de cette compromission de réorienter après-guerre leur discours au service de l'écologie, jouant un rôle significatif dans la constitution de cette idéologie. Il s'agit là d'un processus que certains historiens ont déjà étudié mais qui mériterait d'être analysé de manière plus approfondie⁴.

Il importe néanmoins de remarquer que Bertalanffy ne s'accordait pas avec la « thérapie » que Vogt prônait en vue de remédier à la « maladie du monde »⁵. L'écologiste ne voyait qu'une issue : que l'humanité « mette son comportement en accord avec les limitations naturelles ». Les deux voies qu'il envisageait à cette fin étaient d'une part la protection et le renouvellement systématiques des ressources naturelles ; d'autre part le contrôle des naissances (sans qu'il soit toutefois question

¹ Par exemple Weber, Simmel et Cassirer.

² Bertalanffy L. von (1951d), p. 224.

³ Voir Vogt W. (1948) et Bertalanffy L. von (1951d), pp. 119-122.

⁴ Voir Bramwell A. (1989) et Harrington A. (1996), p. 206 et p. 211.

⁵ Bertalanffy L. von (1951d), pp. 123-124.

d'eugénisme à proprement parler). Bertalanffy lui opposa d'abord qu'hormis les considérations éthiques problématiques qu'implique la seconde mesure, elle ne pouvait qu'avoir un effet contraire à celui recherché tant qu'elle n'était pas mise en œuvre à l'échelle mondiale des Nations Unies – sans quoi la démographie mondiale se déséquilibrerait au détriment des peuples les plus développés, engendrant toutes sortes de désordres et l'impossibilité de satisfaire à la première exigence que Vogt avait posée. Bertalanffy lui reprocha aussi de sous-estimer les potentialités de la « technique biologique », en particulier agronomique, afin de persister à satisfaire les besoins humains. Mais sa critique fondamentale ne se trouvait pas là, et tel est justement son grand intérêt. Rejoignant au moins sur ce point les positivistes, elle consistait, comme il l'avait d'ailleurs fait à ses débuts au sujet de « l'utopie classique », à défendre avec fermeté la valeur de la science et même de la technique contre de telles attaques relevant à ses yeux d'un romantisme sentimental incapable de prendre à bras le corps des problèmes qu'il pouvait tout au mieux soulever. Assumant les conséquences de son anthropologie philosophique, Bertalanffy se refusait en tout état de cause à embrasser un discours tel que celui de Vogt, qui faisait fi du caractère essentiellement et irréductiblement culturel de l'humanité. Le problème était selon lui ailleurs, dans la manière de mettre la connaissance au service d'un développement humain qui respecte l'individu ; et c'est ici qu'intervinrent ses arguments en faveur de « plus de science ». Que la science et ses applications aient dans le passé été mises au service de l'aliénation humaine ne condamnerait pas le principe même de leur existence ; il s'agirait « seulement » de les transformer adéquatement – c'est-à-dire, bien sûr, conformément aux préceptes « systémologiques » supposés permettre d'appréhender et de *maîtriser* enfin les « strates » biologique, psychologique et sociologique en respectant leur autonomie :

Une chose est certaine : la science, la technique, l'industrialisation et la rationalisation, ne sont en elles-mêmes ni bonnes, ni mauvaises. La technique, qui caractérisa le soi-disant progrès du siècle dernier, était jusqu'à présent presque exclusivement fondé sur les sciences physiques ; elle a mené à deux guerres mondiales et à la crise contemporaine. Peut-on trouver une technique adéquate aux niveaux biologique et sociologique, qui d'une part garantisse un niveau de vie convenable, mais qui puisse d'un autre côté préserver et restaurer la valeur irremplaçable de l'individu ? [...]

La science est la maîtresse de notre temps. Personne ne peut s'y soustraire, qu'il le veuille ou non [...] En des temps de crises comme le nôtre on entend souvent le reproche que la science serait coupable des malheurs contemporains ; la machine, la technique, auraient fait des hommes des esclaves et les auraient finalement plongés dans les bains de sang des guerres mondiales ; et c'est seulement de leur dépassement au moyen de valeurs sentimentales que l'on pourrait attendre un futur plus heureux de l'humanité. Il est facile de comprendre que ces positions sont stériles. Nous ne pouvons pas retourner le cours du temps. Même si nous le voulions, nous ne pourrions pas revenir à l'état originel paradisiaque de l'homme vivant des fruits de la nature¹.

C'est en prenant en compte les relations entre Bertalanffy et Aldous Huxley que l'on peut en définitive percevoir au mieux la manière dont le premier comprit d'emblée les vocations axiologique, idéologique et praxéologique de son projet « systémologique ». Les circonstances exactes les ayant amenés à faire connaissance restent floues, mais il semble qu'elles soient consécutives à l'initiative prise par Bertalanffy d'expédier à Huxley un exemplaire de *Das biologische Weltbild*², sans doute après que le premier ait découvert des écrits du second dès les premiers mois de son émigration vers le monde anglo-saxon. Une correspondance s'engagea entre eux en octobre 1949 et dura jusqu'à la mort de Huxley en 1963. Et ils se rencontrèrent pour la première fois en novembre 1952 lors de la série de conférences tenues par Bertalanffy aux États-Unis³. Leur relation fut profondément amicale et d'emblée marquée par une grande admiration mutuelle⁴.

¹ *op. cit.*, respectivement p. 124 et pp. 223-224.

² C'est ce qui ressort de leur première lettre : Huxley A. à Bertalanffy L. von (03/10/1949), in Gray W. & Rizzo N.D. (1973), p. 187.

³ Pouvreau D. (2009b), p. 120.

⁴ Huxley écrivit ainsi au poète anglais Alan Watts de Bertalanffy qu'il était « exceptionnellement ouvert, intelligent et cultivé » (Lettre de Huxley A. à Watts A. (17/10/1952), in Gray W. & Rizzo N.D. (1973), p. 195). Il appréciait son intérêt pour le mysticisme – en particulier pour celui du Cusain – et plus généralement son universalité, le louant en ces termes dans sa première lettre : « Vous êtes l'un de ces penseurs stratégiquement placés auxquels la connaissance dans beaucoup de champs permet de s'aventurer à la jonction entre les diverses disciplines académiques – biologie, philosophie, littérature et autres – et de pénétrer ainsi au cœur de la réalité vivante d'une manière dont le spécialiste, aussi érudit et doué qu'il soit, est à jamais incapable » (Lettre de Huxley A. à Bertalanffy L. von (03/10/1950), in Gray W. & Rizzo N.D. (1973), p. 187). Les louanges furent parfaitement symétriques. Se réjouissant vivement de la correspondance qu'il venait d'entamer avec l'essayiste américain, Bertalanffy écrivit à son ami Gessner qu'il le considérait comme « le seul penseur universel depuis la mort de Gerard Hauptmann » (Lettre de Bertalanffy L. von à Gessner F. (28/10/1949), *Archives du B.C.S.S.S.*). Hauptmann, un dramaturge

Leur perspectivisme rapprochait en profondeur les deux intellectuels. Quelques semaines après la publication du fameux article de Bertalanffy à ce sujet, Huxley affirma au botaniste Joseph B. Rhine (qui s'était récemment réorienté vers la parapsychologie), qu'il jugeait « satisfaisante » la philosophie perspectiviste exposée dans cet article¹ – ce n'est donc pas un hasard si ce fut Huxley qui fit connaître à Bertalanffy les thèses culturalistes de Sapir-Whorf². Huxley avait toujours porté un grand intérêt pour la science, surtout pour la réflexion sur ses limites intrinsèques, ses relations avec les autres domaines de l'expérience et ses impacts sur la vie humaine. Il partageait d'ailleurs avec Bertalanffy les grandes références scientifico-philosophiques tendant à accréditer la vision de la science comme une « interprétation d'une interprétation », c'est-à-dire comme une projection de modèles conceptuels sur un monde déjà reconstruit dans la perception : Mach, Poincaré, Eddington, Bohr et Heisenberg. Tout comme Bertalanffy, il défendait un constructivisme modéré par une foi en la capacité de la science à dévoiler certains traits structuraux d'une réalité sous-jacente au monde phénoménal, tout en soulignant son incomplétude fondamentale, l'impossibilité pour elle de prendre en compte certains secteurs de l'expérience humaine tels que le sentiment esthétique, l'amour et l'extase mystique, et la nécessité de ne pas considérer comme inexistantes tous ces aspects qu'elle ignore plus ou moins délibérément. Son œuvre était elle aussi animée par la volonté de promouvoir une unité de cette expérience respectant la diversité de ses moments et rejetant tout réductionnisme³, Bertalanffy put d'ailleurs dans son premier article voué à exposer son perspectivisme citer à ce sujet l'une de ses nouvelles⁴.

Huxley se réjouit particulièrement après-guerre du retour vers une conception holistique du monde et de la connaissance scientifique qui se manifestait chez des chercheurs comme Bertalanffy, ainsi que des opportunités qu'il voyait dans cette réhabilitation pour connecter ces deux pôles de la vie intellectuelle que sont la science et la religion (particulièrement le bouddhisme et le taoïsme). La convergence de Bertalanffy et de Huxley à cet égard se marque par leur intérêt commun pour la revue *Main currents of modern thought* fondée par Fritz Kunz, qui était vouée à promouvoir le théosophisme : Kunz, un membre éminent de la « Société théosophique » fondée en 1875, avait réussi à s'attirer les contributions d'éminents scientifiques jugeant que la science contemporaine renouvelait la légitimité de la recherche d'un syncrétisme mystico-scientifique : Bertalanffy en fit partie, aux côtés de von Weizsäcker, de Wigner et de celui qui fut bientôt surnommé « le Bouddha », à savoir Heisenberg⁵. La fascination commune de Bertalanffy et de Huxley pour le Cusain exprimait justement leur accord sur l'idée syncrétiste selon laquelle toutes les constructions scientifiques et religieuses participent d'un effort protéiforme pour atteindre une même réalité transcendant les instruments symboliques que l'homme se voit, de par ses limitations, contraint d'utiliser afin de l'appréhender ; l'important étant de ne jamais perdre de vue que le sens ultime de cette nécessaire diversité se trouve dans l'unité de la vision du monde promise par leur intégration et dans la qualité du gouvernement des affaires humaines que l'on peut en attendre. C'est dans l'introduction de sa conférence de Toronto sur le projet de « systémologie générale » que Bertalanffy se référa pour la première fois à Huxley. Et le motif de cette référence peut passer pour un bon résumé des vocations ultimes de son projet :

Dans sa nouvelle intitulée *Time must have a stop*, Mr Aldous Huxley introduit un gentleman [Mr de Vries] dont le souci est la construction de ponts entre les parties séparées de notre vie spirituelle éclatée : physique et sociologie, science et mysticisme, politique de pouvoir et paix mondiale. L'auteur, qui ressent comme personne d'autre la pulsion secrète de notre époque, nous fait comprendre que ce temps de crise nécessite de nouvelles synthèses et une réorientation à la fois

allemand, reçut le prix Nobel de littérature en 1912 et son œuvre respire d'un souffle romantique analogue à celui qui animait Goethe, d'où l'admiration que lui portait Bertalanffy. Notons qu'ils eurent en commun d'avoir été membres du N.S.D.A.P. par opportunisme et non par conviction. La lettre de Bertalanffy à Gessner citée fut en fait écrite quelques jours après que Bertalanffy eût fait directement savoir à Huxley son admiration : « Vous êtes le seul penseur universel de notre temps, le seul qui a intégré les pièces du puzzle en lequel la vie intellectuelle – littéraire, scientifique, artistique, religieuse, etc. – s'est brisée. C'est cette universalité goethéenne que j'admire dans vos œuvres » (Lettre de Bertalanffy L. von à Huxley A. (24/10/1949), *Archives du B.C.S.S.S.*)

¹ Lettre de Huxley A. à Rhine J.B. (17/01/1954), in Gray W. & Rizzo N.D. (1973), p. 204.

² Lettre de Huxley A. à Bertalanffy L. von (10/10/1952), in Gray W. & Rizzo N.D. (1973), p. 187. Voir aussi Deery J. (1996), p. 78.

³ Deery J. (1996), pp. 76-96.

⁴ Huxley A. (1925), in Bertalanffy L. von (1953a), p. 237 (L'extrait est issu de *Those barren leaves*) : « L'univers est fait de couches, distinctes et séparées comme dans une glace napolitaine. Ce qui est vrai dans la couche de chocolat, à la base de la glace, ne vaut pas pour la vanille qui se trouve au sommet. Et une vérité citron est différente d'une vérité fraise. Chacune a un droit exactement égal à exister et à s'affirmer comme réelle [...] Le seul espoir est peut-être que si vous pensez suffisamment longtemps et en profondeur, vous pourrez accéder à une explication du chocolat et du citron par la vanille. Mais peut-être que tout est vanille, que tout est pensée, que tout est esprit ».

⁵ Deery J. (1996), p. 146.

profonde et universelle – bien que Mr de Vries soit dans sa vie privée un idiot incurable. Laissez-moi donc, dans la discussion qui va suivre, entreprendre moi aussi des constructions de ponts, en espérant toutefois ne pas partager tous les défauts de Mr de Vries...¹

Des dernières pages de la nouvelle évoquée, Bertalanffy affirma à Huxley qu'elles contenaient selon lui « les choses les plus profondes jamais écrites au sujet de notre futur »².

3-1-5 – Conclusion sur les premiers exposés du projet de « systémologie générale » par Bertalanffy

Les discours de Bertalanffy sur sa « systémologie générale » au cours de la période 1945-1953 apparaissent finalement bien tels que leur auteur les présenta, en dépit de certaines formules trop emphatiques ayant pu laisser penser le contraire à certains de ses critiques : ils étaient essentiellement programmatiques, à tous points de vue. L'objectif de Bertalanffy y fut avant tout de montrer que l'état de la science et, beaucoup plus généralement, de l'humanité contemporaines, justifiaient et même exigeaient un changement de paradigme. La « systémologie générale » était présentée comme la réponse adéquate à ces besoins, sa nature, ses missions et sa possibilité même étant argumentées.

Le projet de Bertalanffy généralisait celui qu'il avait formulé et cherché à actualiser en biologie : il avait vocation à constituer une science de l'interprétation systémique applicable aux différentes « strates » du « réel ». Qu'une telle science soit possible, la justification en était d'abord donnée par la mise en évidence d'isomorphismes entre les constructions théoriques plus ou moins récemment développées dans les diverses sciences, où le concept de « système » jouait sous des formes diverses un rôle central. Que de telles correspondances structurales surgissent entre des domaines concernés par des entités de natures très différentes, de manière apparemment indépendante et avec un souci simultané d'autonomie logique et méthodologique dans les disciplines concernées appelait une explication : Bertalanffy la trouva dans le postulat de l'existence de « lois » et de « principes systémiques généraux », qui signifiait en fait chez lui non pas celui de l'existence d'une « systémicité » en soi, mais celle de la possibilité d'appréhender certains traits du monde phénoménal en y projetant des schèmes d'interprétation systémique universels. Le cœur de la « systémologie » était alors censé être un ensemble de théories logico-mathématiques, idéalement axiomatisées où, partant d'une certaine définition formalisée d'un « système », des conséquences seraient dérivables sur un mode hypothético-déductif et *a priori* applicables à la modélisation de systèmes « concrets » pour autant que celle-ci soit élaborée dans le cadre de telles théories. Bertalanffy s'efforça simplement d'illustrer la possibilité de formaliser voire de dériver *a priori* certains concepts et principes systémiques – en particulier ceux, « organismiques », qu'il avait mis au cœur de sa « systémologie biologique ». Il suggéra ensuite qu'un tel corpus théorique pourrait servir de matrice et d'instrument « régulateur » à la modélisation des systèmes complexes et, ce faisant, engager les sciences non physiques sur la voie de la science « exacte ». Il avança également qu'il pourrait devenir le véhicule d'une unité formelle de la science fondée sur les correspondances entre les constructions théoriques systémiques ainsi engendrées. Cette fonction méta-scientifique devait se prolonger dans la formation des scientifiques et dans l'organisation de la recherche en favorisant la compréhension des connexions entre les différents domaines de recherche et l'exploration des problèmes souvent féconds situés à l'interface entre disciplines, ainsi que la communication et les échanges transdisciplinaires. Enfin, par sa réintégration de la logique holistique dans le champ scientifique, la « systémologie générale » avait pour vocation de restaurer le dialogue entre la forme scientifique d'expérience du monde et les autres, en particulier la mystique. D'autant plus qu'il la comprenait pour sa part avant tout comme une généralisation de sa « conception organismique », Bertalanffy lui attribuait la vertu de porter, de promouvoir et de servir le respect de la dignité propre de chacun des niveaux d'organisation de la vie, et de fournir les bases d'une compréhension unifiée de l'expérience humaine qui soit adéquate à la résolution concrète des problèmes « critiques » (politiques, économiques, techniques, démographiques, écologiques) auxquels il voyait l'humanité confrontée de manière pressante.

¹ Bertalanffy L. von (1951b), p. 302.

² Lettre de Bertalanffy à Huxley A. (24/10/1949), in Gray W. & Rizzo N.D. (1973), p. 189.

Une difficulté majeure de ces premiers discours de Bertalanffy tient au décalage entre la hauteur des ambitions affichées et les justifications effectivement fournies, qui l'exposa très vite à des critiques dont bon nombre auraient pu lui être épargnées si ce décalage n'avait pas été aussi significatif. Son utilisation fréquente de formules emphatiques, qui allait en général de pair avec de très contestables raccourcis, contribuait certainement très bien à servir ce qui demeurait en fait son principal objectif : s'attirer un vif intérêt de la part des représentants (américains surtout) des sciences non physiques. Elle lui permit en effet de mettre en exergue les aspects de son projet répondant aux besoins ressentis dans ces disciplines en accentuant son opposition à ce qui, précisément, y était de plus en plus rejeté : les approches méristiques et réductionnistes, l'absence d'ambitions et de constructions théoriques dignes de ce nom et une spécialisation outrancière. Le revers était toutefois qu'il accentuait de la sorte aussi bien le besoin de justifications à son projet vis-à-vis des scientifiques et des philosophes qui n'étaient pas particulièrement prédisposés à accepter ses thèses. Le principal problème à cet égard était le manque de discussion systématique des fondements du point de vue de la théorie de la connaissance, qui aurait pourtant été indispensable pour que puissent être clarifiés le statut ontologique des « systèmes généraux » et des « lois systémiques générales », ainsi que les fonctions épistémologiques de théories abstraites de « systèmes » : quelques remarques perspectivistes éparpillées à ce sujet pouvaient certes servir de marqueurs clairs pour ceux qui avaient connaissance de l'ensemble de ses travaux, mais ne suffisaient certainement pas à éclairer l'écrasante majorité des autres. Un second problème tient au fait que si les fonctions de la « systémologie générale » en tant que cadre théorique de la modélisation systémique étaient exposées, rien n'était dit par Bertalanffy au-delà des objectifs qu'il avait fixés, quant à la méthodologie de ce type de modélisation. Enfin, un problème analogue se posait quant aux missions assignées à cette « systémologie » en tant que corpus de connaissances permettant de guider et de structurer l'appréhension et la résolution des « crises » auxquelles l'humanité contemporaine apparaissait confrontée : par-delà les déclarations de principe, rien n'était dit par Bertalanffy sur la manière dont elle pourrait concrètement assumer ce rôle.

Le fait est toutefois qu'au moins dans cette première phase précédant 1954, le caractère très spéculatif de ses considérations « systémologiques » servit la promotion de son projet plus qu'elle ne la desservit : les critiques, parfois très sévères, furent assez rares, au contraire des enthousiasmes suscités. Il est clair que ce projet répondait à de multiples attentes et qu'en dépit de leurs insuffisances, les exposés qu'en fit Bertalanffy purent pour l'essentiel atteindre leur principal objectif : agréger autour de la « systémologie générale » les espoirs qu'elle pourrait satisfaire ces attentes et les volontés de la développer à cette fin. Quatre chercheurs furent concernés au premier chef, sans lesquels ce projet n'aurait probablement pas pu prendre son « envol » : Gerard, Miller, Rapoport et Boulding. Il va s'agir dans le prochain chapitre de considérer leurs travaux antérieurs à leur convergence avec Bertalanffy fin 1953, afin de comprendre les raisons de cette convergence, puis ses conséquences.

3-2 – Les itinéraires respectifs des cofondateurs de la *Society for General Systems Research* avant 1954 : leur cheminement propre vers le projet de « systémologie générale »

Un point commun précoce à ces quatre chercheurs et à Bertalanffy se dessine et doit être discuté avant même que leurs travaux respectifs soient considérés : leur relation à l'université de Chicago, dans un contexte historique marqué par les débuts de la « guerre froide » après l'avoir été par celui de la seconde guerre mondiale. Je commencerai donc ici par décrire cet environnement institutionnel et politique avant de considérer la formation des problématiques de Gerard, Miller, Rapoport et Boulding et d'enquêter ainsi sur les raisons de leur convergence vers le projet bertalanffien de « systémologie générale ».

3-2-1 – Le creuset de l'université de Chicago et l'impulsion de la Fondation Ford dans un contexte politique spécifique

3-2-1-1 – L'université de Chicago : une politique favorable à l'épanouissement de l'interdisciplinarité et d'approches holistiques

Le philosophe de l'éducation Robert M. Hutchins fut président, puis chancelier de l'université de Chicago de 1929 à 1951. Sa direction se caractérise par l'impulsion qu'il y donna aux approches interdisciplinaires de la recherche et de l'enseignement, qui se révèle avoir été en partie inspirée par Aldous Huxley¹. Ce fut particulièrement le cas en sciences sociales, domaine où fut créé en 1931 un département (la « Division des sciences sociales ») marqué par l'interconnexion des problématiques et le dialogue entre approches concurrentes. Hutchins avait mis cette politique universitaire au service d'une vision, celle d'une « civilisation du dialogue » dont il chercha toute sa vie à promouvoir l'avènement, et ce d'autant plus bien sûr à l'issue du traumatisme de la guerre :

La civilisation du dialogue est la seule qu'il vaudrait la peine d'avoir et la seule dans laquelle la totalité du monde peut s'unir. C'est donc la seule civilisation que nous pouvons espérer, parce que le monde doit s'unifier ou être balayé en morceaux. La civilisation du dialogue requiert de la communication, un langage commun et un stock commun d'idées [...] Elle est la négation de la force. Nous avons atteint le point où la force ne peut unir le monde mais seulement le détruire. Par la continuation et l'enrichissement de la Grande Conversation, non seulement l'éducation supérieure accomplit son devoir par morale et religion et mène à bien sa propre tâche intellectuelle : elle soutient et symbolise aussi les espoirs les plus élevés et les aspirations les plus hautes de l'humanité².

Ce souci du dialogue et de l'interdisciplinarité permirent dès les années 1910 à de solides traditions de pensée holistique de prospérer. Je les ai évoquées dans la première partie aux 1-4-5 et 1-4-6 : en biologie avec Child, Herrick, Lillie et Whitman ; en écologie sous l'impulsion de Clement et Adams ; et en neuropsychiatrie avec Coghill et Lashley. La construction, en 1929, d'un département de psychiatrie visant à développer une « psycho-neurologie » interdisciplinaire couvrant tous les aspects du psychisme (sous l'impulsion notable de Herrick, Weiss, Gerard, Bailey et Grinker) a été en particulier relatée au 1-4-6-2 : elle inaugure symptomatiquement le « règne » de Hutchins à Chicago. Remarquons aussi la congruence entre l'« école de Chicago » d'écologie et les valeurs que Hutchins cherchait à promouvoir : cette école qui domina l'écologie américaine des années 1920 aux années 1940, par-delà son insistance sur l'équilibre écologique et la « communauté de climax », mettait ouvertement en question l'éthique individualiste et la maîtrise technologique de l'environnement naturel³. Remarquons encore que s'il y eut relativement peu d'interactions entre écologues et sociologues à l'université de Chicago, des concepts et une « approche » écologiques furent progressivement introduits dans leurs travaux par les seconds, dans une perspective holistique et interdisciplinaire visant à prendre en compte dans l'étude de chaque phénomène humain l'ensemble

¹ Lettre de Huxley A. à Bertalanffy L. von (18/01/1954), in Gray W. & Rizzo N.D. (1973), pp. 206-207.

² Hutchins R.M. (1952), in Hammond D. (2003), p. xi. Sur Hutchins et l'université de Chicago, voir aussi p. 8.

³ Hammond D. (2003), p. 80.

des composantes de l'interaction humaine – psychologique, sociologique, économique et politique : l'« école de Chicago », qui domina la sociologie américaine jusqu'au milieu des années 1930, fut placée sous le signe du concept d'« écologie humaine » développé depuis le début du siècle sous l'influence de Dewey par Robert E. Park et Ernest Burgess. Cette sociologie était elle aussi congruente aux valeurs prônées par Hutchins : elle se fondait sur l'idée d'un basculement progressif de l'importance de la compétition vers celles de la communication et du consensus lorsqu'on parcourt le spectre qui, partant de l'écologie, passe par l'économie et la politique pour aboutir à la morale. L'« écologie humaine » se focalisait sur le rôle intégrateur de la communication au niveau culturel et, contrairement aux holismes de type organiciste ou fonctionnaliste, concevait aussi bien la société que l'environnement naturel comme des systèmes en déséquilibre dynamique, en se concentrant sur les processus plutôt que sur les structures¹.

Plusieurs départements de recherche advinrent en conséquence directe de l'environnement intellectuel novateur suscité par la politique de Hutchins. Outre le « comité [committee] sur la biologie mathématique » dirigé par Rashevsky et le « comité sur le comportement humain » dirigé par Grinker, le plus emblématique fut le « comité sur les sciences du comportement » [*Committee on the Behavioral Sciences*], qui vit le jour en 1949 sous la responsabilité de Miller. Mais la création de ce dernier « comité » n'émergea pas, loin s'en faut, qu'en conséquence du climat intellectuel particulier régnant dans l'université de Chicago : elle répondit aussi à des logiques institutionnelles et politiques plus profondes, qui trouvèrent justement dans cette université un contexte idéal pour s'accomplir.

3-2-1-2 – *L'impulsion de la Fondation Ford et son contexte politique*

La Fondation Ford, dont le rôle dans le financement de la recherche scientifique aux côtés de la Fondation Rockefeller était important depuis sa création en 1936, joua ici un rôle éminent : la mort d'Henri Ford, en 1947, la confronta à la tâche de répartir la distribution de l'immense fortune dont elle hérita. Un rapport interne fut rédigé en 1948, qui fixait en ces termes très politiques les priorités de la fondation philanthropique, à savoir répondre à l'urgence de préserver et promouvoir des sociétés démocratiques dans un monde toujours plus complexe et dangereux, confronté à de nouvelles technologies de destruction :

Dans un monde où les individus deviennent rapidement plus interdépendants et dans lequel les forces externes qui les contrôlent deviennent plus centralisées, il y a une exigence urgente de base rationnelle pour la planification et la prise de décision responsable. En même temps, les individus ont besoin d'une compréhension du comportement humain s'ils veulent maintenir la nature démocratique de ce contrôle et de cette planification.

Ce rapport définissait un programme découpé en cinq aires de recherche à l'une au moins desquelles un travail scientifique déterminé devait pouvoir contribuer afin que la Fondation décide de le financer. Il s'agissait de soutenir les travaux qui contribueraient : (1) à la paix mondiale et un ordre mondial de loi et de justice ; (2) à une plus grande fidélité aux principes fondamentaux de liberté et de démocratie ; (3) au bien-être économique partout dans le monde ; (4) à des progrès dans l'éducation ; et (5) à une connaissance accrue des facteurs qui influencent ou déterminent la conduite humaine, et à l'extension de cette connaissance pour le plus grand bénéfice des individus et de la société². Un rapport ultérieur de la Fondation Ford, daté de 1952, décrit la dernière aire de recherche, nommée « Comportement individuel et relations humaines », comme « un effort pour accroître la connaissance du comportement humain au moyen d'une recherche scientifique fondamentale orientée vers des problèmes majeurs couvrant un large spectre de sujets, et de permettre à une telle connaissance d'être utilisée pour la conduite des affaires humaines » ; mais aussi comme « une *approche interdisciplinaire* » qui ne soit « ni le moindre champ conventionnel de la connaissance particulier, ni la moindre combinaison de tels champs »³. Un tel objectif répondait à une insatisfaction et à un besoin ressenti chez la plupart des chercheurs en sciences sociales, engendrés par le sentiment objectivement justifié d'une fragmentation des disciplines consacrées à l'étude des sociétés et des cultures humaines⁴.

¹ *op. cit.*, pp. 83-85.

² Rapport de la Fondation Ford (1949), in Hammond D. (2003), pp. 5-6.

³ Rapport de la Fondation Ford (1953), in Müller K. (1996), p. 187.

⁴ Hammond D. (2003), p. 7.

Il faut néanmoins voir que le programme de la Fondation Ford, tout particulièrement la cinquième aire de recherche qu'il avait définie, répondait parfaitement aussi au contexte scientifico-politique américain issu de la seconde guerre mondiale. Les anthropologues, sociologues, psychologues et linguistes américains avaient été enrôlés dans l'effort de guerre, ayant déjà gagné à cette occasion une certaine habitude de la communication et de la recherche interdisciplinaire. De plus, le nombre de chercheurs en sciences sociales avait considérablement crû au cours de ces années, et le fit plus encore après 1945. Cette croissance allait de pair avec celle de leur prestige et des fonds qui leur étaient alloués, même s'ils enviaient encore ceux des représentants des sciences de la nature, particulièrement en physique nucléaire. Ils répondaient à des besoins et savaient les susciter : l'argument majeur était la nécessité de soutenir la recherche en sciences sociales afin d'être en mesure de penser un nouvel ordre social, national et international où soient contenues voire éliminées les forces destructrices qui avaient engendré la seconde guerre mondiale. Et dans le contexte de « guerre froide » naissant, leur appel fut entendu : des fonds gouvernementaux affluèrent à partir de 1950, prenant même le dessus sur les financements alloués par les fondations privées. Le développement de domaines comme la psychologie sociale, l'anthropologie et les sciences politiques, apparaissait nécessaire afin de contrer et de « contenir » le communisme : il y avait une volonté de mettre les sciences sociales au service politique de l'État, pour les affaires intérieures aussi bien qu'extérieures¹.

L'expression « sciences du comportement » [*behavioral sciences*], qui fut popularisée par la Fondation Ford, fut forgée en 1949 par Miller sur une suggestion du physicien Enrico Fermi. Elle était le parfait reflet du contexte qui vient d'être évoqué. Après avoir déjà été encouragé en ce sens par Whitehead, Miller fut incité par Fermi à développer une nouvelle approche du comportement humain qui intégrerait les dimensions biologiques, psychologiques et sociales, et à fonder un département de recherche voué à cette fin – le *Committee on the behavioral sciences* (C.B.S.) fut donc largement inspiré par Fermi. Celui-ci, comme bon nombre de scientifiques impliqués dans le projet Manhattan de construction de la bombe atomique, était très préoccupé par la nécessité d'étudier les racines du conflit dans le comportement humain. Et l'idée des inspirateurs du C.B.S. tels que Fermi et Miller (comme de ceux qui contribuèrent à ses activités tels que Gerard et Rapoport) fut justement que l'étude de ce comportement pourrait bénéficier du même type de recherches interdisciplinaires intensives et de soutiens financiers massifs que ceux qui avaient permis la construction de la bombe. L'inquiétude, partagée jusque dans les hautes sphères de l'État, était que les Soviétiques soient plus avancés que les Américains dans cette direction. Il ne s'agissait plus de réfléchir sur les significations du comportement humain, mais de résoudre efficacement les problèmes concrets de tous ordres qu'il posait². Enfin, le choix de l'expression « sciences du comportement » fut dicté non seulement par sa nécessaire neutralité dans une perspective interdisciplinaire (dépourvue de connotation réductionniste, elle était acceptable aussi bien par les biologistes que par les psychologues et les sociologues)³, mais aussi par la pression de la « chasse aux sorcières » maccarthyste : cette expression était aussi choisie « en prévision de la possibilité d'avoir un jour besoin d'obtenir un soutien financier de personnes capables de confondre les *sciences sociales* avec le *socialisme* »⁴... C'était d'autant plus justifié stratégiquement qu'outre les modes holistiques de pensée, susceptibles d'être accusés de biais collectiviste, certaines perspectives de recherches importantes en sciences sociales étaient menacées, telles que les études empiriques (accusées de proximité avec la planification sociale) et les approches à tendance culturaliste (prétendument d'essence « communiste »)⁵.

3-2-1-3 – *L'université de Chicago, carrefour des fondateurs de la Society for General Systems Research*

En résumé, l'université de Chicago fut, tout au long de la présidence de Hutchins, un lieu de recherche très imprégné par un état d'esprit interdisciplinaire où maintes approches holistiques purent s'épanouir et qui, précisément par l'état d'esprit qui y régnait, fut après-guerre très vite sollicité pour

¹ Helms S. (1991), pp. 2-7.

² Müller K. (1996), pp. 188-190 ; Hammond D. (2003), pp. 7-9 ; Helms S. (1991), pp. 4-5.

³ Cette explication fut fournie par Miller dans l'éditorial du premier volume de la revue *Behavioral Sciences*, en 1956.

⁴ Miller J.G. (1955), in Müller K. (1996), p. 189.

⁵ Müller K. (1996), pp. 188-189.

répondre à des logiques politiques et idéologiques, se voyant par là-même ouvrir des opportunités de financements considérables. Tous les éléments y étaient en fait réunis pour en faire un environnement favorable à l'accueil du projet de « systémologie générale », si l'on songe de surcroît que les cinq chercheurs impliqués dans la fondation de la *Society for General Systems Research* furent en contact avec cet environnement, à des degrés certes très divers. C'est bien *via* cette université que se nouèrent d'ailleurs leurs relations.

Gerard y entra en 1915 en tant qu'étudiant avant d'y être nommé professeur en 1928 : il y resta jusqu'en 1952. Rapoport s'y inscrivit en tant qu'étudiant en mathématiques en 1937, y fit la connaissance de Gerard dès 1938 et y soutint sa thèse de doctorat en 1941 ; il revint travailler à l'université de Chicago avec Rashevsky en 1947 en tant que membre du « comité sur la biologie mathématique », et resta membre de l'université jusqu'en 1954. Miller, qui fut le seul parmi les cinq à ne pas avoir eu de contact direct avec cette université auparavant, y obtint une chaire de psychologie en 1948 et y resta jusqu'en 1953. Gerard et Rapoport se joignirent à lui dès 1949 lorsqu'il fonda le C.B.S., et ils travaillèrent régulièrement ensemble jusqu'en 1953. Boulding vint quant à lui travailler à Chicago en 1932 pendant plus d'un an, puis y revint quelques semaines en 1934. S'il fut très influencé par ces séjours, il ne fit pas pour autant connaissance de Gerard, Rapoport et Miller avant 1954 ; mais nous verrons au 3-2-5 que l'influence de la Fondation Ford ne fut pas étrangère à leur connexion. Bertalanffy, enfin, rencontra une première fois Gerard en 1937 lors de son séjour à Chicago (mais pas Rapoport, semble-t-il). Il n'était pas un inconnu lorsque consécutivement à ses articles sur la « systémologie générale » publiés en 1950 et 1951 en Angleterre et aux États-Unis, Grinker prit l'initiative de l'inviter à revenir à Chicago exposer ses vues¹. Une invitation acceptée par Bertalanffy, parmi d'autres qui l'amènèrent à tenir une série de quinze conférences aux États-Unis² en septembre et octobre 1952. La connexion avec Gerard, Miller et Rapoport put alors s'établir ; elle fut suivie l'année suivante par un premier contact avec Boulding.

Examinons maintenant les travaux de ces quatre chercheurs avant leur réunion autour du projet de « systémologie générale » de Bertalanffy à partir de 1954, avec l'objectif de repérer leurs convergences tout autant que leurs divergences.

3-2-2 – *Ralph W. Gerard : de l'« org » comme modèle d'une sociologie biologiciste à l'idéal technocratique et totalitaire*

3-2-2-1 – *Étapes de la formation d'une problématique holistique et transdisciplinaire*

Gerard fut dès son enfance mis dans des dispositions exceptionnellement favorables vis-à-vis de la science fondamentale : son père, un ingénieur juif émigré d'Europe centrale, regrettait de ne pas avoir pu s'y consacrer et reporta sa frustration sur son fils. Lequel fut un enfant prodige³. Il entra à quinze ans à l'université de Chicago, où son intérêt insatiable l'amena à suivre des cours dans presque toutes les disciplines, y compris en sciences sociales. Il soutint une thèse de doctorat en physiologie en 1921 sous la direction de Carlson, puis obtint son doctorat en médecine en 1925. Une bourse de recherche lui fut ensuite accordée afin de venir travailler en Europe entre 1925 et 1927, aux côtés des deux co-lauréats du prix Nobel de médecine 1922 : d'abord à Londres avec le biophysicien Archibald V. Hill, puis à Kiel avec le biochimiste Otto F. Meyerhof. Ce séjour lui permit d'approfondir sa spécialisation en neurophysiologie⁴. Gerard revint fin 1927 à Chicago. Plusieurs offres lui furent faites et il choisit d'accepter un poste de professeur en physiologie, fonction qu'il assuma jusqu'en 1952.

¹ Hammond D. (2003), pp. 8-9, p. 109, p. 135, p. 144 et p. 168.

² Pouvreau D. (2009b), pp. 119-120. Les autres conférences eurent lieu à l'université du Texas (une à la division médicale de Galveston à l'invitation du biochimiste Wiktor W. Nowinski, une à la division principale d'Austin à l'invitation du biochimiste Chauney D. Leake et de Weiss, et une autre à Houston) ; au Kansa, à Topeka, à l'invitation de Menninger ; à l'université Washington de Saint-Louis, en Louisiane ; à l'école médicale de Denver, au Colorado ; et à Stanford et Berkeley, en Californie, à l'invitation de Brunswik et de Reichenbach.

³ Kety S.S. (1982), p. 179.

⁴ Hammond D. (2003), pp. 147-148 ; Kety S.S. (1982), pp. 180-182. Ses recherches furent au cours de ces deux années consacrées à l'étude de la dépendance de la conduction nerveuse à des processus biochimiques, surtout à celle de la production de chaleur induite par la stimulation d'un nerf – un phénomène que Hill avait déjà démontré. La découverte originale de Gerard fut que seule une faible fraction (11%) de la quantité de chaleur attribuable à une période de stimulation se dégage au cours de celle-ci, le reste l'étant après cette période.

Entre 1928 et 1939, il se consacra pour l'essentiel à la neurophysiologie, où il put jouir d'une grande renommée, même en Europe – continent où il voyagea d'ailleurs beaucoup au milieu des années 1930. Très influencé par les travaux de Sherrington sur le fonctionnement intégré du système nerveux, il fixait comme tâche à sa discipline la compréhension des mécanismes physiques et chimiques permettant la transmission de messages et l'explication des processus par lesquels les données sensorielles sont intégrées de manière centralisée et se traduisent dans la conscience et le comportement : son intérêt se focalisait sur le traitement et la transmission d'information dans le système nerveux, mais aussi sur ses manifestations psychiatriques¹. Parallèlement à ses travaux neurophysiologiques, Gerard fut exposé à l'influence de représentants majeurs d'une biologie holistique : ses collègues Cannon et Henderson, d'Harvard ; mais aussi, à Chicago, Child, R. Lillie et Weiss (qui obtint un poste de professeur à Chicago en 1934), avec lesquels il travailla. Il développa un intérêt tout aussi vif pour la tradition holistique entretenue par ses collègues écologistes Alfred E. Emerson et Warder C. Allee. Gerard, qui avait également été très marqué dans sa jeunesse par la sociologie organiciste de Spencer, vit en effet se dégager de tous ces travaux une problématique générale à laquelle il était lui aussi confronté dans son domaine particulier : celle de la nature des processus d'intégration et des mécanismes de régulation qui, aussi bien dans les organismes vivants que dans les communautés écologiques et les sociétés humaines, rendent possible la coordination d'éléments différenciés, fonctionnellement spécialisés et éventuellement en conflit au service de la préservation, de la stabilité et de la relative autonomisation par rapport à leur environnement des systèmes concernés². Gerard fut d'autant plus incité à réfléchir à cette problématique transdisciplinaire que Cannon, Henderson et Child, dont les conceptions « organismiques » ont été examinées aux 1-4-5-6 et 1-4-5-9, cherchaient alors eux-mêmes à transférer celles-ci de la biologie vers la sociologie. Il est clair aussi que son intérêt précoce pour les questions sociologiques fut renforcé tout au long des années 1930 par la situation historique dramatique dont il était le témoin. Et à partir de 1938 apparurent des textes de Gerard traduisant sa réorientation vers la problématique dont il vient d'être question, en relation étroite avec la question de la fonction sociale de la science.

Même si l'on en sait trop peu sur la rencontre entre Gerard et Bertalanffy en 1937, on peut aussi, compte tenu de la chronologie, songer à une influence de ce dernier et envisager que Gerard ait été présent à son premier exposé sur la « systémologie générale ». En effet, les similitudes entre leurs deux pensées sont ici aussi significatives qu'est certaine l'influence de Henderson sur Gerard. La plus flagrante est le projet que Gerard commença à développer en 1940 : mettre en correspondance la biologie et les sciences sociales en élaborant des schèmes conceptuels systémiques applicables aux deux groupes de disciplines, et favoriser ainsi la communication entre physiologistes, psychologues, psychiatres, écologistes et sociologues. Et ce tout en embrassant un émergentisme, donc en prétendant se garder de tout réductionnisme :

La relation de la partie au tout est réciproque ; l'atomisme d'un côté et le holisme d'un autre ne sont que des parties de la vérité ; un nouveau niveau d'organisation est atteint par une intégration d'unités plus simples et non par leur simple sommation ; différents mécanismes d'interaction opèrent à différents niveaux avec des lois propres, mais des attributs communs se rencontrent aux différents niveaux (intégration, individualité, continuum évolutionnaire, ontogénie, hérédité).

Il s'agissait en fait de promouvoir un concept d'isomorphisme limité au sens faible (non logico-mathématique) d'une correspondance entre concepts ou entre structures conceptuelles manifestant l'existence sous-jacente de schèmes généraux :

Par exemple, l'évolution sociale et l'évolution biologique sont toutes deux sujettes aux jugements applicables à l'« évolution » ; mais cela ne signifie pas que les deux sous-classes soient identiques. De même, reconnaître que la croissance d'un individu, la croissance d'une population, la duplication d'un gène et même, probablement, l'apprentissage sont tous subsumés sous le concept d'auto-catalyse, n'implique pas que le même mécanisme détaillé soit chaque fois impliqué³.

¹ Son épouse Margaret Wilson, une psychiatre réputée, exerça certainement une influence en ce sens. Voir Hammond D. (2003), pp. 146-148 et Kety S.S. (1982), p. 180.

² Hammond D. (2003), p. 19, p. 34, p. 80 et pp. 145-150.

³ Gerard R.W. & Emerson A. (1945), p. 583. Le jugement concernant l'auto-catalyse est intéressant : nous avons vu que l'adjectif « auto-catacinétique » était préféré par certains tels que Lotka à l'adjectif « auto-catalytique » (chimiquement connoté), justement pour ne pas laisser entendre que les mêmes mécanismes sont impliqués dans les phénomènes justiciables de l'équation « logistique ».

Et l'on peut voir à ce sujet une forte similitude entre la controverse qui opposa Gerard au cytologiste Alex B. Novikoff, qui jugeait de telles correspondances « purement formelles et donc dépourvues de signification », avec celle qui opposa Bertalanffy à Jonas. Une différence notable étant le sens différent conféré aux termes « analogie » et « homologie », qui n'étaient pas ici entendus du point de vue de la morphologie idéaliste comme chez Bertalanffy :

Des systèmes peuvent évoluer de manière similaire sous des pressions similaires [...] *Des similitudes purement formelles sont souvent très significatives*. C'est par exemple justement sur cette base que l'effet des nodules de myéline en tant qu'accélérateurs de la conduction nerveuse fut prédit par Lillie à partir du comportement d'un fil de fer dans un tube de verre plongé dans l'acide nitrique [...] *Si deux systèmes ont à la fois des similitudes et des différences, ce n'est pas un argument contre les similitudes que de pointer les différences* [...] De vraies homologies (similitudes génétiques) ne doivent pas être attendues entre deux niveaux différents tels que les organelles intracellulaires et les organes multicellulaires, ou un organe du corps et une institution sociale. Mais *des analogies (similitudes fonctionnelles sans identité génétique) peuvent bien exister et ne sont donc pas seulement des ressemblances contingentes ou des métaphores euphoniques*¹.

3-2-2-2 – « Orgs » et « animorgs »

C'est dans cette perspective et en se référant au cœur de la doctrine du « mécanisme organique » de Whitehead que Gerard introduisit en 1940 le concept d'« org ». Il s'agissait essentiellement de désigner avec lui une entité holistique, avec une caractérisation qui rejoignait celle que Bertalanffy faisait d'un « système en général » :

L'essence d'un *org* est que les unités agissent en lui différemment des unités solitaires en vertu de leur incorporation au système².

Un *org*, i.e. *un système en certain de ses sens*, est un groupe d'unités interreliées et interagissant qui constitue un tout assez identifiable pour être distingué de son environnement [...] Une molécule, un cristal, un système solaire, une bactérie, un homme ou une ville sont des exemples d'*orgs*³.

La seconde citation et le terme même sont toutefois l'indice que Gerard pensait plus spécifiquement l'*org* en un sens similaire au concept bertalanffien de « système organisé », c'est-à-dire comme une généralisation du concept d'organisme, une extension de la signification de ce dernier définie sur la base de certains attributs systémiques que les êtres vivants partagent avec d'autres systèmes. Ce qui impliquait de fournir aussi un critère permettant de distinguer les classes d'*orgs*, en particulier les êtres vivants (« *animorgs* »). Ce critère (reconsidéré plus loin) rejoignait celui de Bertalanffy :

Une unité systémique [*unit system*] composée d'unités plus petites [*lesser units*] se trouvant dans un certain degré d'interrelations, par opposition à un simple assemblage d'unités non reliées, est un *organisme au sens large*. Afin d'éviter la confusion avec les organismes animés, j'ai appelé un tel système un *org*, et la sous-classe des systèmes vivants des *animorgs*. Les *orgs* diffèrent en degré d'intégration et niveaux d'organisation⁴.

Le « degré d'intégration » serait « déterminé par les relations entre les pénultièmes unités et le tout »⁵ : il s'identifierait au degré d'interdépendance entre les premières et à « l'accroissement de la détermination des parties par le tout relativement à la détermination du tout par les parties »⁶. Parce qu'il est l'indice d'une tendance à brouiller la distinction entre *org* et *animorg* qui entretint les confusions au lieu de les éviter, un fait doit toutefois être relevé : sans mentionner Fechner, Gerard développa une conception de l'*org* qui, bien que ne versant pas dans les excès animistes du psychophysicien allemand, n'en épousait pas moins sa doctrine « synécologique » ; Gerard rejoignait

¹ *op. cit.*, p. 584. Les italiques me sont propres. Voir aussi Gerard R.W. (1940), p. 404 sur son choix des termes « analogie » et « homologie » : celle-ci était comprise au sens génétique comme une similitude en vertu d'une origine commune en dépit de divergences fonctionnelles, et opposée à l'analogie en tant que similitude de caractères fondée sur des contraintes fonctionnelles, sans origine commune.

² Gerard R.W. (1940), p. 342.

³ Gerard R.W. (1950, 1956), p. 155. Les italiques me sont propres.

⁴ Gerard R.W. (1942), p. 310. Les italiques me sont propres. Voir aussi Gerard R.W. (1940), p. 340, où le qualificatif « semi-indépendante » est appliqué à l'expression « unité systémique ».

⁵ Gerard R.W. (1942), pp. 310-311.

⁶ Gerard R.W. (1940), p. 342.

d'ailleurs en bonne logique la doctrine du parallélisme psychophysique. Selon lui, une réalité mentale et une conscience pourraient être attribuées à *tout org*, en raison exacte de son « degré d'intégration » :

Tout *org* ou système présente des aspects physiques et mentaux. Il y a la même sorte de *continuum* (en espèce, voire en degré) de conscience que celui de corps existant entre le système inanimé le plus simple et l'organisme vivant le plus complexe. Ce qui est privé pour l'*org*, vu de l'aspect interne, est reconnu comme subjectif et mental, tandis que de l'extérieur, l'*org* est vu comme objectif et matériel. Chaque *org* est une unité dans un *org* plus inclusif ou est composé d'*orgs* subordonnés ou, le plus souvent, est dans les deux situations à la fois, de sorte que le subjectif et l'objectif interagissent de niveau en niveau. Dans la mesure où un *org* donné est pauvrement intégré et faiblement mis à part des autres systèmes ou du reste de l'univers, la distinction entre approches internes et externes perd sa signification et la conscience subjective tend à s'évanouir. Matériel et mental sont des termes relativistes impliquant la relation entre l'observateur et l'observé [...] S'ils ne sont que différents aspects de la même entité, il est inutile de se demander si des événements matériels causent les événements mentaux, ou si le psychique peut agir sur le physique¹.

La caractérisation des *animorgs* en tant que sous-classe propre des *orgs* joua malgré tout un rôle essentiel dans les thèses organicistes que Gerard cherchait à avancer. Il dégagait d'abord deux attributs dont *tous* les *orgs* seraient pourvus à des degrés divers, mais qui se manifesteraient surtout chez les *animorgs*. Le premier était la « tendance à évoluer en direction d'une intégration croissante à un niveau donné et à superposer des niveaux supplémentaires de complexité » sur ceux déjà existants² ; une tendance dialectique dont l'universalité tiendrait à sa « valeur de survie », marquée par la combinaison d'une différenciation et d'une spécialisation progressives des parties d'une part, et d'une interdépendance croissantes de ces parties d'autre part. Si Gerard, qui n'y voyait aucune téléologie mystique, devait surtout cette conception de l'évolution à Spencer et Whitehead, elle rejoignait bien, à la nuance près de son universalité, celle que Bertalanffy et Woltereck avaient avancée avec leur concept d'« anamorphose ». Remarquons aussi qu'il s'agissait ici pour lui de dégager la coopération comme une valeur cardinale et « objective » :

Le fait de l'évolution s'applique à tout l'univers connu – inanimé, vivant, pensant – et sa tendance générale est constamment vers une plus grande différenciation par spécialisation des unités combinée à une plus grande intégration (interaction ou coopération) des unités dans le tout³.

Dans l'évolution de la matière ou des systèmes célestes ou des organismes vivants, il y a une tendance manifeste des *orgs* à évoluer de formes simples et peu intégrées vers des formes plus complexes et hautement intégrées. Elle s'accompagne d'une différenciation structurale et fonctionnelle croissante allant de pair avec une réintégration plus puissante et compliquée de ces unités différenciées et interdépendantes dans un unique tout [...] Et il faut noter que chaque fois qu'un *org* plus intégré est apparu au cours de l'évolution, il a été retenu et a tendu à se substituer à ses cousins plus primitifs. Un tout plus intégré avec des parties différenciées et coopérant a une valeur de survie positive. Les *orgs* les plus intégrés ont plus de succès lorsqu'ils sont testés par la sélection [...] Au test le plus primitif – celui de la valeur de survie – la coopération est un bien⁴.

En conjonction avec le précédent, Gerard investissait les *orgs* d'un second attribut général : l'existence de « mécanismes intégrateurs ». Il distinguait quatre types de tels mécanismes⁵ : (1) la « corrélation mécanique », qui consiste en l'action d'une force sur la matière ; (2) la « corrélation de transport », selon Gerard beaucoup plus importante que la précédente, et qui réfère à un transport de substance d'une région à une autre de l'*org* afin d'exercer son influence ; (3) la « corrélation de transmission », elle aussi très importante, où un état d'activation ou d'excitation est transmis d'une région à une autre de l'*org* ; (4) et le « gradient », principe de subordination hiérarchique qui dépend du transport et de la transmission mais qui constitue en lui-même un type quasiment indépendant de mécanisme.

Pourvus comme tout *org* des précédents attributs, les *animorgs* se caractérisaient selon Gerard en premier lieu par l'opération des quatre mécanismes intégrateurs précédemment définis, ce qui n'était déjà pas le cas de la plupart des autres *orgs*. Ils se caractériseraient aussi en tant

¹ Gerard R.W. (1947), p. 501.

² Gerard R.W. (1942), p. 311.

³ *op. cit.*, p. 585. Voir pp. 583-584 sur la récusation de toute téléologie mystique.

⁴ Gerard R.W. (1950, 1956), p. 156. Voir aussi (1940), p. 349.

⁵ Gerard R.W. (1940), pp. 342-348 et (1950, 1956), p. 156.

qu'emboîtement hiérarchique d'*orgs*. Gerard retint encore « trois attributs majeurs », des « propriétés dynamiques » rejoignant parfaitement les conceptions « organismiques » de Bertalanffy¹ : (1) l'*animorg* est un système en « équilibre dynamique ouvert », c'est-à-dire en métabolisme : il est dans un état de « flux continu de substances et d'énergies nécessaire afin de préserver ou de renouveler perpétuellement son architecture hautement improbable » compte tenu du fait qu'il doit « faire face aux forces de désintégration et à la seconde loi de la thermodynamique » ; (2) l'*animorg* réalise une « synthèse spécifique » : il est en mesure de construire des substances et des structures qui lui sont propres, et de la sorte de croître, de se reproduire et de se régénérer ; (3) l'*animorg* manifeste une « amplification adaptative » : il répond à des perturbations induites par des variations de son environnement en libérant incomparablement plus d'énergie que celle contenue dans ces stimuli, dont l'action est en ce sens « catalytique »² ; cette « libération d'énergie amplifiée » étant dirigée d'une telle manière qu'elle permet à l'*animorg* de rétablir un équilibre et de s'adapter à son environnement.

3-2-2-3 – Le concept d'« épiorganisme », fondement d'une sociologie biologiciste

Si Gerard ne chercha nullement à cacher que son concept d'*animorg* était construit à partir d'une réflexion sur les aspects structuraux, fonctionnels et évolutionnaires des êtres vivants individuels, il fut tout aussi clair sur le fait qu'il ne limitait pas à ces derniers l'étendue de ce concept. Son véritable objectif fut annoncé en ces termes en 1940 :

L'extension des attributs que nous trouvons pour les organismes vivants aux sociétés de tels organismes – que j'appelle épiorganismes – est, au contraire, un thème central de cet essai³.

Il prit d'emblée ses distances avec les analogies tirées par le passé entre les organismes vivants et leurs associations (particulièrement les sociétés humaines), qualifiées d'« épiorganismes ». Mais face à ceux qui, comme Novikoff, lui reprochaient d'être aveugle au mélange entre le biologique et le sociologique, il estimait que négliger leurs similitudes est « tout aussi dangereux »⁴. Et comme chez Bertalanffy, l'intention affichée était d'aller par-delà les analogies jugées vaines afin de dégager des principes théoriques dignes de ce nom :

Les comparaisons entre sociétés et organismes sont assez communes et beaucoup de termes et de phrases familiers impliquent leur similitude. Mais ce ne sont que trop souvent des comparaisons et des métaphores fondées sur des ressemblances hautement superficielles ou exagérées plutôt que sur de véritables analogies ou homologies [...] Car les ressemblances doivent être fondées sur certains principes communs d'organisation et d'opération [...] Et même en supposant valides les comparaisons entre organisme et épiorganisme, la question se pose de leur valeur explicative et prédictive dans la compréhension des sociétés humaines⁵.

Contrairement à Bertalanffy, Gerard n'entendait toutefois pas se satisfaire d'analogies formelles ; il voulait prouver et étudier de ce qu'il appelait une « homologie hiérarchique », fondée sur les relations « réelles » entre les *animorgs* constitutifs d'un « épiorganisme » :

Je ne peux pas admettre que l'organisme vivant soit seulement un modèle de l'épiorganisme, pas plus que la cellule n'en est un pour l'organisme vivant. Si une société est un *org*, ce qui peut difficilement être nié, alors elle est reliée aux organismes dont elle est composée, et à leur tour à leurs cellules [...] Puisqu'on a surtout insisté sur les différences entre *orgs* de différents ordres, sur la supposée émergence de nouvelles qualités, je ne trouve pas de mot pour exprimer cette relation de similitude. C'est un type d'homologie, peut-être « homologie hiérarchique » convient-il. Leur ressemblance, si elle est correctement vue, doit alors avoir une signification profonde ; et la transposition ou l'extrapolation de connaissance de l'un à l'autre peut mener à des inférences valides qui sont considérablement plus que des images astucieuses⁶.

¹ Gerard R.W. (1940), pp. 340-341 ; (1942), p. 311 ; (1950, 1956), p. 158.

² Gerard ne cita pas James, mais il reprit son expression « trigger action » : Gerard R.W. (1940), p. 341.

³ Gerard R.W. (1940), p. 340.

⁴ Gerard R.W. & Emerson A.E. (1945), p. 585.

⁵ Gerard R.W. (1940), p. 403.

⁶ *op. cit.*, pp. 403-404.

La thèse centrale de Gerard était l'appartenance des « épiorganismes » à la classe des *animorgs*. En tant qu'*animorgs*, les « épiorganismes » ne diffèrent qu'en degré (d'intégration) des organismes vivants :

Les épiorganismes sont des *animorgs* par tous les critères généraux que j'ai énumérés et ils obéissent aux lois générales auxquelles nous avons vu les *animorgs* soumis¹.

De tels groupes d'organismes vivants forment une véritable unité, quoique souvent pauvrement intégrée, et ce sont des *animorgs* par tous les critères que j'ai définis².

Gerard n'hésita pas à les décrire comme « vivants », ce qui était assez cohérent puisqu'il leur attribuait une « conscience ». Ses textes sur le sujet furent largement consacrés à la démonstration de la possibilité d'interpréter les « épiorganismes » comme des *animorgs* :

L'épiorganisme est bien sûr vivant ; c'est un *animorg*, et il manifeste les caractéristiques majeures d'autres organismes. L'équilibre dynamique est évident [...] La synthèse spécifique d'unités vivantes et d'unités non-vivantes l'est aussi [...], et] l'est aussi bien l'amplification adaptative³.

Et Gerard de multiplier les exemples d'analogies structurales et fonctionnelles illustrant ces « évidences », dans une lignée très spencerienne. Il en va ainsi de l'analogie classique :

Il est évident que la société répond comme un unique *org* bien que l'action finale soit accomplie par des individus (comme les cellules musculaires dans un organisme), car ces actions sont presque toutes dépourvues de signification hormis en relation avec l'organisation totale [...] Les personnes individuelles sont les « cellules » de l'épiorganisme et les classes de tels individus accomplissant certaines fonctions, les groupes de vocation, en sont les tissus⁴.

Typique est aussi l'exemple du « comportement coordonné d'une nation en réponse à des désastres internes ou externes » : ce serait un « exemple clair d'amplification adaptative »⁵. Gerard s'attacha aussi bien à montrer que les quatre « mécanismes d'intégration » sont manifestes dans les « épiorganismes ». Ainsi quant à la « corrélation de transmission » :

La coordination transmissive dans l'épiorganisme, la communication, dépend de la diffusion d'idées ou symboles qui sont hiérarchiquement homologues aux impulsions nerveuses. Dans des formes pauvrement intégrées, la vitesse et la distance de la diffusion sont faibles, le plus souvent par conversation à portée de voix ou l'appel d'une personne à une certaine distance. Les épiorganes améliorés ont accru le taux et l'étendue par le téléphone, le télégraphe et la radio et, en conséquence, la force de l'intégration de l'*org*⁶.

Le « mécanisme d'intégration » le plus important serait toutefois le « gradient » :

La relation de domination et de subordination, le contrôle ascendant en tant qu'agent puissant renforçant l'unité de l'*org* et la détermination de la différenciation des unités pour des fonctions particulières de l'*org* par cet agent, sont étroitement homologues dans l'organisme vivant et l'épiorganisme [...] Des gradients élaborés sont sous-jacents à beaucoup d'épiorganes et parties, et sont en fait la base normale de l'intégration de la plupart des institutions sociales [...] L'aspect le plus important des gradients organiques est leur capacité à déterminer la morphogenèse, à diriger le développement de cellules initialement totipotentes dans une voie ou une autre de différenciation et de spécialisation, et la même chose est vraie pour les gradients épiorganiques⁷.

Gerard n'hésita pas à parler d'« ontogenèse épiorganique », s'aventurant même à pousser l'analogie jusqu'à transposer aux « épiorganismes » la très contestée doctrine de Haeckel :

¹ Gerard R.W. (1950, 1956), p. 158.

² Gerard R.W. (1942), p. 311.

³ Gerard R.W. (1940), p. 405.

⁴ *op. cit.*, p. 406.

⁵ *op. cit.*, pp. 405-406.

⁶ *op. cit.*, p. 407. Voir aussi (1942), p. 311 : « La transmission est appelée communication dans la société et est largement médiatisée par le symbole vu ou entendu, lequel est l'analogue de l'impulsion protoplasmique ou nerveuse propagée [...] Dans l'épiorganisme en évolution comme dans l'organisme, la vitesse et la distance de la transmission effective augmentent constamment, et les unités en particulier responsables de la communication se centralisent ».

⁷ Gerard R.W. (1940), pp. 408-409.

L'épiorganisme a véritablement évolué et manifeste à chaque moment des vestiges de son passé phylogénétique [...] Tout épiorganisme a aussi une ontogenèse qui récapitule grossièrement la phylogenèse de cette espèce d'épiorganisme¹.

L'aspect de l'« homologation » entre « épiorganismes » et organismes vivants sur lequel Gerard insista le plus concerne justement leurs évolutions respectives – c'est-à-dire leurs processus d'intégration. Il était loin d'être isolé à ce sujet, puisqu'un colloque organisé en 1941 à Chicago fut entièrement consacré aux processus parallèles d'intégration en biologie, en écologie et en sociologie². L'existence de différences fondamentales ne devrait pas rendre aveugle à l'existence de ces principes intégrateurs communs :

L'évolution biologique est, du fait de sa base génétique, très différente de l'évolution sociale fondée sur la transmission de symboles ; mais des similitudes fondamentales peuvent permettre certaines prédictions générales. La sélection naturelle de systèmes intégrés complets a par exemple mené à un accroissement dans la spécialisation et l'intégration (coopération) des unités composant les individus et les supra-individus, et ce aux deux niveaux biologique et sociétal [...] Que les mécanismes particuliers de l'évolution soient semblables ou différents aux niveaux cellulaire, organismique ou sociétal, des qualités comparables émergent de manière répétée³.

Comme ses collègues écologues, Gerard cherchait en fait à contester la focalisation darwiniste sur la compétition et le conflit entre parties des « épiorganismes ». Tout en ne niant pas leur bénéfice à un certain degré pour le tout, il s'agissait de souligner l'importance de la coopération dans l'évolution et d'avancer l'idée qu'une sorte de « sélection de groupe » tend au contraire à minimiser les conflits dans l'intérêt de la préservation du tout. La conception « intégrative » de l'évolution était en fait mise ici au service d'une éthique collectiviste :

Un accroissement relatif de l'altruisme par rapport à l'égoïsme advient nécessairement au cours de l'évolution biologique ou sociale. C'est effectivement ce que l'on observe à tous les niveaux du monde vivant, car au cours de l'évolution la coopération entre unités différentes prend progressivement de l'importance par rapport à leur compétition. Les deux éléments sont toujours présents [...], mais un pas vers la différenciation d'unités et leur réintégration coopérative dans un tout a toujours été retenu – probablement en raison de sa valeur de survie [...] L'altruisme au niveau social est une manifestation des mêmes actions coopératives qui sont toujours présentes entre les unités d'un *org* et sont renforcées par l'évolution à chaque niveau biologique⁴.

Mais Gerard ne s'arrêtait pas au niveau axiologique ; il ne s'agissait pas seulement de fonder scientifiquement les valeurs de coopération et de soumission de l'individu à l'intérêt général : les principes généraux d'organisation qu'il discutait avaient une vocation prédictive. D'où ses spéculations futurologiques, qui laissent clairement voir qu'en se focalisant systématiquement sur les « isomorphismes » sans véritable égard pour le principe d'émergence, Gerard développait incontestablement une approche biologiste de la sociologie dont le terme fut, je vais le montrer, l'apologie d'un certain totalitarisme :

La société est une forme d'épiorganisme, et l'évolution sociale ne peut violer les lois générales de l'évolution biologique⁵.

À moins que les indications cohérentes d'une grande quantité de connaissances biologiques soient erronées, l'épiorganisme social évoluera vers une intégration croissante [...] Les unités y deviendront plus spécialisées et interdépendantes, les épiorganes présents progresseront fonctionnellement et de nouveaux apparaîtront. L'individu sera de plus en plus une partie de l'État total, bien que la question « le citoyen existe-t-il pour l'État ou l'État pour le citoyen ? » reste dépourvue de signification puisque l'influence réciproque est l'essence d'un *org*⁶.

C'est toutefois en discutant avant tout les problèmes de son époque que Gerard chercha à mettre en évidence l'intérêt de ses considérations. Son diagnostic se résume à celui d'un défaut des

¹ *op. cit.*, pp. 404-405.

² Voir Redfield R. (1942, 1968) et Hammond D. (2003), p. 150.

³ Gerard R.W. & Emerson A.E. (1945), pp. 584-585.

⁴ Gerard R.W. (1942), p. 310 et p. 312. Voir aussi (1949, 1956), p. 162.

⁵ Gerard R.W. (1949, 1956), p. 162.

⁶ Gerard R.W. (1940), pp. 533-534.

« mécanismes intégrateurs » de l'« épiorganisme » social, qui se trouveraient en déphasage tant avec ses éléments spécialisés qu'avec les pouvoirs conférés par la science :

Notre société ressemble à un homme dont le corps est bien développé et l'esprit sous-développé, c'est-à-dire à un puissant imbécile [... C'est] dans la pauvre intégration relative de l'*org* par rapport à la haute différenciation de ces unités que s'enracinent les grandes crises de notre société¹.

De sérieux problèmes surgissent de l'existence d'unités hautement intégrées dans un *org* resté très pauvrement intégré. La quantité de puissance physique manipulée par la société et la différenciation de ses unités membres en des spécialistes hautement développés de tous genres se sont accrues plus vite que ne l'ont fait les mécanismes coordonnateurs qui doivent effectivement réintégrer ces unités dans le tout [...] En tant qu'*org*, l'homme est égoïste, individualiste et souvent dominé par le vieux cerveau et ses attributs émotionnels. En tant qu'unité de l'épiorganisme, l'homme est altruiste, coopérateur, et il dépend du fonctionnement du nouveau cerveau et de ses attributs intellectuels. Mais la subordination du vieux par le nouveau n'est pas encore suffisante. La nature humaine évolue, mais le fait moins rapidement que l'épiorganisme dans lequel elle s'exprime. L'altruisme n'est pas encore généralisé à tout le groupe, à tout l'épiorganisme humain, mais seulement à de larges groupes subordonnés fondés sur la race, la religion ou l'État. Et lorsque les nombres d'unités y adhérant ont crû, les conflits entre ces unités sont devenus plus massifs et dévastateurs².

La philosophie de la science de Gerard fut dès lors développée tout entière dans le cadre de son organicisme et en réponse à ce diagnostic.

3-2-2-4 – Une philosophie organiciste de la science

Un premier aspect de cette philosophie devant être souligné est qu'elle comportait certains motifs du perspectivisme bertalanffien : ceux ayant trait à la thèse de la « relativité biologique des catégories ». Comme dans le « pragmatisme vital », le fondement en était l'assimilation de l'esprit à une fonction apparue en réponse à des contraintes évolutives :

Notre raison et notre sens moral, comme nos chromosomes et nos cerveaux, ont été créés par l'évolution ; ils ont persisté et se sont développés sous l'action de la sélection naturelle, et doivent avoir une réelle valeur de survie pour l'épiorganisme dans lequel seul ils s'expriment. À certains égards, la volition et le choix servent la société comme le fait la sélection génétique pour l'individu³.

La première conséquence en fut que Gerard rejoignit Bertalanffy sur le versant d'une théorie « biogéno-néo-kantienne » de la connaissance, dans la lignée de von Uexküll :

L'esprit humain ne peut agir sur les données sensorielles que selon les termes de sa propre organisation ; toute expérience est filtrée au travers du « réseau *a priori* de l'esprit », selon l'expression d'Eddington [...] Les conséquences de toute action donnée sur le système nerveux dépendent de son organisation générale et de son état particulier. Les « vérités universelles » sont celles qui sont construites dans la machine cérébrale⁴.

Gerard en dérivait le caractère nécessairement situé de toute connaissance et l'universalité du principe d'indétermination de Heisenberg, dont la portée serait d'autant plus significative que l'on parcourt le « réel » vers des niveaux croissants de complexité :

L'homme altère nécessairement les phénomènes lorsqu'il les étudie. C'est universellement vrai [...] Il est aussi vrai que cette influence est d'autant plus grande que les systèmes étudiés deviennent plus complexes et proches de l'homme [...] Il y a un élément de subjectivité dans tout système.

Ce qui n'impliquerait toutefois pas de renoncer à l'existence d'une objectivité scientifique :

Le biais est certainement une faiblesse humaine générale [...] Chaque homme approche un problème avec son orientation particulière limitée [...] Mais c'est justement la force de la science, en tant qu'effort humain cumulé, que toutes les orientations possibles sont finalement considérées et

¹ *op. cit.*, p. 407 et p. 409.

² Gerard R.W. (1942), pp. 312-313. Voir aussi (1950, 1956), p. 160. Koestler A. (1978,1979) développa plus tard des vues similaires.

³ Gerard R.W. (1940), pp. 531-532.

⁴ Gerard R.W. (1947), pp. 504-505.

que l'émotion individuelle est contrée par d'autres émotions individuelles jusqu'à ce que tout affect s'efface devant un corps rationnel d'accord commun¹.

Gerard s'efforça alors de montrer sur ces bases que rien ne s'oppose à l'inscription du domaine des valeurs dans la sphère scientifique. Les valeurs ne seraient jamais que des expressions de « l'esprit » de l'épiorganisme » social. Et dans la mesure d'une part où cet « esprit collectif » est « d'un ordre différent » de celui de l'individu qui l'étudie, et d'autre part où le sociologique advient dans la continuité du biologique dans le processus évolutif en entretenant avec lui une relation d'« homologie hiérarchique », les valeurs n'échapperaient pas plus au statut de « faits » justiciables d'une connaissance objective que les phénomènes biologiques. Mieux, la constitution du domaine des valeurs comme objet de la connaissance scientifique conférerait *ispo facto* à la science une dimension axiologique irréductible, qu'il faudrait assumer et élaborer en direction de valeurs universelles objectivement fondées :

Je ne vois aucune raison pour laquelle les problèmes de valeur seraient extra-scientifiques [...] Les valeurs sont des faits. Les objets de valeur sont des objets d'intérêt, et les intérêts de valeur sont des intérêts pour des objets (que leur existence soit présente, future ou imaginaire), de telle sorte qu'aucune séparation réelle n'existe entre valeurs objectives et subjectives [...] La science fournira certainement des valeurs fondées sur une immense connaissance de l'univers, ample dans l'espace et profonde dans le temps ; des valeurs ayant plus de poids pour tous les hommes que celles imposées par une période particulière et localisées sur certains d'entre eux².

Qu'il ait pu soutenir une telle position tient à l'interprétation « neurophysiologique » de la science et du scientifique dont ses conceptions étaient en fait solidaires :

J'ai pu homologuer le scientifique dans l'épiorganisme aux récepteurs dans le métazoaire. Il est possible d'aller plus loin et de voir les scientifiques de la nature comme les extrocepteurs, qui informent l'organisme sur son environnement, et les scientifiques de la société comme les introcepteurs, qui agissent largement *via* le système nerveux automatique pour réguler et coordonner les parties de l'organisme [...] La science est la masse des perceptions sensorielles partiellement organisées de l'épiorganisme³.

Cette interprétation, point de départ d'un technocratisme scientifique qui constitua un point majeur de divergence avec Bertalanffy, le conduisit en particulier à récuser radicalement toute vision idéaliste quant à l'autonomie de la recherche et des institutions scientifiques :

La science n'existe pas indépendamment de la société, mais sous son contrôle⁴.

C'est la fonction « vitale » même de la science qui investirait les scientifiques de « responsabilités majeures »⁵. Car cette fonction relative aux facultés d'adaptation de l'« épiorganisme » social devrait en principe opérer dans les deux directions antithétiques constitutives de son évolution, c'est-à-dire la différenciation et la spécialisation des individus d'une part, et leur intégration d'autre part. Or, le passé récent avait selon Gerard montré un déséquilibre à cet égard, la science finissant par nourrir la crise des sociétés contemporaines :

On peut voir le scientifique comme l'organe des sens ou un récepteur de l'organisme social qui, comme le récepteur de l'organisme biologique, se développe comme une réponse adaptative aux influences environnementales et qui, une fois développé, accélère l'adaptation dans tout l'organisme – c'est un auto-catalyseur de l'évolution⁶.

La science a accéléré la spécialisation des unités plus vite que le développement de mécanismes pour leur intégration, avec en conséquence des conflits entre *orgs* et des stresses désintégrateurs⁷.

¹ *op. cit.*, pp. 506-507.

² *op. cit.*, pp. 511-512.

³ Gerard R.W. (1940), pp. 530-531.

⁴ *op. cit.*, p. 532.

⁵ *op. cit.*, p. 535.

⁶ Gerard R.W. (1947), p. 497. Voir aussi (1949, 1956), p. 161 : « Les scientifiques sont les auto-catalyseurs de l'évolution sociale, agissant sur la société et y réagissant afin de produire un changement accéléré. La science a créé le milieu présent dans lequel les hommes doivent vivre et interagir, et elle crée de nouveaux points de vue quant à savoir comment les hommes doivent vivre et interagir ».

⁷ Gerard R.W. (1940), p. 530.

D'où une urgence de principe : « que les scientifiques réfléchissent plus que jamais aux conséquences humaines découlant de leurs activités »¹. Et une urgence pratique qui devrait du même coup apparaître : répondre concrètement à la question de savoir « quels apports constructifs les scientifiques peuvent faire pour favoriser l'intégration sociale ».

Gerard énonça dans cette perspective en 1940 les grandes lignes d'un « programme pour les scientifiques ayant une conscience sociale », qui concernait l'organisation de la science et ses relations avec l'« épiorganisme » social². Notons qu'il fut dès les années 1930 activement investi dans les principales institutions et agences gouvernementales susceptibles de jouer un rôle quant à ces questions, telles que la *National Science Foundation*, le *National Institute for Mental Health*, l'*Office for Naval Research*, le *National Research Council*, la *National Academy of Science* et l'*American Academy of Arts and Sciences*³. Concernant la science en tant qu'*org*, Gerard rejoignait en grande partie Bertalanffy, quoique par une voie différente. Pour prétendre assumer efficacement ses fonctions « épiorganiques » intégratives, encore fallait-il selon lui que la science progresse au préalable vers sa propre intégration :

Les scientifiques devraient commencer par mettre de l'ordre dans leur propre maison et éliminer la grande duplication inutile d'efforts et d'établissements, la connaissance et l'expérimentation non coordonnées, ainsi que les publications confuses et excessives. Ceci peut être fait sans sacrifice de la flexibilité ni discipline excessive stérilisante, et les peurs d'une intégration croissante et d'une élimination d'un certain chaos existant dans cet *org* ne sont pas fondées.

La tâche du scientifique consisterait ensuite à « rétablir des relations réciproques plus intimes avec la société dans son ensemble », c'est-à-dire encore à « exercer comme il le devrait le contrôle de gradient dont son rôle de récepteur lui confère la tâche ». Populariser la science, éduquer aux vertus intellectuelles qu'elle enseigne et faire connaître les éléments suffisants pour comprendre ses enjeux, étaient selon Gerard de permanentes nécessités qu'il ne faut pas oublier en se retirant dans un ésotérisme autarcique. Les « scientifiques socialement conscients » devraient toutefois aller beaucoup plus loin encore, en s'attaquant ensemble à des problèmes cruciaux : déterminer des « critères pour la sélection des leaders et d'autres unités fonctionnelles » ; « contrôler la procréation humaine à la fois quant à la nature et au nombre, avec une sélection tant positive que négative » (donc conduire un eugénisme positif *et* un eugénisme négatif) ; « étudier les motivations des hommes, leur origine et leur contrôle *via* l'anthropologie culturelle et la psychiatrie » ; et, plus généralement, « inventer et tester un nouveau mécanisme social en appliquant la méthode scientifique à l'épiorganisme comme elle l'est à l'organisme ». Gerard suggéra aussi que l'« Académie nationale des sciences » se mue en véritable groupe de pression politique capable de bloquer une guerre ou une dictature.

3-2-2-5 – *Un idéal politique technocratique et totalitaire*

Il mit en fait ouvertement sa sociologie organiciste, en particulier sa conception de la fonction sociale de la science, au service d'un idéal politique technocratique et totalitaire : le projet cartésien de domination de la nature devrait être étendu à l'homme lui-même. Gerard ne rejetait certes pas l'idée d'une liberté individuelle, mais la pensait conformément à la maxime de Whitehead selon laquelle « la nature doit être ordonnée pour qu'advienne une liberté effective » ; le contrôle social serait l'opportunité d'une liberté d'ordre supérieur :

Je suis certain que le contrôle social s'accroîtra. Mais je ne pense pas qu'une citoyenneté abjecte *doive* en résulter. La liberté implique la conformité plutôt que la licence. L'*org* doit modifier les actions de ses unités, mais les restrictions sont équilibrées par de nouvelles opportunités. Lorsque progresse l'intégration, certains types de comportement sont interdits, mais d'autres sont créés ou rendus possibles [...] Il est possible pour les hommes de faire partie d'une société hautement intégrée et néanmoins de se sentir plus libres en tant qu'individus.

Gerard, qui pourfendait « l'idéologie excessivement individualiste » régnant aux États-Unis⁴ et persistait à se définir comme un démocrate tout en ne voyant aucune contradiction entre totalitarisme

¹ *op. cit.*, p. 340.

² Gerard R.W. (1940), pp. 532-533.

³ Hammond D. (2003), p. 146.

⁴ Gerard R.W. (1950, 1956), p. 159.

et démocratie, invitait en fait rien moins qu'à une « servitude volontaire » – dans l'organisation de laquelle les scientifiques auraient un rôle majeur à jouer :

[L'idéal serait que] l'unité accomplisse principalement ses actions altruistes non par compulsion externe, mais par compulsion interne, en raison d'une loyauté qui fait partie de lui-même plutôt qu'elle ne lui est imposée par des lois¹.

Aldous Huxley a limpide formulé quelques années plus tard en ces termes la véritable signification politique d'un tel point de vue – dont l'actualité demeure indubitablement intacte :

Dans une ère de technologie avancée, l'inefficacité est le péché contre le Saint-Esprit. Un État totalitaire vraiment « efficient » serait celui dans lequel le tout-puissant comité exécutif des chefs politiques et leur armée de directeurs auraient la haute main sur une population d'esclaves qu'il serait inutile de contraindre, parce qu'ils auraient l'amour de leur servitude².

Discutant en 1940 les « caractéristiques de l'Allemagne nazie », Gerard ne lui vit d'ailleurs guère pour défaut que celui d'« imposer la règle par la force plutôt que par le consentement », donnant ainsi lieu à « un *org* instable ». Lui qui jugeait le totalitarisme comme « une expression du grand mouvement de l'évolution en harmonie avec l'altruisme croissant indiqué par la biologie » décrivait l'Allemagne contemporaine comme « malsaine [*unsound*] en tout *sauf* en son *totalitarisme progressiste* »³. Et s'il prédit dès 1940 l'extinction prochaine du nazisme, ce n'était que pour mieux affirmer l'*inévitabilité* de l'avènement d'un totalitarisme à l'échelle *mondiale*, à l'édification duquel les scientifiques, mués en experts dans le contrôle social élaborant les moyens les plus rationnels pour assigner aux individus leurs fonctions « épiorganiques » les plus adaptées, auraient vocation à apporter une contribution décisive :

Que certaines formes présentes de société demeurent pour être modifiées ou que toutes s'éteignent et soient supplantées par d'autres formes, les épiorganismes progresseront vers une plus grande intégration et une meilleure adaptation. Et dans les deux cas, le scientifique et le philosophe, aux côtés de l'artiste, des explorateurs et des créateurs, devront en assumer la responsabilité majeure. Aux yeux du biologiste, ils doivent être à la tête du gradient quantitatif⁴.

L'humanité en tant que tout deviendra une unité coopérative intégrée ; et le futur ultime de la société humaine [...] apparaît aux yeux du biologiste, qui le contemple dans la perspective longue de l'évolution organique, comme aussi large que l'espoir⁵.

Si l'homme veut utiliser avec succès les nouvelles ressources à sa disposition et élever sa civilisation plutôt que la détruire, il doit appliquer l'attitude et la méthode scientifiques aux affaires humaines à un degré jamais atteint [...] Les scientifiques, les professionnels et les professeurs, les faiseurs des esprits des hommes, ont une obligation particulière pour susciter cette attitude dans les affaires sociales. Ils doivent faire pression, avec leurs collègues dans d'autres champs de la connaissance, en faveur de tout soutien possible et encouragement à la création de nouvelles inventions sociales, de nouveaux et plus efficaces mécanismes de coordination de l'épiorganisme⁶.

On comprend dès lors que Novikoff ait pu, en 1945, accuser Gerard de « vues téléologiques et fatalistes confortant vraisemblablement les fascistes » : cette accusation, rejetée par l'intéressé sans pour autant qu'il fasse autre chose que réitérer les arguments lui ayant justement valu un tel jugement⁷, était pour le moins justifiée. Car même si le totalitarisme assorti de technocratie scientifique dont il faisait l'apologie n'était pas nationaliste, Gerard était loin d'être en reste vis-à-vis de ses collègues biologistes qui, dans l'Allemagne des années 1920 et 1930, étaient parvenus à mettre leur science et leur pensée holistique au service idéologique du national-socialisme, tout en espérant eux-aussi y gagner en prestige et en pouvoir. D'autant plus qu'il ne pouvait pas pour sa part invoquer la moindre contrainte politique en ce sens...

¹ Gerard R.W. (1940), pp. 411-412. Voir aussi (1949, 1956), p. 161.

² Huxley A. (1946), in Huxley A. (1932, 1977), p. 16 (seconde préface au *Meilleur des mondes*).

³ Gerard R.W. (1940), pp. 534-535. Les italiques me sont propres.

⁴ *op. cit.*, p. 535.

⁵ Gerard R.W. (1940), p. 313.

⁶ Gerard R.W. (1950, 1956), p. 160.

⁷ Gerard R.W. & Emerson A.E. (1945), p. 583.

3-2-3 – *Anatol Rapoport : entre réflexion sur la place des mathématiques dans la compréhension systémique et philosophie opérationnaliste de la science*

Que la trajectoire de Rapoport ait rencontré celle de Gerard au point de déboucher sur des travaux et des entreprises communs n'avait rien de naturel : nombreuses étaient les thèses de Gerard à propos desquelles il émit de sérieuses réserves, voire un profond désaccord. Sa convergence avec Bertalanffy fut par contre infiniment moins étonnante. Examinons donc ici le parcours de Rapoport jusqu'en 1953, afin d'en cerner les raisons.

3-2-3-1 – *De la musique aux mathématiques*

Né dans le sud de la Russie en 1911 dans une famille d'origine juive, il émigra aux États-Unis en 1922 après avoir vécu le chaos de la guerre civile consécutive à la révolution bolchévique. Les Rapoport s'installèrent à Chicago et Anatol put enfin fréquenter des écoles, son instruction ayant jusqu'alors été réalisée par ses parents. Il poursuivit en parallèle son apprentissage du piano, instrument dont il avait appris à jouer dès six ans et qu'il maîtrisa vite de manière exceptionnelle. Après avoir remporté plusieurs prix à Chicago, il partit pour Vienne en 1929, où il étudia cinq ans à l'académie nationale de musique. Il en sortit diplômé non seulement en piano, mais aussi en composition et en direction d'orchestre. Il fut aussi amené à jouer dans plusieurs pays d'Europe. L'ironie est qu'il semble que Rapoport n'ait jamais rencontré Bertalanffy au cours de cette période. Plus généralement, l'impact de ce séjour sur ses idées ultérieures reste un mystère, même si son attirance ultérieure pour bon nombre de thèmes positivistes peut laisser penser qu'il ne fut pas ignorant des débats scientifico-philosophiques animés qui avaient cours à Vienne pendant son séjour.

Rapoport rentra en Amérique en 1934, où il continua sa carrière de pianiste pendant trois ans encore (aux États-Unis et au Mexique). Mais il développa en parallèle un vif intérêt pour les mathématiques et, après des hésitations, décida de renoncer à sa profession afin de se consacrer pleinement à sa nouvelle passion : il s'inscrivit en mathématiques à l'université de Chicago en 1937. Il avait alors 26 ans, mais ne tarda pas à combler son retard et fut dès 1938 licencié en sciences. Il fit cette même année la connaissance de Gerard, ayant eu à suivre l'une de ses conférences – une introduction aux sciences biologiques – dans le cadre de son cursus. Rapoport affirma plus tard que c'est ce contact avec Gerard qui le rendit conscient de la possibilité d'investir les mathématiques dans l'étude des problèmes biologiques. Il poursuivit des études doctorales en mathématiques pures sous la direction d'Otto Schilling et Abraham A. Albert ; sa thèse (sur la « construction de corps non-abéliens ») fut soutenue fin 1941. Mais l'intérêt qu'avait suscité son contact avec Gerard l'amena à suivre aussi en parallèle des cours de Rashevsky pendant sa dernière année de thèse.

Tout au long de ces années d'études, Rapoport était membre du parti communiste et voyait la science comme une activité révolutionnaire ; son père, contraint à regret d'exercer le métier de commerçant, lui avait légué un solide mépris de l'idée que l'argent puisse être la seule mesure de la valeur. Dès sa thèse achevée, Rapoport mit entre parenthèses des convictions pacifistes déjà bien ancrées en conséquence de sa jeunesse pour contribuer à l'effort de guerre ; ce qu'il fit en Alabama d'abord, puis en Alaska et en Inde¹. Il ne revint à Chicago que début 1946, enseignant dans un premier temps les mathématiques à l'institut de technologie de l'Illinois avant de trouver un poste à l'université en 1947.

Rapoport, qui assista alors de nouveau à des cours de Gerard, se focalisa sur ce qui allait devenir l'objet de la plupart de ses travaux ultérieurs : la problématique de la modélisation mathématique en sciences biologiques et sociales. C'est au sein du « Comité sur la biophysique mathématique » de Rashevsky qu'il travailla pour l'essentiel dès 1947, le physico-mathématicien ayant justement à l'époque en vue d'étendre ses approches biomathématiques aux problèmes sociologiques². Une partie des premiers travaux de Rapoport, qui firent l'objet de ses premières publications en 1947, étaient dans la continuité des biologies mathématiques de Lotka et de Volterra que j'ai étudiées aux 2-4-4 et 2-4-5, de sorte qu'on peut observer une filiation commune avec Bertalanffy : ces travaux portaient sur les modèles mathématiques de parasitisme et de symbiose. On

¹ Hammond D. (2003), pp. 154-156.

² Ce qui se marque en fait dès Rashevsky N. (1935), avec une « esquisse de théorie mathématique des relations humaines ».

peut déjà relever qu'ils s'attachaient donc à l'étude de la dynamique du conflit et de la coopération et qu'ils avaient en tant que tels des affinités avec les problématiques développées par Gerard.

Les autres travaux contemporains de Rapoport furent liés aux premiers développements de la cybernétique et de la théorie de l'information qui avaient alors cours et que je considérerai au prochain chapitre. Ils s'inscrivaient en effet à la suite du modèle logico-mathématique des réseaux de neurones publié en 1943 par McCullough et Pitts (décrit au 3-3-2-4), lequel fut lui-même construit dans le prolongement des premiers modèles mathématiques de l'excitation et de la conduction nerveuses que nous avons vus au 2-4-3-2 élaborés à la fin des années 1930 par Rashevsky¹. Rapoport fut frappé par la possibilité d'une théorisation mathématique (en partie de nature probabiliste) des propriétés structurales du système neuronal qui se trouvait être relativement autonome par rapport à la théorie physico-chimique de l'excitation nerveuse, de la propagation des influx et de la transmission synaptique (formulée quant à elle en termes d'échanges de matière et d'énergie) : cette autonomie lui suggéra la possibilité de modélisations au moyen de « réseaux probabilistes » d'autres phénomènes pouvant aussi bien appartenir au domaine de la biologie (tels que la propagation d'une épidémie) que quitter le terrain biologique pour rejoindre ceux de la psychologie et de la sociologie (tels que l'apprentissage ou la propagation d'une rumeur)². C'est ce qui amena Rapoport à s'intéresser aussi aux travaux entrepris au sein du « Comité sur l'étude du comportement humain » de Grinker, auquel il s'intégra en 1949 tout en persistant à travailler aux côtés de Rashevsky³.

3-2-3-2 – Un retour à l'esprit « systémologique » de Lotka

Ce sont ses premiers travaux tendant à dissocier les problèmes de « forme » et de « contenu » qui, manifestement en conjonction avec l'influence de la philosophie de la mathématisation de Rashevsky, amenèrent Rapoport à s'intéresser dès 1952 au rôle méthodologique de l'analyse de systèmes abstraits de relations en vue de structurer *a priori* la modélisation mathématique de phénomènes déterminés. Il publia cette année-là dans le *Journal of mathematical biophysics* un article selon moi très important dans l'histoire du projet de « systémologie générale »⁴. Même s'il n'y mentionna pas du tout Bertalanffy, nous verrons dans la prochaine section que Rapoport avait probablement dès cette époque connaissance de son projet. Il le rejoignit quoiqu'il en soit parfaitement, en le complétant, au moyen de considérations générales sur certains systèmes différentiels où se manifeste l'influence de Lotka, bien que celui-ci ne soit lui non plus jamais cité.

Rapoport discuta en effet dans cet article les propriétés des systèmes différentiels linéaires non homogènes généraux à deux, trois ou quatre fonctions inconnues x_i de la variable t de la forme :

$$\frac{dx_i}{dt} = a_{i0} + \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j \quad (1 \leq i \leq n \text{ et } 2 \leq n \leq 4) \quad (1)$$

où les a_{ij} (pour $1 \leq i \leq n$ et $0 \leq j \leq n$) sont des constantes réelles. Il s'agissait en fait plus spécifiquement d'étudier sous quelles conditions mathématiques de tels systèmes peuvent servir à modéliser des « systèmes ouverts » de type chimique ou biochimique où la concentration de chaque substance impliquée influe sur le taux de production des autres, dans le cas où l'évolution de toutes ces concentrations est périodique (ou « asymptotiquement » périodique⁵). Les fonctions x_i s'interprétaient alors comme les concentrations (donc comme des fonctions du temps t toujours positives), la condition de non nullité d'au moins l'une des constantes a_{i0} traduisant quant à elle l'« ouverture » du système. Rapoport établit au moyen de considérations classiques d'algèbre linéaire les conditions nécessaires (voire suffisantes) sur les constantes intervenant dans (1) pour que les exigences de positivité et de périodicité (éventuellement « asymptotique ») des fonctions soient satisfaites dans les trois cas

¹ McCullough W.S. & Pitts W.H. (1943, 1968) et Rashevsky N. (1940), pp. 101-137 en particulier.

² Rapoport A. (1949) (« Esquisse d'une approche probabiliste de la sociologie animale ») ; Rapoport A. & Rebhun L.I. (1952) (« Sur la théorie mathématique de la diffusion de rumeur ») ; Landau H. G. & Rapoport A. (1953) (« Contributions à une théorie mathématique de la contagion et de la diffusion d'information au travers d'une population complètement mélangée »).

³ Hammond D. (2003), pp. 156-157.

⁴ Rapoport A. (1952).

⁵ Les fonctions solutions étant alors somme d'une fonction périodique de t et d'une fonction tendant vers 0 lorsque t tend vers l'infini.

examinés¹. Il se tourna enfin vers plusieurs modélisations du cycle menstruel qui avaient été tentées au cours des années 1940 au moyen de spécifications de (1) pour deux, trois ou quatre variables correspondant à des concentrations hormonales. Et il démontra que ces modélisations étaient *nécessairement* inadéquates à leurs objets respectifs, parce qu'aucune d'entre elles ne satisfaisait les conditions *a priori* nécessaires pour que les conditions de positivité et de périodicité soient simultanément satisfaites.

C'est bien un principe méthodologique de modélisation systémique que Rapoport cherchait ici à illustrer, dans son fonctionnement et dans ses mérites. En revenant à l'esprit de la Cinétique de Lotka, il avait en effet par là-même fourni un exemple type, qui se révélait parfaitement conforme au projet bertalanffien, de ce que pourrait être la valeur « régulatrice » d'une analyse « systémologique » :

Les généralisations de la discussion qui précède aux cas d'un plus grand nombre de variables sont laborieuses, mais manifestes. Cette méthode peut servir de moyen de découvrir des incompatibilités dans des modèles proposés pour des phénomènes cycliques fondés sur des systèmes ouverts linéaires où des restrictions (telles que des concentrations positives) sont imposées par la nature du cas étudié. La découverte opportune de telles incompatibilités peut servir à économiser une quantité considérable de travail dans les tentatives de tester la valeur théorique d'un modèle².

3-2-3-3 – Une philosophie « opérationnaliste » de la connaissance

En arrière-plan de ces réflexions sur la modélisation mathématique œuvrait l'intérêt croissant de Rapoport pour la philosophie de la connaissance. Cet intérêt commença à s'éveiller pendant la guerre. On peut supposer qu'il fut consécutif à un contact avec Morris et Carnap : compte tenu de l'existence de liens directs entre Rashevsky et ces derniers, mais aussi et surtout parce que Rapoport reconnut en 1953 qu'il avait auparavant « souscrit au positivisme logique pur »³. C'est cet attachement qu'il le conduisit à rejeter dans un premier temps comme de « pompeux non-sens » les thèses qu'il jugeait alors « relativistes » soutenues en 1933 par Korzybski dans son exposé de la « sémantique générale »⁴. Mais un bouleversement s'opéra lorsqu'il fit la connaissance en 1946 d'un élève de Korzybski, Samuel I. Hayakawa, au cours de son année passée à l'institut de technologie de l'Illinois. Ce linguiste et sémanticien, qui devint trois décennies plus tard sénateur de Californie, fut dès lors pour Rapoport un second maître parallèlement à Rashevsky, notamment après sa lecture de l'essai majeur que Hayakawa publia en 1941 : *Language in thought and action*. Le premier livre de Rapoport, *Science and the goals of man* (1950), fut d'ailleurs rédigé en collaboration avec Hayakawa. Quant à son second livre, *Operational philosophy* (1953), l'essai majeur du mathématicien en théorie de la connaissance, il ne porte pas moins l'empreinte du sémanticien. Rapoport développa dans ces deux livres un « opérationnalisme » qui, outre de Korzybski, se nourrissait aussi bien de Russell, Morris, Reichenbach, Vaihinger et Poincaré que de Cassirer, Langer, Piaget, Dewey, Whorf et Mannheim ; et ce pour aboutir à une position qui, sans s'y identifier, rejoignait très largement la philosophie de Bertalanffy tout en la complétant sur certains points : non seulement eu égard à son perspectivisme, mais aussi du point de vue des liens entre holisme, pensée analogique et modélisation (certains aspects à cet égard ayant déjà été évoqués au 2-2-2). L'apport majeur de Rapoport fut d'explicitier nombre de conceptions qui se retrouvèrent ensuite au cœur de la « systémologie générale », en particulier quant à ses vocations axiologiques et praxéologiques.

¹ La solution générale de (1) est de la forme :

$$x_i = b_i + \sum_{j=1}^n A_{ij} e^{\lambda_j t} \quad (1 \leq i \leq n)$$

où les b_i sont les valeurs respectives des fonctions à l'état stationnaire, les λ_j les valeurs propres de la matrice $[a_{ij}]$ du système (1) et les A_{ij} des constantes déterminées par les valeurs initiales. Rapoport commença par démontrer (par des considérations du type de celles de Lotka examinées au 2-4-4) que les conditions nécessaires et suffisantes pour que les solutions soient positives et périodiques sont : (a) que les b_i soient positives ; (b) qu'il existe au moins une valeur propre λ_j imaginaire pure (donc, puisque les coefficients sont réels, une paire de valeurs propres imaginaires pures conjuguées) ; (c) que les parties réelles de toutes les valeurs propres non imaginaires pures sont négatives. Rapoport examina ensuite successivement les cas où $n = 2$, $n = 3$ et $n = 4$, en y déterminant les traductions des conditions précédentes. Il démontra que si $n = 2$, les conditions (nécessaires et suffisantes) sont : $a_{ij} \neq 0$; $a_{22} = -a_{11}$; $a_{10}a_{11} + a_{20}a_{12} > 0$; et $-a_{11}a_{20} + a_{21}a_{10} > 0$. Il établit des conditions nécessaires (non suffisantes) plus compliquées mais analogues dans les cas $n = 3$ et $n = 4$.

² Rapoport A. (1952), p. 183.

³ Rapoport A. (1953), p. x. Des liens directs apparaissent en 1953 avec Morris, qui fut relecteur de Rapoport A. (1953) (voir *op. cit.*, p. xi).

⁴ Korzybski A. (1933, 1995). Voir Hammond D. (2003), p. 155.

Rapoport voyait l'« opérationnalisme » comme l'aboutissement d'un long processus de « prise de conscience de soi de la science » dont il s'efforça de retracer le cheminement : il s'était selon lui « cristallisé » en réponse à ce que Whitehead avait appelé « l'épuisement du capital intellectuel » sur lequel aurait vécu la science jusqu'au dernier quart du XIX^e siècle, et au réexamen des fondements et des méthodes qu'il aurait suscité¹. Le cœur de la réflexion de Rapoport était le problème de la nature, de la genèse et des modalités de l'explication, qu'il définissait d'une manière générale comme une mise en relation entre événements :

Expliquer un événement, c'est mettre en évidence ses connexions avec un autre événement ou avec une classe d'événements².

La question centrale serait alors de savoir quels critères retenir pour juger une explication recevable. Et Rapoport remarqua qu'on ne peut y répondre sans distinguer deux modes fondamentaux de « connexions » entre événements : celles qui dérivent de l'observation et du constat de la possibilité d'affecter un événement en agissant sur d'autres ; et les « connexions d'analogie », qui ne sont pas nécessairement enracinées dans l'expérience et consistent à connecter deux événements au motif de leur similitude avec deux événements reconnus comme connectés au premier sens. Ce second type de connexion, dont le néopositivisme du Cercle de Vienne s'était refusé à reconnaître la légitimité scientifique, fut selon Rapoport dominant dans ce qu'il appelait la « métaphysique animiste », où étaient acceptées les explications fondées sur des analogies avec les désirs observés par introspection, qui attribuaient la cause des événements considérés à des « agents » tels que des dieux. Au fur et à mesure que l'attention se tourna vers les régularités observables dans la nature et que le critère de prédictibilité gagna en importance, de telles explications analogiques seraient devenues de moins en moins satisfaisantes : le concept de « loi de la nature » aurait alors émergé, en association avec une restriction de la signification de la cause à un « ordre des choses »³.

Une métaphysique que Rapoport qualifia d'« organismique » se serait alors dans un premier temps imposée, comme « cadre conceptuel de la philosophie médiévale ». Caractérisée par une vision téléologique de la causalité, elle aurait formé une « transition entre animisme et science » : elle cherchait déjà à formuler des régularités et des lois naturelles au lieu d'attribuer la cause des événements à des dieux ; mais dans la mesure où elle le faisait en termes de « but » immanents aux choses, elle resta prisonnière d'analogies anthropomorphes. Selon Rapoport, qui se rapprochait nettement dans cette analyse du positivisme comtien (« loi des trois états ») au même titre que l'avait fait Bertalanffy au tournant des années 1930 sous l'influence de Vaihinger, la science moderne n'advint que lorsque la genèse des événements, les processus sous-jacents au changement, se substituèrent au « but » comme centre d'intérêt. Et tandis que dans la « métaphysique organismique » les causes essentielles de leur changement avaient été vues comme « internes » aux choses, une « métaphysique mécaniciste » s'imposa, qui cherchait quant à elle à expliquer ce changement par des causes « externes » dont les effets automatiques peuvent être nomothétiquement déterminés au moyen de la « méthode expérimentale » sur la seule base des conditions présentes de l'événement étudié. Rapoport constatait toutefois qu'en dépit de ses mérites et de ses réussites, le mécanicisme, que ce soit au « sens étroit » de l'explication en termes de mouvement de corps matériels conformément à l'action de forces ou au « sens large » du déterminisme, n'était pas parvenu à embrasser l'ensemble des phénomènes, la « métaphysique organismique » persistant dès lors à « prévaloir hors des sciences physiques ». De surcroît et surtout, l'« armure philosophique du mécanicisme » se serait « fissurée » au cœur même des sciences physiques. De sorte que « ses certitudes métaphysiques s'effondrèrent »⁴.

Rapoport insista toutefois sur le fait que ces « fissures » n'advinrent pas que sur un plan purement scientifique en raison des difficultés rencontrées par le paradigme mécaniciste dans sa confrontation avec les phénomènes, mais aussi du fait de remises en question d'ordre philosophique, certes stimulées par lesdites difficultés. Il eut raison de souligner le rôle de premier plan que jouèrent Mach et ses héritiers dans ce processus, par leur disqualification comme « métaphysiques » et leur évacuation radicale hors du domaine scientifique des questions portant sur la nature du « réel » et des

¹ Rapoport A. (1953), p. viii.

² *op. cit.*, p. 65.

³ *op. cit.*, p. 65.

⁴ *op. cit.*, pp. 66-73.

concepts qu'elles avaient induits, en particulier ceux de « matière », de « force » et de « cause » sur lesquels s'était édifiée la « métaphysique mécaniciste »¹. Rapoport qualifia leur néo-positivisme de « précurseur direct de l'opérationnalisme » qu'il cherchait à promouvoir. Mais ce ne fut guère que pour mieux distinguer fermement les deux positions, en en précisant la raison fondamentale :

Il me semble qu'existe une région frontière entre ce que les logico-positivistes considèrent comme de la philosophie « légitime » (la philosophie de la science) et la poésie. La reconnaissance du fait que le sol de cette région frontière peut être fertile m'a amené à abandonner le conservatisme austère du positivisme logique pur (représenté par exemple par Wittgenstein et Ayer), auquel j'avais souscrit précédemment.

Le positivisme et l'opérationnalisme ne sont pas identiques. L'opérationnalisme est moins extrême que le positivisme dans son désaveu des concepts métaphysiques. L'opérationnaliste appellerait « modèles conceptuels » des notions que le positiviste condamne sans équivoque, telles que le « phlogistique » ou l'« éther ». L'opérationnaliste ne voit aucun mal dans la construction de tels modèles, pour autant qu'ils ne soient pas pris trop au sérieux².

Il caractérisait en ces termes l'attitude de l'« opérationnalisme », en l'opposant aussi bien au « philosophe scolastique » qu'au « scientifique classique » :

Pour le philosophe scolastique, la connaissance était le « salut ». Et par connaissance, il entendait connaissance de principes éternels, couplée avec une foi inébranlable. Pour le scientifique classique (1600-1900), la connaissance était le pouvoir. Par connaissance, il entendait connaissance de « faits » et capacité à manipuler et à contrôler. *Pour le philosophe opérationnaliste, la connaissance est liberté.* Par connaissance, il entend, à côté de la connaissance de faits et de principes, la connaissance de la connaissance, c'est-à-dire *la connaissance de la manière dont le processus cognitif opère* en l'homme.

À quelle liberté Rapoport faisait-il ici allusion ? À celle qui surgit de « l'exercice de l'imagination dans la création de constructions significatives » telles que la courbure de l'espace-temps ou les ondes de probabilités : non pas l'imagination dont furent issues « les métaphores naïves et les analogies superficielles des métaphysiques animistes et organismiques », mais « l'imagination disciplinée de l'esprit mature, créateur et autocritique, qui ne peut se sentir libre sans une discipline qu'il s'impose »³.

C'est dans cette conception libérale accordant valeur et importance à ce qui devint bientôt les « sciences cognitives » que se jouait toute l'influence sur Rapoport de la « sémantique générale » et des philosophes qu'il inscrivait dans sa lignée :

Korzybski n'est en aucune manière le seul à spéculer sur ce que le langage a fait et fait à l'homme. Cassirer, Langer, Morris et Whorf ont tous parmi d'autres contribué à la philosophie du langage, et le langage apparaît dans leurs écrits non comme un système de règles (comme il est en général conçu par les logico-positivistes), mais comme une partie immensément importante du comportement humain, comme l'objet de la « neurolinguistique ». De même, la théorie de la connaissance n'est pas pour Dewey seulement un système de règles visant à distinguer les assertions vraies des fausses, les valides des invalides, les significatives de celles qui sont dépourvues de sens (comme la théorie de la connaissance apparaît chez les logico-positivistes), mais comme une source culturellement conditionnée d'actions et de principes moraux⁴.

Très marqué par la thèse « sémanticiste » développée par Korzybski de la nature duale du langage – en tant que mécanisme de survie et écran interposé entre l'homme et le monde, Rapoport s'était convaincu de l'importance fondamentale de la dimension symbolique du comportement humain. Il tenait désormais pour illusoire de séparer les constructions scientifiques, la conception et la recherche de « la vérité objective », de systèmes de valeurs et de considérations éthiques déterminés. Rejoignant le perspectivisme bertalanffien, Rapoport ne considérait toutefois pas qu'admettre une certaine « relativité culturelle des catégories » implique nécessairement un renoncement relativiste à la capacité de la science de fournir des critères universels de vérité. Sa « philosophie opérationnaliste » fut

¹ *op. cit.*, pp. 73-74.

² *op. cit.*, p. x et p. 75 respectivement.

³ *op. cit.*, pp. 78-79. Les italiques me sont propres.

⁴ *op. cit.*, p. 218.

justement vouée à ouvrir une voie intermédiaire, qui préserve l'idée d'une connaissance objective tout en ne séparant ni sa construction, ni sa signification, du monde des valeurs et de l'action. Une part importante de cet effort consista en une réflexion sur les statuts et fonctions épistémologiques des modèles et des analogies dans la constitution de la connaissance scientifique, qui examinait en particulier les questions de la légitimité et de la place des représentations holistiques.

Rapoport caractérisait l'« opérationnalisme » comme une « attitude pragmatique » envers la connaissance, qui juge simplement la recevabilité d'un concept, d'une construction conceptuelle ou d'une méthode à l'aune de sa contribution à l'étude de certaines invariances dans le domaine d'objets qu'il (ou elle) a vocation à investir, conformément à certains critères : la « parcimonie »¹, la « manipulabilité » et le pouvoir prédictif. Est « opérationnel » ce que l'on peut « manipuler », faire « opérer » en vue d'établir des relations entre des choses, de la manière la plus simple possible et, lorsque le monde phénoménal est visé, avec la capacité de prédire des relations encore non manifestes. Une différence à cet égard entre Rapoport et les positivistes (y compris dans le Cercle de Vienne où le terme « opérationnalisme » était utilisé) est que le premier s'affranchissait de la contrainte de référence à des observables empiriques et plus encore de celle de formuler toute proposition en termes d'« énoncés protocolaires ». Ce qui le conduisit en particulier à intégrer les objets mathématiques dans la sphère du « réel » au même titre que des objets tangibles, et à laisser place à une pluralité de « niveaux de réalité » ne se distinguant que par la nature des « opérations » effectuées sur les objets considérés, sans qu'il soit en aucune manière question de « degré de réalité » :

L'attitude de l'opérationnaliste envers la causalité est pragmatique. Toute explication causale est acceptable si elle sert les principes de parcimonie ou indique une situation de manipulation. Tels sont aussi les critères opérationnalistes. *Réel est ce sur quoi l'on peut opérer*. Les opérations peuvent aller du déplacement de choses à l'utilisation de symboles dans des équations. Il y a *beaucoup de niveaux de réalité selon les opérations impliquées*. La réalité de la bière tient à ce que vous pouvez la boire. La réalité de π tient à ce que vous pouvez calculer des aires de cercles et des intégrales de probabilité avec lui. La réalité de la relation causale entre mauvais logement et délinquance tient au fait que si l'on améliore le logement, la délinquance décroît. Ainsi, la « réalité », la « causalité » et toutes les autres catégories métaphysiques sont définies par l'opérationnaliste en termes de situations dans lesquelles certaines régularités se produisent, eu égard auxquelles l'utilité de tels concepts semble justifiée. Leur utilité est justifiée si le principe de parcimonie est respecté ou si la manipulabilité et la prédictibilité du monde sont accrues².

Bien loin des significations instrumentalistes qu'elle avait chez un Nietzsche ou un Vaihinger, l'« utilité » chère à cette « attitude pragmatique » n'en était pas pour autant érigée en critère ultime de vérité : elle était mise au service méthodologique d'un idéal nomologico-déductif d'explication dont la finalité serait d'organiser l'expérience sur la base de « lois fondamentales de structure » transcendant toutes les perspectives particulières. C'est dans la contribution à l'accomplissement de cet idéal que l'« opérationnalisme » de Rapoport fixait le véritable critère de valeur, exigence imposant des restrictions à sa libéralité :

La tolérance de l'opérationnaliste n'est pas illimitée. En premier lieu, il reconnaît une hiérarchie de concepts et de méthodes classées selon le degré de signification et de précision qu'ils renferment. Il tolère les concepts et méthodes non opérationnels, mais ne fait que les tolérer. Il ne leur donne pas un statut égal à ceux qui sont opérationnels [...] Dans l'opinion de l'opérationnaliste, le destin ultime de toute science est un système de déduction au moyen duquel tout événement observé à un niveau quelconque de complexité ou d'organisation peut être montré dérivable de lois fondamentales de structure impliquant seulement les relations les plus simples sur la nature desquelles tout être humain normal peut s'accorder.

Rapoport reconnut lui-même qu'il ne renonçait par là-même pas au « rêve des rationalistes » tels que Descartes, Leibniz et Kant. L'opérationnaliste ferait au contraire vivre ce rêve, à ceci près qu'il renonce à la possibilité d'une connaissance *a priori* et lui substitue un « principe de circularité de la connaissance » – d'autant plus légitimement interprétable comme une variante du point de vue « génétique » développé par Piaget, que Rapoport s'y référa :

¹ C'est-à-dire limiter au strict nécessaire la multiplication des concepts et des hypothèses impliqués dans une explication.

² *op. cit.*, pp. 78-79. Les italiques me sont propres.

Les principes généraux de structure sont déduits de l'observation de cas particuliers ; et la totalité des vérités particulières est déduite de principes généraux de structure¹.

3-2-3-4 – Analogies, métaphores et modèles scientifiques dans la perspective « opérationnaliste » de Rapoport

C'est précisément cette perspective qui amena Rapoport à s'interroger en profondeur sur les « connexions d'analogie ». Car c'est finalement sur de telles connexions qu'il fondait toute procédure de généralisation aussi bien que le principe même de toute explication :

La généralisation dépend de la découverte de structures analogues dans des choses dissemblables. De telles découvertes sous-tendent toutes les explications. Quelque chose est expliqué lorsqu'est montrée sa ressemblance à quelque chose qui nous est familier².

Le problème deviendrait alors de distinguer l'usage scientifique de l'analogie de ses autres usages. Donnant à ce terme une signification très large, Rapoport appelait « métaphore » toute « mise en correspondance de choses largement dissemblables conformément à une similitude perçue ». Une métaphore répondrait toujours à un « besoin de créer un ordre » et sa nature serait duale à deux égards. D'abord en ce qu'elle est à la fois un « symptôme de la manière dont des événements sont perçus » et un « facteur de modelage de la perception ». Ensuite en ce que comme le langage en général, elle fonctionnerait toujours potentiellement en deux sens, servant tantôt à « clarifier », tantôt à « semer la confusion » ; tantôt à « ouvrir de nouvelles perspectives », tantôt à « perpétuer des mythes existants » ; tantôt à « organiser la pensée pour la rendre féconde », tantôt à « l'enrégimenter jusqu'à la rendre stérile »³. Dans le rêve, les pratiques magiques ou l'activité artistique, la métaphore ne se limiterait guère qu'à une « expression compulsive ayant une faible voire aucune conscience des relations logiques entre la représentation [métaphorique] et la chose représentée ». Dans les œuvres littéraires et métaphysiques, une telle conscience « émerge[rait] » : s'y reflèterait déjà une « recherche consciente d'analogie en tant que moyen de description efficace des relations inhérentes aux phénomènes », avec une attention portée aux *implications* de la métaphore. Ce processus aurait trouvé son terme dans l'activité de théorisation scientifique, à laquelle loin d'être étrangère, la métaphore contribuerait de manière significative :

La pensée analogique n'est pas confinée aux explications « naïves » d'événements. Les conjectures scientifiques fécondes sont essentiellement une recherche d'analogie. Un exemple fameux est la conjecture hardie faite par de Broglie au sujet de l'aspect ondulatoire de la matière [...] L'énoncé d'une analogie est ainsi une expérience linguistique. On met ensemble des mots dans une assertion dont la structure est similaire à une autre assertion reconnue comme vraie, afin de voir ce qui peut être affirmé en résultat. La stérilité des méthodes purement analogiques des primitifs, des anciens scolastiques, etc. tenait à leur échec à aller au-delà de l'expérience linguistique. Ils croyaient que la cohérence linguistique est équivalente à un fait⁴.

Rapoport voyait la grande spécificité de la métaphore scientifique dans le fait qu'elle est parfaitement « explicite et consciente ». Elle se caractériserait par un « usage sain » où l'on se garde de toute identification de la représentation et du représenté, avec une « pleine reconnaissance des limites » de la métaphore, une « conscience critique des généralisations, analogies et abstractions » qu'elle implique. C'est précisément là ce que Rapoport appelait un modèle, qu'il définit comme « une représentation fictive de l'état de fait que l'on considère, destinée à permettre l'application du raisonnement déductif », ou encore comme un « fixateur d'idées qu'on utilise *comme si* l'on savait de quoi on parle » et que l'on peut faire opérer pour « parvenir à des assertions significatives » (il prit les exemples de l'atome et du gène) :

La science théorique est essentiellement une exploitation disciplinée de métaphores [...] La science exacte est caractérisée non par l'absence de métaphores, mais par leur usage abondant assorti d'une pleine reconnaissance de leurs limites. Les métaphores scientifiques sont appelées « modèles ». Elles sont faites avec une conscience parfaite du fait que la connexion entre la

¹ *op. cit.*, p. 214.

² *op. cit.*, p. 203.

³ *op. cit.*, p. 203 et pp. 205-206.

⁴ *op. cit.*, pp. 220-221.

métaphore et la chose réelle se trouve premièrement dans l'esprit du scientifique. Et dans un but clairement identifiable : en tant que points de départ d'un processus déductif. Il y a une « fictionalité » des modèles de la science exacte qui les « isole » de la réalité et prévient toute fausse identification. Et comme tout autre aspect de la procédure scientifique, la métaphore scientifique est un outil pragmatique, à utiliser librement tant qu'il sert son objectif, et à mettre de côté sans regrets lorsqu'il échoue à le faire. Le scientifique, s'il en est complètement un, est donc unique parmi les utilisateurs de métaphores en ce qu'il ne devient pas « accro » à une voie particulière de perception¹.

Rapoport reprit de Deutsch l'idée que loin de se borner à pointer des similitudes et, comme les autres métaphores, à assumer la « fonction organisatrice » d'expliquer un ensemble de faits, le modèle se caractérise par trois autres fonctions propres déjà évoquées au 2-2-2-7, qui lui permettent cette spécificité de « fournir des dividendes » : une « fonction heuristique », celle de suggérer de nouvelles questions, même en cas d'inadéquation ; une « fonction prédictive », celle de prédire des événements sur la base des hypothèses impliquées par le modèle ; et une « fonction mesurante » (qui conditionne en général l'accomplissement de la fonction précédente), celle de permettre de « quantifier des notions jusqu'alors seulement qualitatives ». La manière dont un modèle assume ces fonctions serait dès lors un critère d'évaluation « plus objectif » que ceux appliqués aux « métaphores pré-scientifiques »².

Rapoport insista particulièrement sur le statut perspectiviste du modèle, qui n'est jamais qu'une « description spécifique de règles » parmi d'autres possibles et peut donc être modifié ou remplacé. Est-ce à dire pour autant qu'il rejoignait les positivistes en réduisant les modèles à des auxiliaires construits en vue d'une « véritable » élaboration théorique, étant par là-même limités au « contexte de découverte » ? Il ne fut pas clair à ce sujet à cette époque. Si le ton de ses discussions peut rendre enclin à une réponse affirmative, une telle conclusion est douteuse. Il fut en effet au moins une fois explicite sur l'activité du « théoricien scientifique moderne », lorsqu'il affirma qu'elle consiste à « construire des modèles »³. Rappelons par ailleurs qu'il se faisait une idée bien précise, déjà citée au 2-2-3-5, de ce qu'est une « similitude profonde » entre phénomènes, qui rejoignait impeccablement celle que Bertalanffy avait exposée avec ses concepts d'« homologie » et d'« isomorphisme » :

La similitude entre deux phénomènes est profonde s'il existe une *même* théorie sous-jacente à partir de laquelle des lois gouvernant les deux phénomènes peuvent être déduites⁴.

Rapoport aurait aussi bien pu ici utiliser le terme « modèle » en lieu et place de celui de « théorie », sauf à considérer que dans la situation considérée, on ne parle de modèle que si les deux phénomènes en question ont deux analogues conceptuels différents, et de théorie lorsqu'on est en mesure d'en rendre compte par un seul. Compte tenu de sa conception de la généralisation comme « découverte de structures analogues dans des choses dissemblables » et de son identification de la vocation ultime de la théorisation à la mise au jour d'« invariants structuraux », il est donc vraisemblable que Rapoport se dirigeait en fait déjà à cette époque vers une conception « modéliste » de la connaissance scientifique similaire à celle de Bertalanffy, dont les fondements ont été examinés au 2-2-2. Le fait est d'ailleurs qu'il n'hésita pas à décrire la science dans son processus historique comme offrant le spectacle d'une succession d'« invariants » où, « lorsque l'imperfection des vieux invariants devint apparente, de nouveaux invariants plus généraux furent découverts, révélant la régularité et la constance de la nature dans toute sa splendeur »⁵ : la théorie ne pouvait plus ici être distinguée en *principe* d'un modèle mais seulement, à un stade déterminé du progrès scientifique, en référence à un *degré* de satisfaction des critères « opérationnalistes » et d'objectivité.

3-2-3-5 – Une légitimation « opérationnaliste » des approches holistiques

C'est en tout état de cause du point de vue de sa philosophie « opérationnaliste » des modèles que Rapoport fut amené à considérer la pertinence de représentations holistiques de phénomènes. Il

¹ *op. cit.*, p. 203 et p. 206. Voir aussi p. 230.

² *op. cit.*, pp. 207-208.

³ *op. cit.*, p. 209.

⁴ *op. cit.*, p. 223.

⁵ *op. cit.*, p. 79.

remarqua d'abord que tout modèle scientifique comporte intrinsèquement des moments « synthétiques » et « analytiques », au sens suivant :

Sa nature synthétique tient à l'opportunité qu'il donne pour contempler une classe d'événements *comme un tout* (ce que font toutes les métaphores). Sa nature analytique tient à sa description spécifique de la structure (la totalité des relations) de la situation étudiée.

D'où une vision originale consistant à voir dans le modèle un « pont entre les approches analytiques et holistiques des phénomènes »¹. Rapoport affirma partager sur le fond les positions de ceux qu'il appelait « les philosophes holistes » (au premier rang desquels il plaçait Whitehead) : ils auraient « dans une certaine mesure raison », en particulier du point de vue de leur critique du réductionnisme méristique. Son « opérationnalisme » menait toutefois le mathématicien à émettre de sérieuses réserves vis-à-vis des travaux qui, au cours des récentes décennies, s'étaient réclamés d'un holisme scientifique (parmi lesquels il ne citait toutefois guère que les gestaltistes et les fonctionnalistes, sans aucune mention de travaux en biologie mathématique). Il reprochait à leurs métaphores de ne pas avoir atteint le stade du modèle scientifique et d'en être restées à celui des « métaphores de la métaphysique » telles que « le cosmos est un organisme » ; c'est-à-dire de se limiter en fin de compte à « établir l'esprit dans lequel la connaissance doit être recherchée » :

Les avocats des méthodes holistiques conseillent aux scientifiques d'essayer de contempler des tous plutôt que des parties. Au moins telle qu'elle est pratiquée aujourd'hui, la contemplation de tous reste toutefois essentiellement une pensée métaphorique, parce que ces tous, pour être compris (et en fait tout simplement pour être perçus) doivent être reliés à quelque chose dans le passé de celui qui les perçoit [...] L'argument le plus fort des holistes est qu'il arrive un temps où il est nécessaire de changer de clef. Mais l'analyste peut interpréter cette manière poétique de parler en ses propres termes prosaïques : le temps est venu d'essayer un nouveau modèle.

Rapoport invitait donc les approches holistiques à se soumettre aux critères « opérationnalistes » afin d'accoucher d'authentiques modèles théoriques. Tout en faisant allusion à ses propres travaux récents, il insistait même sur leur considérable utilité potentielle, précisément pour servir de matrices à la construction de tels modèles dans des domaines où les approches méristiques avaient échoué, tels que les sciences sociales (son adhésion aux valeurs socialistes n'étant pas étrangère à son rejet de la « métaphore du marché » de l'économie classique) :

Il ne s'agit pas de dire que les métaphores des holistes sont inutiles. Elles peuvent bien au contraire servir d'inspiration pour la construction de nouveaux modèles. En fait, l'insatisfaction pour les modèles atomistiques et chaotiques de la société, qui allaient de pair avec la métaphore du marché, et l'insistance croissante des holistes sur le développement de théories « organismiques » de la société, ont déjà mené à la construction de modèles fondés sur des réseaux de communication plutôt que sur l'interaction chaotique d'individus égoïstes².

Seule cette voie permettrait d'ailleurs aux « sciences » sociales de se constituer comme telles – la référence aux « théories organismiques » n'impliquant toutefois pas que Rapoport se soit satisfait du modèle « épiorganiciste » de Gerard compte tenu de son manque de respect des critères d'opérationnalité, sans parler de l'idéologie totalitaire tendant à s'édifier sur l'hypostase de ce modèle, qu'il était certainement tout sauf prêt à accepter :

La constitution des sciences sociales dépend de la création de modèles scientifiques pour remplacer les métaphores au moyen desquelles une partie considérable du discours sur les sujets sociaux est formulée. De tels modèles sont en train d'émerger et de remplacer les vieux modèles métaphoriques de la religion et de la philosophie (littéraire) traditionnelle³.

Invoquant parmi d'autres (comme l'avait fait Bertalanffy) l'exemple de la transition de la thermodynamique de Clausius et Carnot à celle de Boltzmann, Rapoport se refusait toutefois à admettre que l'on puisse se satisfaire d'un modèle holistique en écartant la possibilité ultérieure d'un modèle méristique. Il préférait adopter une position médiane en fin de compte proche de celle défendue par Bertalanffy dès 1932, à savoir que les deux types de modèles sont légitimes en droit,

¹ *op. cit.*, p. 211.

² *op. cit.*, pp. 212-213. Je reviendrai au 3-3-3 sur l'impact des convictions socialistes de Rapoport dans son approche de la théorie des jeux.

³ *op. cit.*, p. 208.

quitte à considérer que les modèles holistiques sont l'expression d'une phase transitoire de la recherche. Le réductionniste le plus invétéré pourrait dans cette perspective reconnaître aux « holistes » la fonction méritoire de « s'aventurer dans des régions que les analystes craignent de fouler » ; tandis que le « holiste » devrait considérer pour sa part que ses constructions ne sont pas nécessairement le dernier mot :

Jusqu'à ce que le temps soit mûr pour l'analyse, il est nécessaire de travailler avec des concepts inanalysables [... Mais] les tentatives d'« opérationnaliser » les concepts et d'établir des liens entre les événements d'ordre inférieur et les « phénomènes émergents » d'ordre supérieur devraient constamment être poursuivies¹.

3-2-3-6 – *Les dimensions axiologique et praxéologique de la recherche scientifique*

J'y ai fait allusion plus haut, la philosophie des modèles développée par Rapoport, qui déboucha en particulier sur cette légitimation des modèles holistiques, n'exprimait qu'une part de son « opérationnalisme » : son intégration du monde des valeurs et de l'action à la construction de la connaissance scientifique en fut une autre. Dans la mesure où cette construction s'identifie à celle de modèles et où ceux-ci sont conçus comme des « métaphores disciplinées », une place y est en effet laissée à l'influence de systèmes de valeurs, en tant que déterminants potentiels des images et des hypothèses incorporés dans ces métaphores. Et dans la mesure même des critères « opérationnalistes » dont le respect s'identifie à ladite « discipline », c'est dans des schèmes dérivés de l'action sur les choses que la connaissance scientifique trouve le ressort de sa genèse. Une autre part très importante de l'« opérationnalisme » de Rapoport tient toutefois à la sorte de réciprocité qu'il instaura dans ce rapport, du point de vue cette fois des dimensions axiologique et praxéologique de la science, c'est-à-dire de sa signification pour les valeurs guidant l'action humaine.

La dernière phrase de son essai de 1953 concluait ainsi par un rejet radical de la vision purement instrumentaliste de la fonction sociale de la science une énumération des tâches assignées à la « philosophie opérationnelle » :

[La quatrième tâche de la philosophie opérationnaliste²] est de traduire les découvertes de l'enquête abstraite en formulations ayant un rapport avec les problèmes éthiques et moraux auxquels l'humanité est confrontée³.

Rapoport, qui se référait ici aussi tout autant à Maslow qu'à Korzybski, considérait que le relativisme n'est pas plus justifié eu égard aux systèmes de valeurs qu'il ne l'est eu égard aux constructions scientifiques : par-delà la diversité de ces systèmes pourraient être identifiées des valeurs universelles, des invariants axiologiques objectifs. Vivre en paix et garantir les droits universels de l'homme étaient à ses yeux de bons candidats... Et si ses travaux s'orientèrent à partir de cette période très majoritairement vers les sciences sociales, c'est justement parce qu'il estimait que ces sciences sont en mesure aussi bien de mettre au jour de telles valeurs que de déterminer les moyens les plus efficaces pour les faire triompher.

Reprenant une thèse majeure de Korzybski, à savoir que la science est le « langage du bon sens », parce que sa structure est celle qui correspond le plus étroitement à celle de la réalité, Rapoport voyait en fait une composante éthique inscrite au cœur même de la procédure scientifique : d'une part parce que la science conditionnant la vérité au partage consensuel d'une expérience, son universalité pourrait permettre d'intégrer l'humanité plus efficacement que toute idéologie, institution ou groupe social ; et d'autre part parce qu'elle serait intrinsèquement porteuse de valeurs telles que le désintéressement, la probité et la coopération, apparaissant dès lors en tant que telle comme un modèle de conduite. Et même s'il fut toujours conscient, en ne se privant d'ailleurs pas de les critiquer, des aspects potentiellement destructeurs des applications technologiques de la science (qu'elles soient militaires ou industrielles, et pour les hommes comme pour leur environnement), Rapoport demeura

¹ *op. cit.*, pp. 213-214.

² Les trois autres étant : « (1) étendre les outils de la philosophie linguistique rigoureuse (logique, analyse logique, mathématiques et autres systèmes déductifs qui pourraient être inventés) et en faire un puissant outil d'enquête ; (2) établir la chaîne de réduction chaque fois que possible, en montrant comment les concepts à un niveau d'abstraction émergent de ceux d'un autre ; (3) utiliser le pouvoir de l'imagination humaine pour expérimenter avec des idées à la recherche de nouveaux concepts féconds ».

³ *op. cit.*, p. 224.

fidèle à l'idéal de progrès social par la science issu des Lumières, partageant la foi positiviste d'un Comte ou d'un Schlick : sa « philosophie opérationnaliste » reconnaissait certes la valeur et même la nécessité de modes d'appréhension différents de la réalité, mais il resta fermement convaincu que la science constitue un mode amélioré de cognition¹. Notons qu'il rejoignait très largement Gerard sur ces questions, à l'exception notable de son utopie technocratique. La réflexion qui suit est postérieure à la période considérée ici, mais elle ne fait que mieux formuler cette philosophie solidement ancrée chez lui dès 1950 :

Dans *Sciences and the goals of man* (1950), j'ai montré toute la valeur de l'attitude scientifique, en tant que modèle d'orientation d'une valeur suprême pour l'homme ; elle doit être nourrie par une observation naturelle et réfléchie du monde et étendue à des domaines dépassant ceux des sciences de la nature tels que l'étude de nous-mêmes, de nos aspirations, de nos obligations, de nos objectifs. J'ai alors exprimé l'espoir qu'ainsi, certains conflits qui nous semblent insolubles actuellement n'éclateraient pas ou bien seraient résolus ou, tout au moins, n'aboutiraient pas à des luttes mortelles [...] La science jouit d'autonomie, elle a ses propres buts et son *exercice* modifie inévitablement les perspectives et par conséquent les objectifs de ses praticiens et des sociétés où elle est appliquée. Avec son optique généralisante, elle tend à unifier les différents modes de compréhension du monde et à harmoniser les objectifs de peuples de cultures diverses ; elle peut ainsi résoudre de multiples « débats », étrangers à ses domaines spécifiques de recherche².

La « philosophie opérationnaliste » de Rapoport, après avoir inscrit l'action sur des objets tangibles et conceptuels au cœur de la procédure scientifique, put ainsi la poser en retour, socialement interprétée cette-fois, comme l'une des vocations essentielles de la science dans son ensemble. N'hésitant pas à prôner une « philosophie de l'opérationnalisme *activiste socialement applicable* », il put dès lors résumer en ces termes sa portée praxéologique :

La philosophie opérationnaliste est la philosophie des buts dirigés vers l'action³.

3-2-4 – *James G. Miller : vers une intégration de la biologie, de la psychologie et des sciences sociales dans les « sciences du comportement »*

Gerard et Rapoport doivent une bonne part de leur destin académique et de l'orientation de leurs travaux après 1953 aux entreprises de Miller, dont les rôles institutionnel et organisationnel dans l'actualisation du projet de « systémologie générale » vont se révéler d'une grande importance. Ces entreprises, gravitant autour de la substitution des « sciences du comportement » à la division traditionnelle entre biologie, psychologie et sciences sociales, ont rapidement été évoquées au 3-1-2-1. Il s'agit ici d'en retracer plus précisément les origines.

3-2-4-1 – *Formation et premières activités de Miller en tant que psychologue*

Fils d'un pasteur protestant, Miller commença des études afin de reproduire le parcours de son père, puis changea de trajectoire à 18 ans en entreprenant en 1934 des études de psychologie à l'université du Michigan. S'affirmant d'emblée comme très brillant, il fit dès sa première année office d'assistant de laboratoire pour un cours introductif à la psychologie expérimentale. Il poursuivit ses études à l'université de Harvard à partir de la fin 1935, où il obtint son diplôme de maîtrise en psychologie en 1938. Il travailla ensuite jusqu'en 1942 à l'école médicale de Harvard, période marquée par la rédaction de sa thèse de doctorat, soutenue en 1943 sous la direction de Henry A. Murray et consacrée aux perceptions subliminales et au traitement de l'information dans le cerveau. Whitehead fut le principal mentor (et un ami) de Miller tout au long de cette période. *Via* sa doctrine du « mécanisme organique », il suscita l'intérêt croissant du psychologue pour le développement d'approches radicalement nouvelles des « systèmes complexes » en termes de répétition de schèmes holistiques entre les niveaux biologiques, psychologiques et sociologiques d'organisation. Cet intérêt fut aussi stimulé par des travaux communs avec Cannon et Henderson⁴. La psychologie de Miller

¹ Rapoport A. & Hayakawa S.I. (1950). Voir aussi Hammond D. (2003), pp. 159-163.

² Rapoport A. (1960a), pp. vii-viii.

³ Rapoport A. (1953), p. 218 et p. 222 respectivement : « *operational philosophy is the philosophy of action-directed goals* ».

⁴ Hammond D. (2003), p. 164 et p. 166.

n'eut pourtant d'emblée et constamment rien à voir avec les approches holistiques développées en Allemagne : sous les influences de Murray et de Gordon W. Allport, elle était au contraire ancrée dans le behaviorisme alors dominant aux États-Unis, donc conçue comme une technique visant à prédire et influencer le comportement humain, d'où toute référence à la subjectivité devrait être évacuée¹.

Cette orientation se refléta une première fois concrètement par ses activités dans l'armée, dont il intégra le corps médical en juillet 1943 : il fut affecté à l'unité d'évaluation de l'« Office des services stratégiques » (O.S.S.). Ce ne fut pas par hasard : Murray en était le directeur, jusqu'à ce que Miller le remplace en 1945. Sa mission, qui se termina fin 1945, y fut l'examen physique, psychologique et psychiatrique de tous les candidats à l'intégration de l'O.S.S. Miller quitta ensuite l'armée pour prendre en 1946 et 1947 à Washington la tête de la section de psychologie clinique à l'office central de l'« Administration des vétérans » de guerre. Il y créa le premier programme national de psychologie clinique, dans lequel près d'un quart des psychologues américains furent impliqués et qui put jouir d'importants financements du gouvernement fédéral. En parallèle, Miller fut au cours de ces deux années professeur assistant de psychologie clinique dans le département de sociologie dirigé à Harvard par Parsons². Cette période s'étendant de 1943 à 1947 porte déjà l'empreinte de deux constantes de la carrière de Miller qu'il partageait avec Gerard, et qui fut une source ultérieure de clivages dans la S.G.S.R. : une implication très active dans des offices gouvernementaux, en particulier ceux liés à l'armée ; et des talents hors pair d'administrateur, solidaires d'une capacité à développer d'importants réseaux institutionnels afin de garantir à ses recherches les soutiens (entre autres financiers) nécessaires *via* leur mise au service de la politique fédérale.

3-2-4-2 – *Création, vocations intégratives et activités du « Comité sur les sciences du comportement »*

Miller rejoignit l'université de Chicago en janvier 1948 : il y fut nommé à la tête du département de psychologie et professeur de psychiatrie au département de médecine. Il fut un an plus tard invité à se joindre à un groupe de recherche informel interne à l'université, auquel participaient surtout des physiciens et des biologistes. C'est là qu'il fit la connaissance d'Enrico Fermi et de Léo Szilard, dont le rôle avait été essentiel quelques années plus tôt dans la mise au point de la bombe atomique. Tous deux estimaient urgent de mieux comprendre le comportement humain afin de « prévenir l'autodestruction des hommes par la guerre nucléaire ». Considérant que la formulation de théories générales prenant en compte toutes les dimensions de ce comportement était devenue nécessaire à cette fin, ils incitèrent Miller à rejoindre la perspective de Gerard en « centrant ses activités scientifiques et professionnelles autour de l'unique thème de l'intégration de la connaissance sur les systèmes biologiques et sociaux ». C'est d'ailleurs Fermi qui se chargea de promouvoir auprès de Hutchins le développement de ce projet, en l'encourageant à débloquent les fonds nécessaires. Hutchins chargea alors les doyens des divisions de biologie et de sciences sociales (Lowell T. Coggeshall et Ralph W. Tyler) de former un groupe de recherche interdisciplinaire afin d'étudier la faisabilité de ce projet : c'est ce groupe qui, en octobre 1949, prit le nom de *Committee on the Behavioral Sciences* (C.B.S.). Son but était de « construire un programme de recherche empirique autour d'une théorie générale ». Et l'ambition y fut d'emblée affichée d'œuvrer à l'établissement d'un institut de « sciences du comportement » à l'université de Chicago, qui viserait à « corrélér les activités de ceux qui sont intéressés par les sciences du mental [*mental sciences*] avec les divisions des sciences biologiques et sociales ». De longues négociations furent engagées par Miller à cette fin. Elles aboutirent avec une autorisation accordée en 1953, mais Miller trouva simultanément une autre opportunité plus intéressante : lui et son groupe furent invités à construire l'institut à Ann Arbor (université du Michigan), avec l'avantage de locaux qui leurs seraient propres et une grande liberté. Cet institut, dont il sera largement question au 3-4-1-6, prit le nom de *Mental Health Research Institute* (choisi pour attirer des fonds substantiels...). C'est là que Miller, suivi de Gerard et Rapoport, poursuivirent leur carrière à partir de 1955, bientôt rejoints par d'autres membres du C.B.S.³

¹ Helms S. (1991), p. 208.

² Hammond D. (2003), p. 167.

³ *op. cit.*, p. 164, p. 167 et pp. 170-171.

Des réunions non régulières du C.B.S. furent organisées entre 1950 et 1952 afin d'élaborer le concept de « sciences du comportement » et de définir des lignes de recherche. Gerard et Rapoport y participèrent, les deux premières réunions ayant d'ailleurs été organisées au domicile du premier. Selon Miller lui-même, les membres du C.B.S. « commencèrent [dès cette époque] à voir une promesse dans la systémologie générale [*general systems theory*] proposée par Bertalanffy »¹ : ses publications en anglais de 1950 et 1951 à ce sujet étaient connues et Gerard, qui estimait au plus haut point ses travaux biothéoriques depuis une quinzaine d'années², joua certainement un rôle important pour faire connaître ses idées. Une connexion s'établit par ailleurs presque immédiatement entre le C.B.S. et la Fondation Ford. Donald Marquis, un professeur de psychologie à l'université du Michigan et proche ami de Miller, avait été en 1948 membre du comité chargé par cette fondation de formuler, conformément à son programme, un plan d'allocation des financements aux sciences sociales. C'est par l'intermédiaire de Marquis que la fondation finit par décider en 1951 de créer une « division des sciences du comportement » et de soutenir les recherches dans ce domaine – division dont une connexion avec les axes politiques du gouvernement fédéral put aussi s'opérer *via* le chef de la division des sciences sociales de ce *think tank* très influent que commençait à devenir la R.A.N.D.³.

Le C.B.S., fort de ce contexte prometteur, commença au printemps 1952 (et jusqu'en 1955) à tenir des réunions hebdomadaires afin de travailler sur des projets théoriques spécifiques en vue de publications communes. Le groupe s'organisait autour de Miller, Gerard et Rapoport. Il fut composé en moyenne d'une quinzaine de membres issus des horizons les plus divers – histoire, anthropologie, économie, sciences politiques, sociologie, psychologie, psychiatrie, médecine, physiologie, biologie mathématique, voire physique et philosophie. Certains participants plus ou moins réguliers jouèrent par la suite un rôle de premier plan dans l'histoire du projet de « systémologie générale », tels que le politologue David Easton, l'urbaniste Richard L. Meier et le physicien John Platt. Une bonne illustration des centres d'intérêt du groupe est fournie par la suite de conférences que cinq de ses membres donnèrent en 1953 au colloque annuel de l'Association américaine de psychologie, qu'ils présentèrent comme un travail collectif titré : « Profits et problèmes des modèles homéostatiques en sciences du comportement ». Miller y discuta du concept de « sciences du comportement » et des possibles applications de la recherche théorique sur les systèmes ; Gerard, de « la vision organismique de la société » ; Rapoport, de « quelques modèles mathématiques de la diffusion d'information dans une population » ; Easton, des « limites des modèles d'équilibre en recherche sociale » et Donald Campbell, du « comportement adaptatif à partir d'une réponse aléatoire »⁴.

D'une manière générale, le cadre conceptuel initial du C.B.S. était le schème « organismique » développé par Gerard – l'étude des trois aspects des *orgs* à tous les niveaux d'organisation : structure, fonction, évolution. L'hypothèse fondamentale était, comme l'écrivit Gerard en 1954, qu'il existe « certaines caractéristiques formelles des systèmes du monde réel qui sont similaires aux niveaux moléculaire, cellulaire, organique, individuel, du groupe d'individus, et sociétal », et que « des modèles développés pour un niveau se révéleront applicables à d'autres niveaux ». La conviction commune était d'une part que l'intégration des sciences biologiques et sociales adviendrait des analogies entre ces niveaux relativement aux trois aspects du schème « organismique » ; et d'autre part que cette méthodologie conduirait à des modèles permettant de « prédire les régularités du comportement sociétal »⁵. Rapoport considérait que le cadre ainsi fixé éclairait l'unité dans la diversité, fournissant « un lien entre une épistémologie optimiste et un ethos optimiste, c'est-à-dire une rationalité d'une possibilité de progrès »⁶.

¹ Miller J.G., in *op. cit.*, p. 168.

² Dans une lettre de recommandation rédigée en 1953 pour Bertalanffy afin de le soutenir pour une demande de bourse de recherche de la Fondation Guggenheim, Gerard écrivit : « Bertalanffy est certainement l'un des plus constants, des plus solides et des plus stimulants parmi la petite bande de penseurs et d'écrivains dans le domaine de la pensée organismique en biologie. Ses efforts dans cette direction sont donc précieux et devraient obtenir tout le soutien possible ». In Hammond D. (2003), p. 104.

³ *op. cit.*, pp. 167-168. Acronyme de *Research and Development*. La R.A.N.D. Corporation, devenue autonome en 1948 après avoir été fondée en 1945 au sein de l'armée de l'air américaine, était et demeure une association à but non lucratif regroupant des chercheurs et des politiciens dans le but de « conseiller » la politique du gouvernement fédéral américain.

⁴ *op. cit.*, pp. 168-169 et p. 174.

⁵ Gerard R.W. (1954), in *op. cit.*, p. 175.

⁶ Rapoport A. (1952), in Hammond D. (2003), p. 175.

3-2-4-3 – *Convergences et divergences entre le projet « systémologique » de Bertalanffy et les travaux du groupe dirigé par Miller*

Il est tout-à-fait envisageable que Bertalanffy ait participé à l'une des réunions du C.B.S. lors de sa venue à Chicago à l'automne 1952, mais rien n'est assuré en ce sens. Des affinités significatives existaient quoiqu'il en soit entre le projet « systémologique » de Bertalanffy et les objectifs du groupe de Miller : leur étaient communes les ambitions de favoriser la communication inter-scientifique, de mettre en évidence et d'exploiter des isomorphismes, de développer des modèles théoriques transdisciplinaires, et bien sûr de promouvoir des approches holistiques rigoureuses et opérationnelles. On peut y ajouter une conviction de l'urgence de mettre la science au service de la résolution des problèmes humains, même si elle n'était pas formulée dans les mêmes termes ni avec la même précision. On ne trouve aucune trace chez Miller de ces charges antimodernistes et romantiques contre la « technologie physique » qui se déployaient dans les discours de Bertalanffy. Pas plus que chez Rapoport et Gerard d'ailleurs, lesquels étaient globalement sur la même ligne que Miller lorsque celui-ci synthétisa en 1951 en ces termes les objectifs de son groupe, qui épousaient parfaitement aussi bien le programme Ford que les vœux formulés par Fermi et Szilard : prendre la mesure de « l'importance sociale potentielle de principes fiables concernant les relations humaines » qu'il s'agirait, une fois formulés, d'appliquer aux problèmes de l'optimisation de la production industrielle, des interrelations ethniques et culturelles, de la criminalité, de l'inadaptation personnelle, de la corruption politique et de la désorganisation familiale ; l'objectif majeur étant de pouvoir contribuer à « maintenir la paix et à combattre la menace de la destruction de masse »¹.

Des divergences majeures existèrent toutefois d'emblée avec Bertalanffy, qui incommodèrent aussi de plus en plus Rapoport. La plus marquante tenait à la tendance, semble-t-il générale dans le groupe (Rapoport exclu), à l'expulsion hors des « sciences du comportement » des domaines traditionnels des sciences sociales à prédominance historique ou philosophique, avec une évacuation complète de la dimension symbolique du comportement humain, en particulier du monde des valeurs. Miller partageait l'inclination de Gerard à se focaliser exclusivement sur la recherche d'« hypothèses trans-niveaux » [*cross level hypotheses*], au détriment du respect de la spécificité des niveaux eux-mêmes. Et tous deux orientèrent en fin de compte nettement le C.B.S. sur la voie d'un réductionnisme non méristique : les correspondances formelles étaient pour eux un moyen non pas de dégager des invariants systémiques traductibles dans le langage « agnostique » des mathématiques, mais de traduire ultimement les problèmes comportementaux en langage biologique. Avec même chez Miller l'espoir qu'une réduction physicaliste serait possible et un effort manifeste afin de progresser dans cette voie (raison pour laquelle il s'intéressa d'emblée au concept de système ouvert de Bertalanffy). C'est cet espoir qui le conduisit à affirmer en 1954 que « tous les phénomènes psychologiques sont essentiellement naturalistes et peuvent ultimement être traduits dans les principes de la physique »².

Une divergence d'un autre ordre se faisait par ailleurs jour, qui concernait quant à elle principalement Miller et Gerard : le premier développait une même tendance au technocratisme scientifique que le second. Il n'hésita par exemple pas à écrire en 1951 que si le pouvoir de décision ultime en Amérique devait être conservé par le Congrès, « les lois devraient être écrites de telle sorte qu'à moins de trouver des circonstances invalidantes, le jugement de réels experts devrait être obligatoirement accepté pour le bien public » ; il pensait ici explicitement aux « scientifiques du comportement », dont il proposait de prévenir les abus de pouvoir par un simple engagement du type du serment d'Hippocrate³.

3-2-5 – *Kenneth E. Boulding : l'ouverture de l'économie à la transdisciplinarité et l'approche « systémologique » de la « révolution organisationnelle »*

Boulding, dernier fer de lance de la S.G.S.R. restant à considérer ici, fut comme Bertalanffy et Rapoport amené à se rapprocher de Miller et de Gerard tout en restant très critique vis-à-vis des positions qui viennent d'être évoquées. Son originalité, tant par sa personnalité que par ses travaux

¹ Miller J.G. (1951), in *op. cit.*, p. 172.

² Miller J.G. (1951), in *op. cit.*, p. 170.

³ *op. cit.*, p. 173.

scientifiques et ses prises de positions éthiques et politiques, l'amena à jouer un rôle singulier mais de premier plan dans l'histoire du projet de « systémologie générale ». Il occupe une position particulière par rapport à Bertalanffy, Gerard, Rapoport et Miller : son parcours fut jusqu'en 1953 totalement déconnecté des leurs.

3-2-5-1 – *Formation et germes de l'hétérodoxie d'un économiste Quaker et pacifiste*

Né à Liverpool, Boulding fut élevé dans une famille ouvrière très pieuse appartenant à l'église méthodiste, dont il hérita un sens aigu de la générosité et une foi solide en le progrès moral. Son expérience de la première guerre mondiale l'orienta vite vers un pacifisme résolu. Il parla beaucoup plus tard de sa « conviction précoce que la guerre est le problème moral et intellectuel contemporain majeur »¹. À 14 ans, il découvrit les Quakers par l'intermédiaire d'un tract promouvant l'objection de conscience, et fut immédiatement attiré par la grande tolérance de la diversité caractéristique de leur profession de foi : il devint l'un des leurs et joua tout au long de sa vie un rôle actif dans cette communauté religieuse. Boulding fit ses études secondaires à Liverpool, puis fut admis à l'université d'Oxford en 1928, où il commença des études de chimie. Mais son souci des questions éthiques et sa sensibilité aiguë pour les problèmes de l'humanité contemporaine l'amenèrent en 1929 à juger plus opportun de se réorienter vers l'économie, les sciences politiques et la philosophie. Il obtint sa licence en économie en 1931 avec la meilleure mention, puis sa maîtrise en 1932. Cette époque fut marquée par sa rencontre de John M. Keynes, à une conférence duquel il assista fin 1930 : Keynes devint son maître, et c'est d'ailleurs dans la revue qu'il éditait (*Economics Journal*) que fut publié en 1931 le premier article de Boulding, consacré à une critique de l'usage en vigueur du concept de « déplacement de coût ». Il s'intéressa en parallèle au socialisme, mais garda ses distances en dépit de sa sympathie pour les valeurs socialistes : le matérialisme historique et la théorie de la valeur qu'il implique heurtaient son idéalisme².

Boulding fut récompensé en 1932 pour la qualité de ses études par une bourse de recherche de deux ans aux États-Unis. Dans le bateau qui le menait à destination, il rencontra une première fois Joseph Schumpeter ; il retrouva cet économiste majeur de l'époque à Harvard, où il étudia pendant six mois à partir de la fin 1933. Le reste de son séjour fut passé à l'université de Chicago, où il travailla aux côtés de Franck Knight, Irving Fisher, Jacob Viner et Henry Schultz (l'un des fondateurs de l'économétrie). Le premier attira son attention sur la pertinence de la dynamique des populations pour la théorie du capital, et le second le mit sur la voie du concept d'« économie durable » qu'il développa par la suite : dans les deux cas étaient semées les graines de ce qui allait devenir sa théorie « écologique » de l'économie. Viner proposa à Boulding d'entamer une thèse de doctorat sous sa direction, proposition déclinée par l'intéressé : parce qu'il ne voulait pas s'engager dans des études si focalisées et dévoreuses en énergie, mais aussi parce que son père décéda en 1933, laissant sa famille criblée de dettes dans un contexte calamiteux de crise économique. Boulding revint donc en Grande-Bretagne à l'automne 1934. Il obtint un poste d'assistant à l'université d'Edimbourg, où il enseigna pendant trois ans ; mais il ne s'y plaisait pas et son contrat ne fut pas renouvelé après qu'il eut publiquement critiqué le conservatisme de l'université écossaise en 1936.

Boulding était à cette époque très actif dans le mouvement Quaker et publia la même année un pamphlet pacifiste attaquant violemment le gouvernement britannique au sujet des clauses du traité de Versailles et des conditions iniques de la paix qu'il avait imposées à l'Allemagne. Boulding fut amené à revenir aux États-Unis à l'été 1937 : il y participa en tant que délégué à un rassemblement mondial organisé par la communauté Quaker. Et c'est par l'intermédiaire d'un autre membre de cette communauté qu'il trouva l'opportunité d'un poste à l'université Colgate de New York : il s'installa dès lors définitivement aux États-Unis.

Il resta à New York jusqu'en 1941. Cette période fut consacrée à l'enseignement et à la maturation de sa réflexion économique vers une prise de conscience de la nécessité d'appréhender tout système en prenant en compte ses interactions avec son environnement. Elle s'acheva avec la publication de son premier livre, *Economic analysis*, qui devint durant quelques années une référence. Boulding y présenta une synthèse cohérente des théories keynésienne et néo-classique ; il y décrivit le

¹ Boulding K.E. (1962), p. vii.

² Kerman C.E. (1976), pp. 13-15; Hammond D. (2003), pp. 202-203.

keynésianisme, dont il fut l'un des plus ardents défenseurs avec Kenneth Galbraith, comme une vision « copernicienne » de l'économie plutôt que « ptolémaïque », au sens où elle appréhende le *système* économique comme un tout et non comme le produit d'une agrégation de volontés individuelles¹.

Fin 1941, Boulding changea d'horizon en intégrant la section économique et financière de la Ligue des Nations. Il y étudia le redressement de l'agriculture européenne après 1918. Ce travail fut la base de son second livre publié en 1945 (*Economics of peace*), consacré à la reconstruction économique après-guerre ; il y insista sur la nécessité pour toute organisation d'avoir une activité socialement responsable, et celle d'un sens de la citoyenneté mondiale. Il poursuivit en parallèle son activisme pacifiste, au point d'appeler au désarmement en pleine guerre mondiale. Contraint de choisir entre le renoncement à cet activisme et celui à son travail à la Ligue, il n'hésita pas à choisir la seconde option.

Il trouva une position à l'*Iowa State College* en 1943, qu'il occupa jusqu'en 1949 à l'exception d'un an passé au département d'économie de l'université McGill de Montréal, en 1946-1947. Son travail en tant qu'économiste du travail le convainquit de la nécessité d'intégrer à l'analyse économique les apports des sciences politiques, de la sociologie, de la psychologie et de l'anthropologie. Exposant ses objectifs professionnels en 1948, il écrivit qu'il s'intéressait de plus en plus au développement d'une « théorie de l'organisme social' appliquant les techniques de la sociologie et de l'anthropologie aux phénomènes économiques » tout « en appliquant les méthodes et les aperçus de l'économie aux autres sciences sociales »². Il s'engageait là dans une voie hétérodoxe et si l'Association américaine d'économie le récompensa en 1949 par la médaille Clark, ce fut bien la dernière fois, sauf rares exceptions ultérieures, qu'il put jouir ainsi de l'estime de ses collègues économistes : la publication en 1950 de *A reconstruction of economics*, que lui-même considéra comme son œuvre économique majeure, suivie en 1953 de celle de *The organizational revolution*, fut le point de départ d'une rupture radicale avec les paradigmes dominants dans son domaine, qui le rapprocha toujours plus des autres co-fondateurs de la S.G.S.R., surtout de Bertalanffy.

3-2-5-2 – *La critique de l'économie orthodoxe : vers une « économie écologique » en tant que perspective particulière parmi d'autres portée sur le système social*

Boulding développa d'abord dans ces essais la critique des positions épistémologiques fondamentales de l'économie et de son statut en tant que science, qu'il avait engagée au cours des années précédentes. Il s'y attaqua à la focalisation exclusive sur les flux d'argent et de marchandises de l'économie contemporaine, et à sa négligence du rôle des valeurs et des préférences humaines dans son modèle de l'échange économique : le marché y était supposé être la mesure parfaite de la valeur, tout ce qui ne commande pas un prix devenant invisible dans les déterminations de celle-ci. De surcroît, à une compréhension des véritables racines psychologiques et sociales du comportement humain y était substituée la fiction clairement inadéquate de l'individu parfaitement rationnel. Se référant aux études par Weber et Sombart de l'influence de l'éthique protestante sur le développement du capitalisme, Boulding insista sur la profonde insuffisance de cette économie, en se rapprochant significativement de la caractérisation bertalanffienne de l'homme comme « animal symbolique » :

Les idées morales et religieuses ont eu un immense impact sur la vie économique et sur le développement des techniques [...] Il doit être souligné que les idées, les idéaux, les croyances, les théories, les marchandises, les machines, les organisations et les hommes sont tous des parties d'un unique système, où tous agissent et réagissent les uns sur les autres [...]

Le fait de la conscience de soi signifie que les individus humains et les organisations humaines existent au milieu d'un environnement complexe de croyances, d'idées, de préjugés, de désirs et d'aversion. Cet environnement mental domine les individus humains et les organisations comme l'environnement physique domine le royaume animal³.

Sa frustration à l'égard des limites étroites de la pensée économique dominante s'exprima de manière saisissante quelques années plus tard dans son style si particulier :

Economists are understood to study goods, if not the Good,

¹ Kerman C.E. (1976), pp. 14-16 ; Hammond D. (2003), p. 198 et p. 204.

² Kerman C.E. (1976), p. 15 ; Hammond D. (2003), pp. 204-205.

³ Boulding K.E. (1953), p. xxvii et p. 57.

Although their goods, we often find, are pale abstractions of the mind¹.

Pour Boulding, les économistes devaient cesser de s'auto-satisfaire de leurs théories abstraites échafaudées en excluant de leur perspective la quasi-totalité de l'expérience humaine, de faire de leurs très relatifs succès des œillères en travaillant dans l'ignorance superbe des apports des sciences prenant justement pour objets ceux qu'ils négligeaient, voire de nourrir une sorte de condescendance « impérialiste » visant à imposer à ces sciences leurs normes méthodologiques². Car l'économie ne serait en fait jamais qu'une perspective offerte sur le système social parmi d'autres tout aussi nécessaires, l'ensemble de ces perspectives ayant vocation à s'interconnecter pour former une « science générale » de ce système :

Les différentes sciences sociales ne sont pas réellement séparées les unes des autres par la moindre différence dans l'ordre des systèmes qu'elles étudient. *Toutes les sciences sociales étudient le même système social, mais à partir de points de vue différents.* Le système social lui-même est véritablement une unité, avec une sociosphère qui peut-être définie comme l'ensemble des êtres humains à la surface du globe dans leurs capacités en tant qu'acteurs de rôles, en tant que participants à des organisations en interaction les uns avec les autres [...]

Je me suis progressivement forgé la conviction, perturbante pour le théoricien professionnel, qu'il n'existe rien de tel que l'économie, qu'*il n'y a que de la science sociale appliquée aux problèmes économiques.* Il se pourrait même en fait qu'il n'y ait rien de tel que la science sociale, mais seulement une science générale appliquée aux problèmes de la société³.

La critique de Boulding allait plus loin, pour ainsi dire dans l'esprit de la maxime de Guy Debord ultérieure et désormais fameuse selon laquelle « l'économie transforme le monde, mais le transforme seulement en monde de l'économie »⁴ : l'économie orthodoxe serait en fait fondamentalement viciée et, par-là même, dangereuse. Boulding remarqua en effet que sa focalisation sur les flux de capitaux et de marchandises est indissociable du paradigme de la croissance économique indéfinie, tendant à encourager la maximisation de la production comme celle de la consommation. Or, il y avait là pour lui une aberration, un cercle proprement vicieux imposant plus que tous les arguments précédents une profonde remise en cause. Car l'économie orthodoxe se ferait ainsi rien moins que l'organe théorique de la destruction des conditions même de la pérennité du système social dans son ensemble :

La totalité de la création forme un vaste écosystème. Pour les buts de l'analyse, il est certes fréquemment pratique de considérer une partie du tout comme s'il était le tout lui-même [...] Mais dans une telle analyse, l'unité du tout ne doit pas être perdue de vue ; *un système social qui prospère sur l'exploitation de ressources épuisables n'a pas une longue durée de vie*⁵.

Celui qui croit qu'une croissance exponentielle peut continuer indéfiniment dans un monde fini est soit un fou, soit un économiste⁶.

Ouvrant la voie à ces concepts très différents mais apparentés que sont le « développement durable » et l'« économie de décroissance »⁷, Boulding inaugura ainsi dès 1950 l'« économie écologique » (qualifiée en 1966 d'« économie du vaisseau terrestre », par opposition à « l'économie de cowboy »). En s'inspirant de Lotka (qu'il surnomma en 1959, dans une lettre à Bertalanffy, le « Saint-Jean Baptiste des systèmes généraux »⁸), il décrit le capital sur le modèle des systèmes biocénétiques, les stocks de capitaux étant assimilés à des populations en compétition entre lesquelles peut advenir un équilibre dynamique (susceptible d'être déplacé), leur taille à l'équilibre étant fonction de celle de tous

¹ Boulding K.E. (1958) : « Les économistes sont compris pour étudier des biens, à défaut du Bien, en dépit du fait que leurs biens se trouvent souvent être de pâles abstractions de l'esprit », in Hammond D. (2003), p. 198

² Sur sa critique de « l'impérialisme de l'économie », voir surtout Boulding K.E. (1973), pp. 958-961

³ Boulding K.E. (1950), p. vii. Pour la première partie de la citation, voir aussi Boulding K.E. (1972), p. 79 et (1973), p. 957.

⁴ Debord G. (1967, 1992), p. 24.

⁵ Boulding K.E. (1953), p. xxi. Les italiques me sont propres.

⁶ Cette remarque fut prononcée au cours d'une conférence, probablement en 1966. Voir par exemple Bayon D. & al. (2010), p. 36.

⁷ Pour une discussion de ces concepts et de leurs différences, voir Bayon D. & al. (2010). Quelques discussions (trop partielles) des thèses de Boulding y sont d'ailleurs entreprises, en particulier pp. 36-40. L'ensemble des travaux de Boulding, notamment du fait de son optimisme concernant les questions énergétiques, tend vers une promotion du concept de développement durable, mais nous verrons au 3-2-5-4 qu'il a aussi fourni des éléments que la doctrine de la « décroissance » devrait considérer de près – par sa réflexion approfondie sur le concept de croissance lui-même, qui le conduisit à introduire celui de « croissance structurale » (non quantitative).

⁸ Hammond D. (2003), p. 34.

les autres et ne dépendant que de la relation entre intrants et extrants, pas de l'intensité des flux. Il s'agissait de la sorte de montrer la possibilité d'une « économie de l'équilibre dynamique » affranchie du dogme de la croissance, qui encourage une *minimisation* de la consommation et de la production en les subordonnant à des objectifs essentiellement étrangers à l'économie orthodoxe : le progrès et la stabilité sociale, la justice et la liberté¹. En développant une telle vision de l'économie, Boulding s'exposa très vite aux foudres de ses collègues économistes dont bien peu (George Katona et Alfred Kuhn furent des exceptions) reconnurent son intérêt et sa valeur. Boulding admit vingt ans plus tard que ses vues furent presque toujours tenues pour d'« aimables excentricités » : la plupart de ses collègues identifièrent son hétérodoxie à une perte d'intérêt pour l'économie proprement dite, et ne le considérèrent dès lors plus comme l'un des leurs².

3-2-5-3 – *La fonction axiologique des sciences sociales selon Boulding*

La fronde de Boulding contre l'économie orthodoxe était en fait imprégnée de considérations éthiques, qui furent explicitées dans *The organizational revolution*. Boulding rédigea cet essai au cours de ses premières années passées à l'université du Michigan, où il obtint un poste en 1949. Ce contexte importe. Existait en effet depuis 1931 dans cette université une tradition d'interdisciplinarité en sciences sociales aussi forte que celle de Chicago, qui explique le recrutement de Boulding. Et peu après son arrivée, la division des sciences sociales bénéficia d'un financement considérable de la Fondation Ford pour soutenir des programmes de recherches interdisciplinaires en « sciences du comportement » sur une période de cinq ans. Boulding fut désigné membre du comité de planification des recherches et chargé de déterminer celles qui contribueraient le plus efficacement au développement économique. Il reçut lui-même en 1952 une enveloppe de la fondation pour financer le séminaire interdisciplinaire qu'il organisa entre 1949 et 1956 dans cette université³.

Ses convictions quaker comme sa conception de l'économie correspondaient impeccablement aux objectifs de la Ford, ce qui l'encouragea certainement à expliciter l'arrière-plan axiologique de ses travaux. Il y fut d'autant plus incité qu'un mouvement de réflexion sur « l'église chrétienne et la vie économique » fut engagé en parallèle en 1949 par le « Conseil fédéral des églises du Christ d'Amérique » pour répondre à une préoccupation croissante pour les problèmes éthiques posés par la vie économique contemporaine parmi les responsables religieux. Boulding fut naturellement choisi afin d'y contribuer et bénéficia par là-même aussi des financements alloués par la Fondation Rockefeller pour la réalisation de ce projet⁴. Il n'hésita dès lors plus à exposer une vision de la mission de ses activités scientifiques qui, tout en le rapprochant de Gerard, Rapoport et Miller, l'éloignait plus encore de ses collègues économistes orthodoxes ; à savoir que les sciences sociales auraient pour fonction de contribuer à délimiter le champ des possibilités sociales à l'intérieur duquel le jugement éthique peut se déployer ; et qu'elles devraient être une sorte de courroie de transmission entre l'éthique et les décisions politiques :

Les choses qui sont significatives en sciences sociales le sont parce qu'elles sont hautement affectées de connotations éthiques [...]. Un moraliste devrait aussi être un scientifique de la société [... et réciproquement], un scientifique de la société devrait aussi être un moraliste ; il devrait employer ses compétences techniques au service du « progrès » [...]

Le grand objet des sciences sociales, comme de toute science, est de trouver ce qui est *possible*. Les « lois » scientifiques sont en fait des fonctions de possibilité, qui limitent les relations entre les choses dans certaines frontières [...] L'éthique est l'étude de ce qui, parmi les choses possibles, est le « mieux » ou le « pire » [...] L'impossible n'est pas pertinent pour le problème du choix éthique. La tâche principale des sciences sociales eu égard à l'éthique est de nous enseigner après quelles lunes nous ne devrions pas courir [...] Je m'intéresse au type de jugements éthiques constituant des pré-requis aux décisions politiques qui doivent être ajoutés aux propositions seulement factuelles, causales ou hypothétiques des sciences sociales avant qu'une

¹ Boulding K.E. (1950), en particulier pp. 26-37. Voir aussi Boulding K.E. (1966a).

² Boulding K.E. (1972), p. 85 ; Katona G. (1976); Hammond D. (2003), pp. 199-200.

³ Hammond D. (2003), pp. 210-211.

⁴ Taft C.P., in Boulding K.E. (1953), pp. vii-viii (préface).

recommandation politique soit faite [...] Je recherche des critères de jugement selon lesquels les diverses potentialités [dans le champ social] peuvent être évaluées sur une échelle du « bien »¹.

Parmi ces critères de jugement, Boulding plaça en première place ceux que lui commandait son éthique quaker : la pluralité des centres de pouvoir, la liberté individuelle et la paix.

3-2-5-4 – *Les orientations « systémologiques » du séminaire dirigé par Boulding à l'Université du Michigan à partir de 1949*

Les quatre premières années de son séminaire interdisciplinaire, auquel participèrent des chercheurs issus aussi bien des sciences de la nature que des sciences sociales, reflètent ces préoccupations éthiques tout autant que leur solidarité avec l'évolution de Boulding vers une perspective « systémologique » générale.

Le thème de l'année 1949-1950 fut « compétition et coopération ». L'écologie fut impliquée au premier chef par Boulding. Il l'engagea dans un dialogue avec la sociologie, l'anthropologie culturelle, l'économie, les sciences politiques et la psychologie. Des sciences qui, que ce soit à propos de groupes sociaux, de cultures, de marché, d'organisations politiques, de développement de la personnalité ou de relations entre individus, impliquaient toutes ce thème sur un mode spécifique. La teneur des discussions est bien résumée par la conclusion que Boulding rédigea pour le clôturer :

Même lorsqu'une fausse analogie a été écartée, il y a quelque chose comme une *théorie générale de l'interaction* qui émerge de l'étude comparative de la biologie, de la sociologie, de la psychologie sociale, de l'économie, etc. [...] La recherche d'une théorie de la « compétition » en tant que distincte d'une théorie de l'interaction en général ne semble pas être très féconde².

Il s'était convaincu, notamment au contact des théories de Lotka et de Volterra, que tous les phénomènes doivent être quantitativement étudiés avec profit sous l'angle de systèmes dynamiques de populations en interaction et qu'une théorie générale de tels systèmes est possible, qui s'attacherait en particulier à étudier le problème de leur équilibre. Ne sachant pas trop comment la nommer, Boulding proposa dans un premier temps de l'appeler « écologie », ce domaine ayant été celui où l'on s'était approché au plus près d'une telle théorie. L'essentiel ici est qu'il en était en fin de compte venu à développer comme Bertalanffy un concept très général de système, en lui attribuant lui aussi la fonction de servir une unification formelle entre disciplines, par les isomorphismes qu'il induit :

Dans ses aspects quantitatifs, *la réalité doit toujours être considérée comme un système de populations* [...] *Toutes les sciences étudient des sociétés* [...], *des systèmes de parties en interactions mutuelle*. Chaque science a son propre univers de discours délimité par son atome conventionnel et son propre système d'abstractions. Néanmoins, *tous les univers de discours ont certaines similitudes générales*³.

La « théorie de l'individu » fut le thème en 1950-1951. Ici encore, l'objectif était de dégager un concept transdisciplinaire, dans une perspective systémique très voisine de celle de Bertalanffy et du concept d'*org* de Gerard : l'individu y était décrit comme « un agrégat en fonctionnement, délimité par une frontière avec le reste de l'univers, descriptible en termes de structure et de comportement », capable de se maintenir dans son intégrité et de s'adapter aux variations de son environnement par des processus d'autorégulation.

Enfin, la « théorie de la croissance » fut le thème en 1952-1953. Sur la base des discussions entreprises au cours des précédentes années et des travaux de D'Arcy Thompson, ce séminaire fut consacré à l'examen des schèmes de croissance dans le monde naturel, qu'il s'agisse de cristaux ou d'organismes, en le confrontant à la problématique de la signification de la croissance dans le développement psychologique, sociologique, éducationnel, économique et même architectural. Boulding fut particulièrement satisfait de ce troisième séminaire, qu'il jugea comme le plus interdisciplinaire de tous⁴. Il aboutit à sa publication en 1953 d'une esquisse de « théorie générale de la croissance », dont l'intérêt fut de mettre en avant trois types idéaux de croissance (« simple »,

¹ Boulding K.E. (1953), pp. xiii-xvi et pp. 7-8.

² Boulding K.E. (1950), in Hammond D. (2003), pp. 214-215. Les italiques me sont propres.

³ Boulding K.E., in Hammond D. (2003), p. 215. Les italiques me sont propres.

⁴ Hammond D. (2003), pp. 215-216.

« populationnelle » et « structurale »)¹ et d'énoncer quelques « principes très généraux » concernant le troisième type² – lequel, désignant une croissance qualitative dans la « complexité » ou le degré d'intégration du système considéré, se révèle *a posteriori* présenter une signification importante eu égard aux enjeux actuels autour de l'urgence écologique et du concept de « décroissance »³. La perspective adoptée par l'économiste rejoignait remarquablement celle de Bertalanffy, avant même qu'il ait pris connaissance de son projet « systémologique » général :

Le phénomène de croissance se trouve dans presque toutes les sciences [...] Mais il ne suit bien sûr pas de la seule universalité du phénomène de croissance qu'il doive y avoir une unique théorie unifiée de la croissance qui couvre tout, de la croissance d'un cristal à celle d'un empire. La croissance n'est pas en elle-même un phénomène simple ou unifié et nous ne pouvons attendre que les multiples formes de croissance puissent être regroupées sous le parapluie d'une unique théorie. Néanmoins, tous les phénomènes de croissance ont quelque chose en commun et, ce qui est plus important, les classifications de formes de croissance et donc de théories de la croissance semblent traverser la plupart des frontières conventionnelles entre sciences. De plus existent un grand nombre de problèmes communs à des phénomènes de croissance apparemment divers [...] La remarquable universalité des principes énoncés ici [...] indique qu'émerge peut-être de la masse des sciences quelque chose comme une « théorie générale », qui est un petit peu moins générale et a un petit peu plus de contenu empirique que les mathématiques, mais qui est plus générale et a bien sûr moins de contenu que n'en ont les sciences spécifiques [...] Le type de théorie générale que j'ai à l'esprit est une généralisation d'aspects de l'expérience qui incluent plus qu'une simple quantité abstraite et qui sont communs à beaucoup voire à tous les « univers de discours » constituant les diverses sciences. La croissance est un tel aspect ; l'organisation en est un autre, de même que l'interaction⁴.

3-2-5-5 – Une approche « systémologique » de la « révolution organisationnelle »

Les débats internes aux trois premiers séminaires de Boulding nourrirent sa rédaction en parallèle de *The organizational revolution*, un essai emblématique dans l'histoire du projet de « systémologie générale » que Bertalanffy qualifia en 1955 d'« exemple de son application à la société humaine »⁵. Par « révolution organisationnelle », Boulding désignait « un mouvement général de l'histoire ayant été soumis à une remarquable accélération » depuis le dernier quart du XIX^e siècle : la « grande augmentation en nombre, en taille, en efficacité et en pouvoir d'organisations [sociales] d'espèces de plus en plus diverses touchant tous les domaines de la vie », particulièrement des organisations économiques et politiques. L'homme avait certes toujours vécu dans des organisations, mais Boulding voyait une nouveauté radicale dans leur « changement d'échelle »⁶. Il s'agissait pour lui d'expliquer ce processus. Mais conformément à la vocation axiologique qu'il assignait à ses travaux, il ne cacha pas que l'enjeu dépassait pour lui de loin le domaine de la « science objective » pour s'étendre aux implications éthiques et politiques de la « révolution organisationnelle », essentiellement quant à ses conséquences pour la liberté individuelle, la justice sociale et la paix. Il en expliqua fort bien l'importance dans la perspective du Chrétien en général, et du Quaker en particulier, à partir de l'idée que toute organisation, telle Janus, manifeste « deux faces » :

¹ Boulding K.E. (1956c), p. 66. L'essai fut publié une première fois en 1953. La croissance « simple » (positive ou négative) désignait celle d'une seule variable ou quantité « par accumulation » ou « réduction ». La croissance « populationnelle » désignait le cas où la quantité croissante n'est pas considérée comme un agrégat homogène, mais analysée en une distribution d'âges, où la croissance est considérée comme l'excès des « naissances » (additions à l'agrégat) sur les « morts » (soustractions à l'agrégat), et où son analyse est menée en termes de fonctions liant naissances et morts à la distribution d'âge. Quant à la croissance « structurale », il s'agissait chez Boulding d'un concept s'appliquant à une « structure complexe de parties inter-reliées dans laquelle le processus de croissance implique un changement dans la relation entre les parties » : ce qui croît ici n'est pas la taille de la structure, mais « la complexité ou la nature systématique de ses parties ».

² *op. cit.*, pp. 70-73. Boulding énonça en particulier un « principe de nucléation » (« toute structure a une taille minimale qui constitue son noyau », taille qui dépend de sa complexité) ; un « principe de Pinocchio » ou encore de « nucléation hétérogène » (« le noyau n'a pas besoin d'être homogène à la structure qui croît autour de lui ») ; un « principe de changement non-proportionnel » (« lorsque croît une structure, les proportions de ses parties et de ses variables significatives ne peuvent pas rester constantes ») ; et un « principe de D'Arcy Thompson » (« à tout instant, la forme d'un objet est le résultat de ses lois de croissance à cet instant ») ; les deux derniers principes seront revus plus loin.

³ La croissance en complexité structurale n'est pas quantitative du point de vue « matériel » mais du point de vue « relationnel ». C'est donc un principe intégrable à l'utopie écologiste de la « décroissance », sans inconvénient et même à son avantage : elle lui offre de riches opportunités de connexion avec la problématique du progrès social lui permettant d'éviter le piège de la dichotomie entre nature et culture.

⁴ *op. cit.*, pp. 74-75. Les italiques me sont propres.

⁵ Bertalanffy L. von (1955a), p. 80.

⁶ Boulding K.E. (1953), p. xi, p. 3 et p. 256.

La croissance des organisations n'abolit certainement pas les vieux commandements, mais elle pourrait bien appeler à en écrire de nouveaux [...] Bon nombre des dilemmes sont créés par le fait que l'organisation est d'un côté une expression de solidarité à l'intérieur d'un groupe organisé, et d'un autre côté une expression d'un manque de solidarité avec ceux qui se trouvent hors de l'organisation [...] L'État qui protège et chérit les enfants de ses citoyens bombarde impitoyablement les enfants de ses ennemis [...] Le dilemme est particulièrement aigu pour le Chrétien [...] Les cultures chrétiennes se sont en général montrées favorables à l'organisation, ne serait-ce que par la valeur immensément grande accordée à la camaraderie [*fellowship*] [...] Néanmoins, l'universalité de l'idéal chrétien de camaraderie, issu de la vision chrétienne de Dieu comme le Père de *tous*, crée constamment un dilemme moral surgissant de la nature duale de l'organisation [...] Dans un monde d'organisation mutuellement exclusives et en compétition, le Chrétien est continuellement assailli par des dilemmes moraux¹.

Le dilemme fondamental était en fait conçu par Boulding sur un motif quasi-théologique, car analogue à un dualisme entre l'esprit et le corps où le premier doit s'incarner dans le second et se voit par-là même condamné à la corruption : il serait nécessaire à la fois qu'un idéal social s'incarne dans une organisation, et que celle-ci corrompe à son tour l'idéal qu'elle incarne.

Le premier moment « systémologique » de son essai concerne la méthodologie jugée nécessaire afin d'étudier les causes et les conséquences de la « révolution organisationnelle ». Il faudrait en premier lieu assumer la nécessité d'une perspective modélisatrice, en ayant conscience de sa fonction et de ses limites. Boulding utilisa des termes presque identiques à ceux de Bertalanffy, dont la métaphore de la carte qu'affectionnait certainement tout autant Rapoport à la suite d'un célèbre adage de Korzybski (« la carte n'est pas le territoire ») :

Nous ne pouvons aller loin dans l'étude des organisations ou de n'importe quoi d'autre à moins de disposer d'un certain « modèle » théorique en tant que guide pour percevoir ce qui est essentiel dans la masse immense de détails subalternes [...]

Il y a bien sûr un danger que l'enthousiasme pour le simple nous amène à négliger des particularités du complexe ; la sur-simplification est un danger de toute analyse. Néanmoins, sans simplification il ne peut y avoir d'analyse [...] C'est une faiblesse inévitable qu'il faille abstraire du réel afin de gagner en perspective [...] Le lecteur doit donc se garder de penser que la théorie de l'organisation [que je décris] soit autre chose qu'un simple diagramme ou carte de la réalité. Néanmoins, on peut souvent trouver son chemin plus facilement sur une carte que sur le sol lui-même².

Utiliser des analogies en vue de se doter d'une telle « carte » lui posait d'autant moins de problèmes qu'il rejoignait parfaitement la conception leibnizienne de leur légitimité :

Je suis convaincu que tout est comme chaque autre chose. Je crois fermement que la réalité est continue et qu'entre la particule la plus simple de matière ou l'idée la plus élémentaire et les organismes ou les philosophies les plus complexes existent des échelles pourvues de nombreux barreaux. En conséquence, nous devrions toujours nous efforcer de voir les similitudes entre les choses aussi bien que leurs différences³.

La question fondamentale devenait donc pour lui de savoir « s'il existe des caractéristiques de forme ou de structure que la plupart des organisations ont en commun », des similitudes dont pourrait émerger un modèle général rendant compte de certains traits essentiels de chacune en particulier. La forme de sa réponse dans la préface de son essai a autant d'importance que son contenu, tant l'expression utilisée est typique du mode « systémologique » de pensée :

Il y a de telles caractéristiques ; il est possible de construire *un modèle général d'une organisation qui incarne sous une forme abstraite les caractéristiques essentielles de toutes les organisations*⁴.

Pour y parvenir, Boulding se tourna dans la même direction que Gerard : celle des organismes vivants. Il était certes beaucoup plus attentif que le biologiste aux différences entre ces types d'entités – dont il sera question plus loin ; mais il jugeait les similitudes suffisamment significatives et nombreuses pour inclure organismes et organisations dans une même classe d'entités, qu'il ne nomma pas *animorgs*

¹ *op. cit.*, pp. 9-12.

² *op. cit.*, p. xvi et pp. 258-259 respectivement.

³ *op. cit.*, pp. 257-258.

⁴ *op. cit.*, pp. xvi-xvii. Les italiques me sont propres.

pour sa part, mais en référence à ces sciences en voie de constitution et d'institutionnalisation qu'étaient alors les « sciences du comportement » :

Il y a assez de similitudes pour que l'on soit justifié à considérer à la fois les organismes biologiques et les organisations sociales comme des parties d'un groupe inclusif de « créatures » que l'on peut appeler « unités de comportement », ou « systèmes comportementaux » [*behavioral systems*]¹.

L'idée originale de Boulding était de surcroît que repérer et exploiter les similitudes est aussi un moyen de mieux exhiber les différences et de cerner ce qui caractérise en propre les organisations. Il entreprit donc de pointer tant ces similitudes que leurs limites.

Tous les « systèmes comportementaux » auraient un certain « degré d'unité » et parcourraient un « cycle de vie » (naissance, croissance, maturité, mort). Tous manifesteraient un « comportement », c'est-à-dire une capacité de réponse de manière déterminée à des changements dans leurs environnements interne ou externe, reposant sur des « mécanismes de contrôle » sans lesquels ils périraient : des mécanismes de rétroaction leur permettant de maintenir certaines variables sensibles dans une certaine marge de tolérance – Boulding, qui parla ici d'homéostasie, s'était depuis peu familiarisé avec les premiers travaux cybernétiques. Par ailleurs, et il rejoignait clairement ici tant Bertalanffy que Gerard, Boulding insista sur l'idée que tous ces systèmes sont descriptibles en termes de « bilan comptable » et de « compte de produit », d'échange et de production – donc comme des systèmes ouverts :

La vie est un étrange processus de consolidation des temples instables de l'organisme par un complexe et perpétuel processus de « débit », qui correspond au compte de produit de l'expert comptable. Elle implique toujours un *échange*, qui est une transformation d'un composant en un autre plus utile à l'organisme, par un transfert mutuel de composants entre différents organismes ou entre un organisme et le monde inorganique. Et elle implique toujours une *production*, laquelle est la transformation interne d'un composant ou d'un ensemble de composants en un autre ensemble².

Dans la perspective écologique qu'il développait, le concept d'échange apparaissait à Boulding comme le plus fondamental pour comprendre les « systèmes comportementaux ». Il compara la fonction du « marché » dans la vie économique à celle de l'atmosphère dans les cas élémentaires de métabolisme ; la production d'une organisation et la vente de ses produits à un processus métabolique ; les animaux comme des « producteurs » et « vendeurs » de dioxyde de carbone, et comme des « acheteurs » d'oxygène. D'où son idée que l'ensemble des organisations peut, de manière similaire à l'ensemble des organismes vivants, être appréhendé comme un « écosystème », où elles entretiennent des relations de compétition et de complémentarité dont la résultante globale est une « coopération ultime » :

N'importe quelle organisation doit être considérée dans sa relation avec l'ensemble de son environnement. Une totalité d'organisations humaines, comme une totalité d'organismes biologiques, constitue un *écosystème* – c'est-à-dire comme un système auto-contenu et auto-perpétué de populations de diverses natures en interaction [...] Si nous voulons comprendre les lois qui gouvernent la croissance et la survie de n'importe quelle classe d'organisation, nous devons comprendre où elle s'ajuste dans l'écosystème social ; c'est-à-dire quelles sont ses relations avec les autres espèces d'organisation. Nous devons en particulier étudier ses processus métaboliques³.

Il faut remarquer, parce que c'est une part de la justification du positionnement de Boulding en tant que fondateur de l'« économie écologique », qu'il alla en fait plus loin que de poser cette analogie entre les deux types d'« écosystèmes » en soulignant explicitement, avec un sens du holisme à toute épreuve, l'inclusion de l'« écosystème social » dans l'« écosystème global », leur continuité et l'impact bien réel des activités humaines sur ce dernier :

Les organisations des hommes à n'importe quelle époque forment une partie de l'écosystème global. On ne peut pas même établir un club de bridge à Pétaouchnok [*Podunk*] sans affecter à un certain degré la flore et la faune du monde entier⁴.

¹ *op. cit.*, p. xvii.

² *op. cit.*, pp. xvii-xviii. Sur les « mécanismes de contrôle » et les références à la cybernétique, voir pp. xxvii-xxix.

³ *op. cit.*, pp. xx-xxi.

⁴ *op. cit.*, pp. xxii-xxiii.

Si Boulding poursuivit son analogie sur cet autre plan fondamental qu'est celui de l'évolution, ce fut d'ailleurs en voyant l'histoire humaine comme une « continuation de l'immense drame de l'évolution » (comme l'avaient fait Bertalanffy et Gerard en ajoutant : « par d'autres moyens »). Il était très attaché à cet aspect évolutif : son attention portée aux « mécanismes de contrôle » ne le rendait pas pour autant enclin à se focaliser (comme ce fut souvent reproché au fonctionnalisme et au structuralisme) sur la conservation des systèmes, le changement étant pour lui un moment constitutif de toute réalité sociale. Il comparait l'innovation qui survient constamment dans la vie sociale au processus de mutation ayant lieu dans la nature biologique. L'étude de l'évolution des écosystèmes biologiques lui suggéra deux idées originales : la possibilité d'une « révolution [sociale] écologique », qui prend plusieurs siècles pour s'accomplir et concerne non pas les forces politiques, mais les idées, les idéaux et les techniques ; et « l'idée de la catastrophe comme stimulant du processus évolutif et instrument pour empêcher les systèmes de s'installer dans un équilibre indéfiniment prolongé »¹.

Comme affirmé plus haut, Boulding fut très attentif aux différences entre organismes et organisations tout au long de son analogie, ce qui le distingua considérablement de Gerard. Les plus aiguës tenaient à ses yeux à leurs processus reproductifs respectifs et au fait que la conscience est un attribut exclusif des organismes, impliquant une différence essentielle dans la relation entre une organisation et ses membres par rapport à celle existant entre un organisme et ses cellules. Comme les organisations sont constituées d'êtres conscients, les attentes de ces derniers forment en effet une part déterminante du comportement des organisations, qui ont à traiter un problème étranger au monde biologique : celui du consentement de leurs membres à servir leurs fins². Par ailleurs, Boulding considérait que l'ordre hiérarchique, défini comme un « système régulier de subordination et de rang », constitue « une caractéristique qui ne se trouve dans aucune mesure significative dans les organismes vivants ». Il s'opposait à cette époque à cet égard à Bertalanffy et Gerard, ce qu'il ne fit plus par la suite, certainement sous leur influence³. Esquissant alors une idée qui devint très importante dans son œuvre ultérieure, il expliqua dans *The organizational revolution* que la hiérarchie surgit d'une « nécessité profonde » : « filtrer l'information », empêcher que l'information non nécessaire à la prise de décision qui est tirée des environnements interne et externe de l'organisation n'atteigne le sommet de sa hiérarchie, et transformer en ordre particulier à chaque niveau d'exécution l'information contenue dans les ordres généraux issus du sommet. Boulding voyait justement dans cette nécessité de la hiérarchie la source d'un « grave dilemme moral » posé par les organisations, particulièrement pour le Chrétien, puisqu'elle entre directement en conflit avec les idéaux égalitaristes⁴.

Une fois constitué son « modèle général » des organisations et de leur « écosystème », Boulding s'efforça de théoriser la « révolution organisationnelle » du point de vue de ses causes, de sa logique interne et de ses effets, pour aboutir à l'énoncé de « lois générales des organisations » et à un certain nombre de prescriptions d'ordres éthique et politique.

Il localisa pour une part l'origine de la « révolution organisationnelle » dans certains besoins immatériels : d'une part la « désorganisation de la structure des statuts » dans les sociétés féodales impliquée par l'avènement de l'économie de marché et la demande croissante de statut qui en aurait résulté chez des individus en quête de sécurité ; d'autre part la croyance, dont la justification resterait à démontrer et dépend bien évidemment de présupposés d'ordre axiologique, que les fins humaines sont plus efficacement servies par de grandes organisations que par des petites, et la « valeur positive » accordée en conséquence dans la culture occidentale à la « croissance » en tant que telle⁵. La « révolution organisationnelle » serait toutefois moins le fruit d'une « demande accrue » que celui d'une « offre accrue », à savoir la « capacité accrue d'organiser » résultant de la technique moderne (en particulier du point de vue des communications) et de la sophistication des techniques d'organisation elles-mêmes. Cette révolution ne serait donc pas tant le résultat de nouveaux besoins que celui d'un changement radical et perpétuel dans la capacité à satisfaire des besoins qui ont toujours existé, capacité qui se serait progressivement émancipée des besoins eux-mêmes pour

¹ *op. cit.*, pp. xxiv-xxvi.

² *op. cit.*, pp. et xvii et xxx-xxxii.

³ Boulding K.E. (1956a), p. 27 par exemple.

⁴ Boulding K.E. (1953), pp. xxxii-xxxiii. Cette idée de la fonction de filtre de la hiérarchie est constitutive de Boulding K.E. (1956a).

⁵ *op. cit.*, pp. 18-20, p. 29 et p. 33.

satisfaire une logique propre et imposer celle-ci à l'ensemble de la société¹ : Boulding, qui n'ignorait pas les travaux des sociologues allemands bien au contraire, tendait manifestement ainsi à transposer à sa problématique les thèses de Simmel.

L'analyse qu'il entreprit de la logique interne de la « révolution organisationnelle » se focalisa sur le processus de croissance des organisations. C'est l'un des points qui frappa le plus Bertalanffy, lequel releva avec raison la correspondance entre l'analyse de Boulding et sa propre théorie de la croissance animale. L'économiste s'intéressa d'abord aux principes généraux déterminant les limites de la croissance. Et son analogie entre organisations et organismes l'amena à en formuler deux. En premier lieu le « principe de l'environnement de plus en plus défavorable » (dont Boulding nota toutefois qu'il ne s'applique en fait pas tant aux organismes individuels qu'aux populations de tels organismes) : plus un « système comportemental » absorbe et utilise des parties de son environnement qui sont utiles à son développement, plus l'environnement se montre défavorable². Selon Boulding, qui s'inspira ici entièrement de D'Arcy Thompson³, le principe de limitation de la croissance le plus important serait toutefois structurel, interne aux « systèmes comportementaux ». Il l'appela le « principe de la structure interne de plus en plus défavorable » :

Lorsque la taille d'une organisation ou d'un organisme augmente, il lui est impossible de maintenir intacte sa structure proportionnelle⁴.

Dans le cas des organismes, Boulding faisait ici référence à la nécessité des changements structuraux et des limitations de taille imposés par le fait qu'un accroissement des dimensions linéaires accroît la surface en fonction du carré de ces dimensions, alors que le volume l'est en fonction de leur cube. L'analogie s'en trouverait dans les organisations⁵ : à mesure de la croissance en taille, il deviendrait de plus en plus difficile de maintenir l'adéquation du système de communication ayant pour fonction de relier les individus qui sont en contact direct avec l'environnement extérieur à l'organisation et se trouvent en ce sens à sa « surface », et ceux voués aux fonctions internes de l'organisation (en particulier ceux qui ont les principales fonctions de décision). Boulding ne fut pas ici très explicite, mais il le fut ailleurs⁶ et son analogie se reconstruit comme suit : la « surface de contact » entre l'organisation et son environnement, qui permet de collecter l'information sur ce dernier et d'échanger le « matériel » nécessaires à sa survie et à sa croissance, croît en raison du carré de la « longueur » des lignes de communication au sein de l'organisation. Le « volume », c'est-à-dire ici la taille de l'organisation, croît en raison du cube de cette « longueur ». De sorte que la croissance de l'organisation tend à diminuer la part relative de sa communication avec la « surface » par rapport à la communication interne. À quoi s'ajoute le fait que l'accroissement de la longueur des lignes de communication augmente aussi les risques de « bruit », c'est-à-dire d'altération de l'information. La conséquence en est que l'organisation ne peut continuer à croître qu'en créant de plus en plus de structures (administratives) vouées à compenser ces difficultés elles aussi croissantes de communication avec la « surface », jusqu'au point où les coûts de tous ordres impliqués par ces structures finissent par annuler les avantages de la croissance (tels que des gains de productivité) : celle-ci ne peut dès lors plus se poursuivre.

Boulding, qui restait ainsi constamment fidèle à ce qu'il appelait le « principe de D'Arcy Thompson » (selon lequel « la croissance crée la forme et la forme limite la croissance »), conclut donc de cette réflexion que la cause de l'expansion observée des organisations devait être recherchée dans deux directions : les changements leur ayant permis de reculer les limites imposées par leur environnement et ceux leur ayant permis de reculer le point où leur structure interne devient défavorable au point d'interdire la croissance. Boulding souligna le rôle crucial joué par la révolution technique (physique) des modes de transport et de communication, qui permit en particulier d'abaisser leurs coûts. Mais il pointa surtout le rôle joué par le développement de nouveaux types de structures, d'un changement dans les techniques d'organisation analogue à celui observé chez les organismes :

¹ *op. cit.*, pp. 16-17, p. 21, p. 204 et p. 208.

² *op. cit.*, pp. 22-23.

³ Dans Boulding K.E. (1956c), pp. 71-72 et (1986), p. 49, il reconnut que le second « principe de limitation de la croissance » dont il va être ici question lui fut entièrement inspiré par les travaux exposés par D'Arcy Thompson dans *On growth and form*.

⁴ Boulding K.E. (1953), p. 23.

⁵ *op. cit.*, pp. 24-25.

⁶ Boulding K.E. (1956c), p. 72.

Dans les organisations sociales, lorsqu'un type de structure atteint les limites de l'expansion possible, un accroissement supplémentaire de taille peut être réalisé par de nouvelles formes structurales et de nouvelles méthodes de spécialisation [...] L'accroissement de taille n'est possible qu'au prix d'une complexité croissante de la structure. Mais les inventions organisationnelles qui permettent le développement de structures plus complexes sans simultanément briser l'efficacité de la communication reculent le point où cette complexité devient un facteur limitatif de la taille¹.

Le cœur de la thèse de Boulding est qu'en abaissant ainsi les « résistances internes » à leur croissance, les organisations avaient crû jusqu'à ce que les « résistances externes » deviennent de plus en plus importantes². Du point de vue économique en particulier, les organisations, outre le fait qu'elles doivent lutter contre le « principe du brontosauve » afin de ne pas voir décroître leurs gains de productivité, sont bien évidemment confrontées aux limites imposées par le marché. Une situation que Boulding jugeait caractéristique et très importante est celle de l'« oligopole », où un faible nombre d'organisations se retrouvent en compétition pour produire et vendre un produit que l'acheteur voit comme identique : cette situation essentiellement instable se caractérise par une compétition acharnée où aucune des organisations impliquées n'est en fin de compte en mesure d'étendre durablement ses parts de marché puisque toute velléité d'abaissement de ses prix ou d'effort en vue d'augmenter ses ventes est connue de ses concurrentes et prise en compte par des actions « agressives » de même nature. Boulding considérait en fait que la « révolution organisationnelle » augmente le danger de situation oligopolistique « dans presque tous les domaines » et non seulement celui de l'économie ; ce danger étant particulièrement aigu lorsque les organisations sont politiques, à l'échelle des États, et manifeste avec la « guerre froide » alors commençante, où ne tendaient à demeurer que deux centres politiques indépendants dans le monde³.

L'effet politique, psychologique et éthique de cette « révolution organisationnelle » serait qu'en imposant dans toutes les organisations en expansion une structuration hiérarchique de plus en plus complexe, rigide, dépersonnalisante et inégalitaire tout en plongeant ces organisations de plus en plus restreintes en nombre dans des situations de plus en plus conflictuelles, elle ne peut engendrer que l'ubiquité et la sophistication de la coercition à tous les niveaux de la société – notamment parce qu'elle induit une subordination croissante des individus à des logiques organisationnelles qui, antinomique à leur liberté, pose le problème de leur consentement. La croissance des dépenses consacrées à l'armement et « l'avènement du *totalitarisme*, qu'il soit fasciste, communiste ou *démocratique-militariste* », étaient pour Boulding l'expression la plus marquante de cette logique.

Aucun aspect de la révolution organisationnelle n'est plus menaçant que l'efficacité croissante de la coercition⁴.

La coercition, qu'il tenait pour « l'un des plus grands obstacles au progrès humain », finirait de toute façon par être contre-productive, car génératrice d'instabilité sur le long terme.

Pour Boulding, la critique de la « révolution organisationnelle » devait donc se déployer selon deux axes : une « critique technique » et une « critique morale »⁵. L'enjeu majeur serait de parvenir à une « théorie de l'organisation » capable de formuler des « lois » générales dont il s'agirait ensuite d'analyser les enjeux éthiques :

L'idée qu'une théorie de l'organisation est possible est l'une des plus importantes de notre époque [...] L'importance de la théorie de l'organisation est qu'elle nous donne certaines suggestions quant aux sources de la profonde frustration de l'homme [...] Toutes les organisations sont soumises à des lois propres qu'elles imposent à leurs membres et qui peuvent ne pas être en adéquation avec les buts que ces derniers poursuivent [...] Sans comprendre les lois de l'organisation au moins à un certain degré, nous ne pouvons pas espérer créer des organisations qui servent les fins de l'homme au lieu de les frustrer⁶.

¹ Boulding K.E. (1953), pp. 26-27.

² *op. cit.*, p. 49.

³ *op. cit.*, pp. 33-40.

⁴ *op. cit.*, pp. 52-65 (p. 61 pour la citation et p. 62 pour la référence au « totalitarisme démocratique-militariste »). Voir aussi pp. 75-76.

⁵ *op. cit.*, p. 73.

⁶ *op. cit.*, pp. 66-67.

Boulding énonça de telles « lois » d'organisation, qu'il appelait les « lois d'airain de la société »¹ : la « loi de Malthus » (l'absence de contrôle de la croissance démographique implique la misère générale, et tout progrès technique dans ces conditions n'est qu'un prélude à une plus grande masse de misère) ; la « loi » de transmission (la famille est le principal instrument de transmission des schèmes culturels, tout changement social ne concernant pas le caractère de la famille étant donc transitoire) ; la « loi » de la taille optimale (toute organisation admet une taille et une structure optimales, et toute tentative d'outrepasser cette taille mène à la rupture de son système de communication et de décision) ; la « loi » de la hiérarchie (plus une organisation est grande, plus élaborée est sa structure hiérarchique) ; la « loi » de l'oligopole (si peu d'organisations indépendantes interagissent, une situation aiguë d'instabilité et de conflit sera créée) ; la « loi de la persistance du rôle » (les rôles joués par les individus dans une organisation sont indépendants de ceux qui s'y succèdent).

Boulding, qui se représentait (sous l'influence de Lotka et Volterra) la société comme un « écosystème de populations en interaction » naturellement sujet à « l'instabilité de mouvements cycliques »², restait attaché au capitalisme pour ce qu'il jugeait être sa capacité à « coordonner des organisations de petite taille dans un écosystème qui n'est pas centralement intégré », c'est-à-dire marqué par la multiplicité et la diversité des lieux de pouvoir. Et l'économiste utilisa ses analyses pour formuler non seulement des mises en garde sur les dangers de la « révolution organisationnelle » de ce point de vue, mais aussi des recommandations et des solutions en vue de l'édification d'une société qui serait éclairée par ses trois principaux idéaux : liberté, justice et amour³. Il s'attacha par exemple à répondre à « la nécessité croissante de démocratie interne dans les structures organisationnelles pour ne pas mettre la liberté en danger », en présentant un schéma cybernétique voué à améliorer la transmission d'information dans une structure hiérarchique⁴. Opposé au « laisser-faire » ultralibéral et partisan d'une « économie dirigée de marché » naviguant « entre rigidité de l'économie monolithique planifiée et instabilité du capitalisme de marché non gouverné », lui qui se définissait volontiers comme « socio-démocrate » insista aussi, en une sorte de synthèse « keynésiano-cybernétique », sur la responsabilité d'un État qui devrait assumer ses fonctions « homéostatiques » de régulation tout en restant limité dans ses prérogatives⁵ :

Seule l'interaction entre *beaucoup* d'organisations indépendantes (quelque chose comme la « parfaite compétition » de l'économiste) peut engendrer une société non coercitive et progressiste [... La société] devrait être « polyolithique » plutôt que monolithique ; i.e. elle devrait consister en beaucoup d'organisations quasi-indépendantes, avec un considérable taux de renouvellement pour permettre une constante expérimentation avec des mutations. Il devrait y avoir beaucoup de centres de pouvoir plutôt qu'un seul. Il y a néanmoins besoin d'une organisation inclusive ayant des pouvoirs limités pour agir comme « gouverneur »⁶.

3-2-6 – *L'unité dans la diversité des perspectives développées par les fondateurs de la Society for General Systems Research avant sa création*

La perspective politique et économique de Boulding l'éloignait quelque peu du socialisme de Rapoport, sensiblement du conservatisme antimoderniste de Bertalanffy et considérablement des velléités technocratiques voire totalitaristes de Miller et Gerard. Son souci de prendre vraiment en compte les spécificités du niveau sociologique d'organisation sans se focaliser sur ses seules similitudes avec les organismes ou même les systèmes biocénétiques l'éloignait tout autant de ces deux derniers qu'il le rapprochait de Bertalanffy et même de Rapoport. Celui de mettre ses travaux scientifiques au service d'une éthique centrée sur les valeurs de paix et de coopération le faisait nettement converger vers Rapoport et significativement vers Gerard et Bertalanffy, tout en le portant vers un antimilitarisme promis à l'opposer à Miller. Tous les cinq se retrouvaient néanmoins

¹ *op. cit.*, pp. 76-80.

² *op. cit.*, p. 79.

³ *op. cit.*, en particulier pp. 82-86.

⁴ *op. cit.*, p. xxviii, p. 52 et pp. 68-72 en particulier.

⁵ *op. cit.*, pp. 81-82

⁶ *op. cit.*, pp. 79-81. Le terme « gouverneur » fait manifestement référence à la cybernétique : c'est l'origine grecque de ce terme, à savoir κυβερνητική (« pilotage »), qui inspira à Wiener le terme « cybernétique » (Wiener N. (1948, 1961), p. 11 et (1954, 1962), p. 16).

parfaitement, par des voies et selon des modalités différentes, autour d'une même volonté d'inscrire leur pensée scientifique dans une perspective axiologique et praxéologique vouée à contribuer à la résolution des problèmes de l'humanité contemporaine ; autour d'une même passion des connexions analogiques et de l'unité de la science ; et dans un même effort pour développer des approches holistiques et transdisciplinaires opérationnelles, avec la conviction que telle était la voie nécessaire afin de servir au mieux cette volonté et cette passion. Leur rapprochement en 1954 ne doit donc rien au hasard.

Mais il faut voir aussi se dessiner derrière les travaux de Gerard, Rapoport, Miller et Boulding l'influence plus ou moins significative de ce que j'appellerai à la suite de Fox Keller les « cybersciences »¹, dont l'émergence fut tout-à-fait indépendante des travaux de Bertalanffy : la théorie de l'information, la cybernétique et la « recherche opérationnelle ». Il est indispensable de considérer certains éléments concernant ces dernières avant d'étudier les modalités et les conséquences du rapprochement de nos cinq chercheurs pour l'histoire du projet de « systémologie générale » : qu'il s'agisse des circonstances de leur rencontre, de l'évolution ultérieure de leurs pensées et travaux respectifs, et surtout de la fondation et des activités de la S.G.S.R., l'impact de ces nouvelles sciences est en effet incontournable.

¹ Fox Keller E. (1994), pp. 304-305.

3-3 – L'avènement parallèle des « cybersciences » : aux sources de leur rapprochement avec le projet de « systémologie générale »

Que l'on puisse regrouper la théorie de l'information, la cybernétique et la « recherche opérationnelle » sous le même vocable de « cybersciences » se justifie à plusieurs égards. Elles avaient en premier lieu en commun un même enracinement dans les opérations militaires de la seconde guerre mondiale, *via* le « bureau de la recherche et du développement scientifiques », l'O.S.R.D. [*Office of Scientific Research and Development*] – lequel était voué à coordonner et financer certaines recherches scientifiques susceptibles de servir des fins politiques et militaires. Cet enracinement les distinguait déjà nettement de Bertalanffy, Rapoport et surtout Boulding. Il les marqua au point qu'Alvin Weinberg, un ancien étudiant de Rashevsky ayant travaillé pour le « projet Manhattan », put en dire en 1967 encore qu'elles constituaient une « révolution empoisonnée »¹. Ces diverses sciences, qui tirent ainsi une part de leur origine de l'effort de guerre, partageaient de surcroît une même tâche : l'étude des systèmes complexes résistant aux modes usuels d'analyse. Elles avaient enfin en commun un vocabulaire (information, contrôle, rétroaction, etc.) et certains modes de représentation privilégiés (réseaux de communication, « boîte noire », etc.)².

Même si elles furent dans l'ensemble ténues, certaines connexions existèrent avant 1954 entre les fondateurs de la S.G.S.R. et les premiers représentants des « cybersciences ». Les relations que Gerard et Miller entretenirent avec Cannon jouèrent indirectement en ce sens : Cannon, j'y reviendrai au 3-3-2-2, fut impliqué dans les premiers développements de la cybernétique. Même s'il n'y intervint pas directement et resta à distance critique des débats qui y eurent cours, il faut de surcroît noter que Gerard participa en sa fonction de neurophysiologiste à la série de colloques organisés par la Fondation Macy entre 1946 et 1953, qui formèrent le principal creuset de la cybernétique³, dont il sera question au 3-3-2-5. La relation entre Miller et Szilard indique aussi, comme je le montrerai au 3-3-1-1, une probable prédisposition du premier à s'intéresser aux développements initiaux de la théorie de l'information. Rapoport fut pour sa part connecté à la cybernétique *via* Rashevsky : plusieurs des premiers cybernéticiens majeurs furent soit des élèves du physico-mathématicien (Pitts, Householder), soit en contact significatif avec lui (McCullough), l'un des textes emblématiques de la première cybernétique ayant d'ailleurs été publié par ses soins dans son *Journal of mathematical biophysics*⁴. Ils ne travaillaient certes plus avec Rashevsky à l'époque où le fit Rapoport ; mais il est clair que le premier continua à s'intéresser à leurs travaux et qu'il en tint Rapoport informé : nous avons vu qu'une influence de la cybernétique s'exerça sur les premiers travaux de modélisation mathématique de ce dernier. Quant à Boulding, son recours mentionné au concept d'homéostasie montre qu'il découvrit certains principes cybernétiques après 1949, certainement au cours des séminaires interdisciplinaires qu'il organisa à l'université du Michigan. Doit à cet égard être aussi relevé le fait que son séminaire fut consacré en 1953-1954 à la « théorie de la communication et de l'information »⁵. Pour sa part, Bertalanffy ne découvrit pas les développements de la cybernétique avant son arrivée au Canada en février 1949. La première trace de cette découverte se trouve en fait non dans ses publications cette année-là, mais dans une lettre adressée à Gessner en octobre 1949, où il mentionne des « débats » qu'il aurait eu à cette époque avec les cybernéticiens⁶. Des « débats » en fait bien énigmatiques, puisque Bertalanffy ne correspondait alors à ma connaissance avec aucun d'entre eux et que ni ses déplacements, ni ses positions académiques au Canada ne permettent d'envisager des contacts... Quoiqu'il en soit, ses premiers commentaires critiques, examinés au 3-3-3, apparurent en 1950 et 1951 et révèlent une bonne familiarité avec certaines publications cybernétiques majeures.

Que les fondateurs de la S.G.S.R. aient progressivement pris connaissance de certains développements des « cybersciences » avant 1954 ne signifie pas que celles-ci aient essentiellement influencé leur évolution vers des conceptions « systémologiques ». Même en prenant en compte les

¹ Müller K. (1996), pp. 98-99.

² Fox Keller E. (1994), pp. 304-305.

³ Helms S.J. (1991), p. 21 et p. 29 en particulier.

⁴ McCullough W. & Pitts W. (1943, 1968).

⁵ Hammond D. (2003), p. 214.

⁶ Lettre de Bertalanffy L. von à Gessner F. (28/10/1949), *Archives du B.C.S.S.S.*

cas de Gerard, Rapoport et Miller, cette influence fut relativement marginale *eu égard à ces conceptions proprement dites*. Il est clair néanmoins que ces développements parallèles, qui concernaient de près la pensée systémique et la quête d'une transdisciplinarité scientifique, ne pouvaient pas les laisser indifférents et qu'ils interrogeaient leurs projets respectifs. Je vais justement montrer que leur création de la S.G.S.R. peut en partie s'interpréter comme une réponse apportée à cette « concurrence » stimulante, et qu'elle répondit d'ailleurs non seulement à celle-ci, mais aussi à des problèmes auxquels les « cybersciences » étaient elles-mêmes confrontées. Il s'agira auparavant, dans ce chapitre, de parcourir l'histoire de ces dernières jusqu'à leur conjonction avec le projet « systémologique » général. Ce n'est bien sûr pas le lieu ici d'entreprendre une histoire détaillée, les études ne manquant pas à ce sujet¹ : mon objectif se limitera à rendre saillants les points de cette histoire dont le rôle fut important dans le destin du projet bertalanffien.

3-3-1 – *La mesure mathématique de l'information et le problème de sa signification transdisciplinaire dans une perspective « systémologique »*

Les origines et fondements de la théorie mathématique de l'information doivent être considérés en premier lieu ici, dans la mesure où les autres « cybersciences » se sont constituées avec elle, en en faisant l'un de leurs outils et une référence omniprésente.

3-3-1-1 – *Éléments sur les origines du concept mathématique d'information et de son interprétation problématique*

Le physicien Abraham A. Moles a vu dans le projet leibnizien de « combinatoire universelle » l'ancêtre de la théorie mathématique de l'information, au motif que Leibniz avait avancé en le formulant la possibilité de réduire la description de tout phénomène à une série d'alternatives binaires, dès lors que l'on pose à la nature les bonnes questions². Mais le point de départ de cette théorie se trouve surtout dans des travaux réalisés au cours des années 1920. Il s'agit d'abord de plusieurs définitions mathématiques de l'« information ». Ronald A. Fisher fut le premier à en élaborer une en 1921 dans le cadre de sa théorie statistique de l'échantillonnage, mais elle était inadaptée à la problématique de la communication et resta confinée au cadre de cette théorie³. Il en va autrement de celles fournies par deux ingénieurs des laboratoires de la compagnie américaine de télécommunications Bell, Harry Nyquist et Ralph Hartley. Dans le contexte d'une étude technique de la transmission de messages télégraphiques publiée en 1924 puis approfondie en 1928, Nyquist donna une définition de la vitesse V de leur transmission comme une fonction proportionnelle d'un facteur constant K au logarithme décimal du nombre n de niveaux de voltage utilisés pour cette transmission : $V = K \log(n)$; il exposa aussi les conditions de la conversion de signaux analogiques en messages binaires sans perte de signification⁴. Son collègue Hartley publia quant à lui en 1928 un article sur la transmission d'« information », en étant le premier à donner à celle-ci une signification technique précise, mathématique et totalement indépendante des questions sémantiques, à savoir celle d'une mesure du nombre de choix possibles de signes dans une liste donnée : un message de n signes choisis (avec répétition possible) dans une liste de S signes peut l'être de S^n manières et Hartley définit le contenu informatif I de ce message par le logarithme décimal de ce nombre de possibilités : $I = \log(S^n) = n \log(S)$. Apparaît déjà dans cette définition⁵ l'idée de mesurer le contenu informatif d'un message par sa valeur de « surprise », puisque ce contenu est d'autant plus grand que la probabilité p d'apparition du message (à savoir $p = 1/S^n$ en cas d'équiprobabilité des messages) est faible (dans la mesure où $I = \log(1/p)$ croît vers l'infini lorsque p décroît vers 0).

Un autre développement contemporain surgit en physique de manière totalement indépendante à partir de réflexions théoriques autour de l'interprétation, issue de la thermodynamique statistique, de

¹ Par exemple Helms S.J. (1991) pour la plus compréhensive à ma connaissance. Beaucoup plus récemment et dans une perspective axée sur le développement de la cybernétique en France, voir Le Roux R. (2010).

² Moles A.A., préface à l'édition française de Weaver W. & Shannon C.E. (1949, 1975), p. 15.

³ Baer R.M. (1953), in Quastler H. (1953), p. 21 ; Wiener N. (1948, 1961), p. 62.

⁴ Nyquist H. (1924), p. 324 et (1928), p. 617.

⁵ Hartley R. (1928), p. 535 en particulier.

l'entropie comme mesure du « désordre » dans un système. La question de savoir si le Second principe de la thermodynamique pourrait être contourné par l'intervention d'une « intelligence » avait été posée en 1871 par Maxwell au moyen d'une expérience de pensée, le fameux paradoxe du « démon de Maxwell », et le physicien avait alors suggéré une réponse positive¹. Dans un article publié en 1929, Szilard s'attacha à réfuter cette réponse. Le « démon » que Maxwell avait imaginé capable de trier les molécules d'un gaz en fonction de leur vitesse ne pourrait en effet diminuer par ses décisions l'entropie du système considéré qu'au prix d'un accroissement d'entropie en lui-même : la nécessité pour lui de mesurer la vitesse des molécules impliquerait une dépense d'énergie supérieure à la diminution d'entropie dans le gaz, de sorte que le système formé par le gaz et le « démon » ne contreviendrait finalement pas au Second principe. Szilard identifia l'acte de mesure à une acquisition d'« information », en considérant celle-ci comme une quantité distincte tant de la matière que de l'énergie et qui ne serait pas, comme le sont ces dernières, assujettie à des lois de conservation : elle serait au contraire susceptible de s'accumuler. Szilard suggéra même qu'elle pourrait être la clef de la résolution du problème de l'apparent triomphe de l'évolution organique sur le Second principe², dont j'ai montré en plusieurs occasions dans les deux premières parties l'omniprésence dans les débats en philosophie biologique. Tandis que Nyquist et Hartley avaient jeté certaines bases pour le développement d'une théorie mathématique de l'information, Szilard avait ainsi pointé ainsi ce qui allait bientôt devenir une problématique centrale : la pertinence de l'interpréter comme une théorie de la mesure de l'ordre ou de la complexité systémiques, et peut-être même celle de voir dans le concept mathématique d'information une généralisation du concept physique d'entropie.

L'impulsion pour une telle théorie de l'information fut fournie par les nécessités qui s'imposèrent pendant la guerre de coder ou décoder des messages secrets et de les transmettre sur de grandes distances. Elle le fut notamment par Weaver, qui dirigeait l'une des sections de l'O.S.R.D. et attira l'attention de Wiener sur ces problèmes, parmi d'autres tels que le contrôle balistique³. L'ingénieur mathématicien Claude E. Shannon élaborait cette théorie, sur la base des travaux de Nyquist et Hartley (dont il devint collègue en 1941 aux laboratoires Bell). Il avait soutenu en 1940 une thèse de doctorat en mathématiques sous la direction de Wiener, qui portait sur l'application des techniques de l'algèbre de Boole aux systèmes d'interrupteurs en ingénierie électrique⁴. C'est dans le prolongement de cette thèse et en étroite relation avec les travaux contemporains de Wiener⁵ qu'il construisit sa théorie mathématique de l'information, publiée en 1948 et aussitôt promue par Weaver.

3-3-1-2 – Une mesure de l'information isomorphe à l'entropie thermodynamique

Le point de départ en fut l'évacuation de toute référence au contenu d'un message et à sa signification dans la définition de l'information. En définissant la communication comme l'ensemble des « procédés par lesquels un esprit peut en influencer un autre », Weaver, qui en vint à comparer « information » et « signification » à des variables conjuguées au sens de la théorie quantique (c'est-à-dire au sens où l'étude de l'une ne saurait se faire qu'au détriment de l'étude de l'autre), a bien formulé la perspective behavioriste sous-jacente : l'information convoyée par un message s'identifie à une mesure de sa capacité à affecter le comportement de son récepteur⁶. L'idée, reprise de Hartley, fut donc mesurer le potentiel informatif⁷ d'un message particulier issu d'une source de messages par la réduction d'incertitude que la transmission effective de ce message apporte au récepteur, c'est-à-dire par « la liberté de choix dont on dispose pour sélectionner » ce message dans la source⁸. Une source de

¹ « Supposons qu'un récipient [contenant séparément deux gaz] est divisé en deux portions A et B par une paroi dans laquelle existe un petit trou, et qu'un être pouvant voir individuellement les molécules ouvre et ferme ce trou afin de permettre seulement aux molécules les plus rapides de passer de A à B, et seulement aux molécules les plus lentes de passer de B à A. Sans dépense de travail, il augmentera alors la température de B et diminuera celle de A, en contradiction avec la seconde loi de la thermodynamique » : Maxwell J.C. (1871), in Rapoport A. (1956, 1968), p. 138. Voir aussi Wiener N. (1948, 1961), pp. 57-58 et (1954, 1962), p. 34.

² Szilard L. (1929).

³ Müller K. (1996), p. 100 ; Fox Keller E. (1994), p. 305.

⁴ Wiener N. (1948, 1961), p. 13.

⁵ *op. cit.*, pp. 60-94 principalement. Voir aussi Moles A.A., in Weaver W. & Shannon C.E. (1949, 1975), p. 17.

⁶ Weaver W. & Shannon C.E. (1949, 1975) : p. 31, p. 37 et p. 61 (Weaver) ; et pp. 65-66 (Shannon).

⁷ J'utilise cette expression du fait de l'analogie avec la définition du pH (« potentiel hydrogène ») d'une solution par l'opposé du logarithme décimal de la concentration en ions $[H_3O^+]$ dans la solution. Elle n'était pas employée par les fondateurs de la théorie de l'information.

⁸ Sur la démarche utilisée par Shannon : Weaver W. & Shannon C.E. (1949, 1975), pp. 66-67 et pp. 87-88. Voir aussi pp. 38-46 (Weaver).

n messages ou, plus généralement, un univers de n événements étant donné(e), la sélection de l'un d'entre eux, E_i , est caractérisée par une certaine probabilité p_i (égale à $1/n$ en cas d'équibrosabilité). Le potentiel informatif $I(E_i)$ de E_i doit dans la perspective choisie être nul si E_i est certain, et d'autant plus élevé que p_i est faible ; sa mesure était aussi recherchée telle que la sélection de deux événements indépendants ait pour potentiel informatif la somme des potentiels de chacun d'entre eux. Ainsi l'idée de Hartley fut-elle reprise d'utiliser une mesure logarithmique des inverses des probabilités. Une telle mesure présentait l'intérêt de satisfaire l'ensemble des conditions requises, et ce quel que soit le choix du type de logarithme (de base supérieure à 1) utilisé¹. Le logarithme de base 2 fut toutefois choisi au lieu du logarithme décimal car il permettait d'introduire une unité d'information simple (le bit, contraction de « *binary digit* »), bien adaptée aux schémas binaires (ouverture / fermeture) de fonctionnement des circuits électriques utilisés dans les techniques de communication : la définition de $I(E_i)$ par $\log_2\left(\frac{1}{p_i}\right) = -\log_2(p_i)$ assure qu'un événement E_i deux fois moins probable qu'un événement E_j a un potentiel informatif supérieur d'une unité à celui de E_j (le bit étant cette unité)². Le concept d'information ainsi défini a donc une caractéristique essentielle : il ne concerne jamais un message en tant que tel, mais est toujours relatif à la situation globale de la source de messages dont ce message est issu, c'est-à-dire à la distribution des probabilités associée à cette source.

Une idée importante de Shannon fut d'associer à la source *dans son ensemble* une valeur informative, ce qu'il fit en définissant celle-ci par l'espérance mathématique de la loi de probabilité définie par les potentiels informatifs, c'est-à-dire par le potentiel informatif moyen de la source. Il s'agissait donc (avec les notations précédentes) de la quantité :

$$H = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2(p_i) \quad (1)$$

L'approche fut étendue par Wiener à une loi continue³. Shannon, qui se limita aux lois discrètes, établit une douzaine de théorèmes relatifs à la transmission de messages qui impliquaient H . L'important ici n'est toutefois que la signification conférée à cette quantité.

Shannon ouvrit lui-même la voie d'une connexion entre sa théorie et les considérations de Szilard en appelant H l'« entropie » de la source. Cette dénomination lui fut explicitement inspirée par l'isomorphie entre la quantité qu'il venait de construire et la définition de l'entropie thermodynamique fournie en mécanique statistique :

On reconnaîtra dans la forme de H celle de l'entropie définie dans certaines formulations de mécanique statistique, où p_i est la probabilité d'un système d'être dans la cellule i de son espace de phase. H est alors, par exemple, le H du fameux théorème de Boltzmann. Nous appellerons H l'entropie de l'ensemble de probabilités $p_1; \dots; p_n$.⁴

Cette connexion fut aussi faite par Wiener, qui la justifia dans le cas de variables continues⁵. Shannon faisait ici allusion à la définition statistico-mécanique de l'entropie thermodynamique fournie en 1872 par Boltzmann, et à sa reformulation par Josiah W. Gibbs en 1878. À savoir que l'entropie thermodynamique d'un système distribué en Ω « micro-états » (ou « complexions ») spécifiant l'état énergétique des molécules de ce système est définie au moyen de la constante k de Boltzmann par :

$$H = -k \sum_{i=1}^{\Omega} p_i \ln(p_i) \quad (2)$$

¹ Toute définition de la mesure du potentiel informatif de E_i par $I(E_i) = -\log(p_i)$, où \log désigne ici l'une quelconque des fonctions logarithmes de base supérieure à 1, assure que : (1) cette mesure est positive (car $0 < p_i \leq 1 \Rightarrow \log(p_i) \leq 0$) ; (2) E_i est certain $\Leftrightarrow p_i = 1 \Leftrightarrow I(E_i) = 0$; (3) $I(E_i)$ croît (vers l'infini) lorsque p_i tend vers 0 ; (4) si $p(E_i \cap E_j) = p(E_i)p(E_j)$ (indépendance des événements E_i et E_j), alors $I(E_i \cap E_j) = -\log(p_i p_j) = -\log(p_i) - \log(p_j) = I(E_i) + I(E_j)$.

² En effet, si $p_j = 2p_i$, alors $I(E_j) = -\log_2(2p_i) = -\log_2(2) - \log_2(p_i) = I(E_i) - 1$.

³ Sous la forme (f désignant la densité de probabilité associée à la loi considérée) :

$$H = - \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \log_2(f(x)) dx$$

⁴ Weaver W. & Shannon C.E. (1949, 1975), p. 89.

⁵ Wiener N. (1948, 1961), pp. 62-65.

où les p_i sont les probabilités pour chaque molécule de se trouver dans ces différents « micro-états » ; l'entropie se réduisant de surcroît, lorsque les « complexions » sont équiprobables (donc de probabilité $1/\Omega$), à l'expression isomorphe à celle du potentiel informatif :

$$H = k \ln (\Omega)$$

Un aspect important (car très suggestif) de l'isomorphisme tient à la possibilité de déduire de (1) une version informationnelle du Second principe de la thermodynamique : de même que l'entropie thermodynamique H définie par (2) croît nécessairement dans un système isolé, ce qui traduit l'évolution de ce système vers une plus grande homogénéité dans la distribution des « micro-états » et donc en ce sens vers un plus grand « désordre », on montre que l'entropie informationnelle H définie par (1) est maximale lorsque les événements (ou messages) E_i sont équiprobables, donc en cas d'homogénéité parfaite de la distribution dans la source considérée¹. Aussi Weaver put-il dès 1949 souligner avec enthousiasme la connexion intime entre les deux entropies en tant que mesures du « désordre » (ou de la désorganisation), en suggérant l'existence d'une rationalité sous-jacente restant à découvrir :

La quantité précisément nécessaire à l'établissement de l'« information » correspond exactement à la notion thermodynamique d'entropie [...] Il est très significatif qu'une expression du type de l'entropie apparaisse dans la théorie comme mesure de l'information [...] Dans les sciences physiques, l'entropie associée à une situation donnée constitue une mesure du degré de « hasard » ou, si l'on préfère, de « désordre » de cette situation [...] Ainsi, celui qui rencontre le concept d'entropie dans la théorie de la communication a de bonnes raisons de s'exciter – les bonnes raisons de celui qui a réussi à saisir quelque chose de fondamental et d'important. Que l'information soit mesurée par l'entropie paraît, après tout, chose naturelle, si l'on se souvient que cette information, dans la théorie de la communication, est liée à la liberté des choix lors de l'élaboration des messages. Ainsi, pour une source de communication, on peut dire – tout comme pour un ensemble thermodynamique : « cette situation est hautement organisée, le hasard ou le choix sont donc limités – c'est-à-dire l'information (ou l'entropie) est faible »².

3-3-1-3 – La tentation d'interpréter l'information mathématique comme une mesure généralisée de la complexité systémique et les espoirs nourris à cet égard

Bon nombre de recherches ne tardèrent dès lors pas à être entreprises afin de réussir, par-delà la correspondance formelle, à trouver un moyen de convertir l'une des deux entropies en l'autre³. Les plus significatives sont celles du physicien français Léon Brillouin. Celui-ci exposa en 1950 ce qui reste tenu pour la résolution du paradoxe du « démon de Maxwell ». Elle connectait les idées de Szilard avec la théorie de l'information fraîchement développée : le fait que le « démon » puisse voir les molécules du gaz requiert un quantum de lumière, donc une dégradation d'énergie, ce qui n'est possible qu'en tirant une certaine « entropie négative » (ou « néguentropie ») de l'environnement du système : le « démon » ne peut acquérir de l'information sur le gaz qu'en accroissant l'entropie dans cet environnement. L'information gagnée lui permet certes de prendre une décision qui fait décroître l'entropie au sein du système : en utilisant cette information, il récupère une partie de la perte de néguentropie qu'il a induite dans l'environnement. Le bilan reste toutefois une augmentation

¹ Shannon insista sur ce résultat (Weaver W. & Shannon C.E. (1949, 1975), pp. 89-91), mais n'en fournit pas la preuve générale. Celle-ci résulte des principes d'optimisation sous contrainte en égalité de fonctions de plusieurs variables. Il s'agit d'optimiser la fonction $H: (p_1; \dots; p_n) \mapsto -\sum_{i=1}^n p_i \log_2(p_i)$ sous la contrainte $g(p_1; \dots; p_n) = (\sum_{i=1}^n p_i) - 1 = 0$. Le lagrangien associé est la fonction $L: (p_1; \dots; p_n; \lambda) \mapsto H(p_1; \dots; p_n) - \lambda g(p_1; \dots; p_n)$. Un éventuel extremum lié satisfait les conditions :

$$\frac{\partial L}{\partial p_i} = -\frac{1}{\ln(2)} - \log_2(p_i) - \lambda = 0 \quad (\forall i \in \llbracket 1; n \rrbracket) \quad \text{et} \quad \frac{\partial L}{\partial \lambda} = 1 - \sum_{i=1}^n p_i = 0$$

Il en résulte immédiatement que la seule solution possible pour un tel extremum lié est celle de l'équiprobabilité. On a par ailleurs :

$$\frac{\partial^2 L}{\partial p_i^2} = -\frac{1}{\ln(2)} \frac{1}{p_i} \quad ; \quad \frac{\partial^2 L}{\partial p_i \partial p_j} = 0 \quad \text{pour } j \neq i \quad ; \quad \frac{\partial g}{\partial p_i} = 1$$

L'alternance des signes des « mineurs principaux diagonaux » de la matrice « hessienne bordée » du lagrangien construite au moyen des quantités précédentes assure que le cas d'équiprobabilité correspond bien à un optimum, et qu'il s'agit d'un maximum.

² Weaver W. & Shannon C.E. (1949, 1975), pp. 42-43.

³ Voir notamment Linschitz H., Augenstine L., Baer R.M. & Branson H.R., in Quastler H. (ed.) (1953).

d'entropie pour le système formé du gaz, du « démon » et de leur environnement. Brillouin vit qu'il y avait une correspondance entre ce cycle (néguentropie → observation → information → décision → néguentropie) et celui décrit par la théorie de Shannon (information → transmission du message → néguentropie dans le canal de transmission → réception du message → réception de l'information). D'où sa (très prudente) conclusion :

Nous avons des exemples de transmissions de néguentropie en information, et vice versa. Ceci mène à la conclusion que les deux quantités sont de natures similaires [...] Une précaution est toutefois requise et des définitions précises devraient être formulées avant que toute application correcte de ces idées ne devienne possible¹.

Dans un autre article publié l'année suivante, Brillouin montra par ailleurs que dans un système thermodynamique constitué de Ω complexions, l'entropie thermodynamique par molécule tend asymptotiquement vers l'entropie informationnelle de Shannon lorsque le nombre de molécules tend vers l'infini, résultat qui fut retrouvé d'une autre manière par la suite². Un apport de Brillouin qui concernait directement Bertalanffy fut enfin son constat que la redéfinition de l'entropie au moyen d'une distribution de probabilités par la mécanique statistique rend possible son extension aux systèmes ouverts en état de non-équilibre dans les termes de la théorie de l'information, extension qui fut là aussi très vite explorée par d'autres après lui : ceci suggérait que la possibilité d'une structuration, d'un « gain d'ordre » dans les systèmes ouverts, est interprétable comme un gain d'information, une « néguentropie »³.

Immédiatement, nombreux furent toutefois ceux à considérer que la portée de la théorie mathématique de l'information dépassait de loin le cadre des systèmes physiques ; qui, comme Wiener, voyaient dans l'information une réalité qui n'est « ni matière, ni énergie »⁴ et dans l'entropie informationnelle une mesure absolument générale et transdisciplinaire de la « complexité »⁵ et du degré de structuration des systèmes. Une mesure qui s'appliquerait à tous les domaines pourvu qu'on puisse y analyser les problèmes dans les termes de cette théorie mathématique de l'information. Tout semblait désigner celle-ci comme le type même de « théorie généralisée » et « exacte » s'appliquant à des classes très vastes de systèmes de différentes natures, que Bertalanffy appelait à la même époque de ses vœux. Ce dernier n'était pas parvenu à établir les modalités de la généralisation de son concept de système ouvert dès lors que les échanges auxquels les systèmes concernés sont soumis ne sont plus matériels ; comme j'y ai insisté dans ma seconde partie, il n'était pas non plus parvenu à connecter significativement son principe d'ouverture et son principe d'ordre hiérarchique. De sorte que l'extension de sa théorie des systèmes ouverts hors des sciences physiques et biologiques n'avait pu s'opérer que par des suggestions analogiques et avait dû rester purement formelle. La théorie de l'information promettait justement de dépasser de telles insuffisances, dans la mesure même où elle se focalisait non plus sur les échanges d'énergie, mais sur les échanges d'information : elle semblait permettre de dissocier totalement les problématiques de la complexité, de l'ordre systémique et de l'organisation des références physiques ou biologiques, et d'investir par là-même de manière « exacte » les domaines de la psychologie et des sciences sociales ; c'est-à-dire en fin de compte d'émanciper vraiment le concept de système des analogies « matérielles » pour lui donner les moyens d'accéder à la généralité visée par Bertalanffy. L'espoir d'une telle extension y compris et peut-être même surtout aux processus cognitifs, sociaux et culturels fut formulé dès 1949 par Weaver, qui n'y voyait aucun paradoxe au regard de son insistance parallèle sur l'absence de prise en compte de la signification des messages dans la « communication » :

La théorie mathématique a une portée très générale ; elle est fondamentale dans les problèmes auxquels elle s'applique et d'une puissance et d'une simplicité classique dans ses résultats. Elle est d'une telle généralité qu'il n'est nul besoin de définir les symboles considérés, qui peuvent être aussi bien des lettres, des mots écrits, des notes de musique, des mots parlés, de la musique symphonique ou des images. Sa profondeur est telle que les relations qu'elle établit s'appliquent

¹ Brillouin L. (1950, 1968), p. 161. Sur la résolution du paradoxe du « démon », voir aussi Wiener N. (1954, 1962), pp. 35-36.

² Voir Baer R.M., in Quastler H. (1953), p. 23.

³ Brillouin L. (1949, 1968). Voir aussi Branson H.R., in Quastler H. (1953) et Rapoport A. (1956, 1968), p. 140.

⁴ Wiener N. (1948, 1961), p. 132.

⁵ Ashby, Simon, Von Neumann et Moles suggérèrent d'appeler « complexité » ce que Shannon, Weaver et Wiener avaient appelé « information » : Moles A.A., in Weaver W. & Shannon C.E. (1949, 1975), p. 23.

sans discrimination à toutes les formes de communication. Ce fait s'explique, sans doute, par sa conception qui la fait coïncider en profondeur avec tout problème de communication – avec toutes les relations fondamentales impliquées, quelle que soit la forme particulière du cas envisagé¹.

3-3-1-4 – *La distance critique précoce de certains systémiciens proches de Bertalanffy*

Mais tout le monde n'était pas prêt à s'enthousiasmer ainsi. Il est en particulier certainement très significatif que Bertalanffy ne mentionna jamais la théorie de l'information dans ses écrits avant 1955 (y compris dans sa « biophysique de l'équilibre de flux » publiée en 1953 et alors même que des tentatives pour appliquer le concept d'information en biologie en liaison avec la thermodynamique des processus irréversibles étaient déjà entreprises), tout en s'intéressant par contre de près, à partir de 1950, aux travaux de Lienau – qu'il cita dans presque toutes ses publications ultérieures.

Dans le prolongement de sa collaboration avec Needham et Lotka, Lienau avait en effet combiné dès 1947 une critique des arguments mêmes qui allaient susciter l'engouement pour la théorie mathématique de l'information et un effort pour créer une mesure de l'organisation sur des bases mathématiques sensiblement différentes. Sa critique avait porté sur le caractère « métaphorique » de l'identification de l'entropie physique à une fonction mesurant le degré de désorganisation d'un système physique, et sur le caractère hautement spéculatif du transfert analogique de ce concept aux phénomènes sociaux et aux problèmes d'évolution en général. Lienau n'avait certes pas exclu la possibilité d'une mesure de l'organisation universellement applicable et avait même souligné le rôle qu'y joueraient certainement les concepts statistiques ; mais il avait jugé – et l'on comprend ici l'intérêt que Bertalanffy porta à ses idées – que le type de mesure impliqué par le concept physique d'entropie reste incapable de prendre en compte les aspects fonctionnels de l'organisation :

Il faut mettre en garde contre la confusion entre l'idée énergétique-mécanique d'entropie, d'abord métaphorisée comme une « désorganisation » vers le tournant du siècle, et l'idée fonctionnelle-adaptative ou moyens-fin de l'organisation biosociale [...] Un concept fonctionnel, dans la mesure où il réfère à des moyens et des fins, ne peut pas être réduit sans reste à un concept mécanique-structural [...] Il y a environ trois décennies, l'entropie a été interprétée comme une mesure du « désordre » ou de la « désorganisation » des constituants énergétique-matériels de l'agrégat physique. Il faut noter que cette interprétation est survenue tard et fut seulement introduite comme une métaphore explicative qui n'a jamais été requise pour un traitement satisfaisant des problèmes physiques [...] Lorsque les concepts moléculaires furent développés et validés expérimentalement, l'entropie fut réinterprétée comme une mesure de l'état de « brassage », de « mélange » ou d'« aléatoire » interne des constituants moléculaires de l'agrégat [...] Le grand nombre de ces éléments constituants et le caractère plus ou moins corrélé, plus ou moins coordonné, de leurs positions et mouvements, encouragea une utilisation trop libre de termes sociaux animistes tels que le désordre, l'anarchie, la dégradation, l'ordre et l'organisation [...] Et sous la pression spéculative ainsi engendrée, on en vint à parler de l'entropie comme si elle était libre de qualification et comme si elle était la seule mesure possible et universelle du désordre ou de la désorganisation².

La critique visait le concept physique d'entropie, mais elle s'appliquerait aussi bien à celui d'entropie informationnelle que bon nombre de chercheurs furent au début des années 1950 enclins à voir comme sa parfaite généralisation. Lienau s'était attaqué à l'idée que l'« ordre » mesuré par leur procédure purement statistique puisse être identifié à l'ordre fonctionnel dans les sociétés et les organismes, et il avait construit une théorie de l'organisation mathématiquement très différente. Cette théorie cherchait en effet à appréhender l'ordre fonctionnel en question en combinant l'algèbre des groupes, l'algèbre des matrices et le calcul des probabilités pour construire des définitions et des mesures des degrés de différenciation, d'intégration et d'organisation d'un système en termes de probabilités de certains « états de groupe » ; des définitions et des mesures qui, bien qu'ayant certains traits communs avec les deux entropies, ne pouvaient pas y être identifiées³.

Des critiques de la théorie mathématique de l'information s'inscrivant dans le prolongement de celles de Lienau ne tardèrent pas à être formulées dès lors que s'exprimèrent concrètement les velléités d'appliquer cette théorie hors de son domaine d'origine – celui des techniques de

¹ Weaver W. & Shannon C.E. (1949, 1975), p. 58.

² Lienau C.C. (1947), pp. 166-171.

³ *op. cit.*, pp. 176-216.

télécommunication. Et il importe ici de voir que les plus détaillées et, pour tout dire, les plus féroces, le furent par Rapoport (en 1956). Car en conjonction avec le ralliement de Bertalanffy à Lienau et son mutisme initial à l'égard de la théorie de Shannon et Wiener, elles montrent que ces deux principaux promoteurs de la « systémologie générale » n'étaient pas du tout enclins à sacrifier leur compréhension critique de ce projet au prix de spéculations analogiques infondées, quand bien même celles-ci invoqueraient une théorie « exacte ».

Rapoport asséna d'abord un coup de griffe acéré aux centaines de travaux voués aux soi-disant « applications » de la théorie mathématique de l'information qui venaient d'être publiés dans la première moitié des années 1950 :

Une bibliographie de la théorie de l'information datée de 1953 contient environ 800 entrées. Les écrits sur ce sujet vont de l'analyse sophistiquée de systèmes de radars et de circuits de télévision aux spéculations délirantes. En général existe une corrélation négative bien marquée entre l'étendue et la solidité des écrits, de telle sorte qu'il n'est pas difficile de comprendre la déception pour la « théorie de l'information » en tant qu'outil conceptuel large : le travail solide est confiné soit à l'ingénierie ou à des applications plutôt triviales, et les formulations ambitieuses restent vagues¹.

Le mathématicien insistait sur la spécificité de l'origine et des concepts de la théorie de Shannon et Wiener, et sur celle qui en découle des conditions de leur application. Et il mettait en garde contre les généralisations débridées vouées à se perdre dans des non-sens :

La recherche d'applications de la théorie de l'information à la communication dans un sens plus large qu'il n'est compris par ceux qui pensent en termes de tubes et de fils électriques (i.e. grossièrement aux problèmes de la communication humaine), tout en étant digne d'éloges et attractive, doit être tempérée par un sobre effort pour conserver un univers de discours bien défini [...] La théorie de l'information est fondamentalement une théorie de la *sélection* [...] Pour être défini comme une quantité d'information, un signal doit être sélectionné dans un ensemble ou associé à un élément d'un ensemble. Il est donc trompeur en un sens crucial de voir l'« information » comme quelque chose qui pourrait être versé dans un récipient vide, comme un fluide ou même comme une énergie².

L'une de ses critiques les plus importantes, qui rejoignait les considérations de Lienau, était qu'il ne suffit pas de maîtriser les simples outils mathématiques de cette théorie pour l'appliquer avec pertinence. Ce serait en particulier une erreur de croire qu'elle peut constituer une mesure de l'ordre en général, et de l'organisation biologique en particulier :

Seuls *certain*s arrangements [structuraux et fonctionnels] permettent à la vie de se maintenir. Il est donc trompeur de mesurer la quantité d'ordre simplement par celle de paroles nécessaires à quelqu'un pour donner les instructions pour sa reconstruction, ou par l'évaluation de l'improbabilité de la configuration en question. Toutes les configurations *particulières* sont équiprobables [...] La découverte d'arrangements « convenables » n'est pas une question de simple décompte, mais de compréhension du processus vital. En conséquence, bien plus qu'une compréhension de l'outil théorique de la théorie de l'information est requis pour faire une application appropriée de cet outil³.

Et Rapoport de s'attaquer à ceux qui « s'embarquent dans des spéculations métaphysiques voire théologiques » en invoquant l'isomorphisme entre entropies thermodynamique et informationnelle sans la moindre réflexion critique sur leurs significations respectives en tant que « mesures du désordre », ni sur la véritable portée de cet isomorphisme :

Le parallèle entre entropie et information n'a été pointé [par les créateurs de la théorie de l'information] que comme une identité formelle d'expressions mathématiques, et ceux qui souhaitent spéculer sur les effets de la seconde loi de la thermodynamique sur une « société fermée » et d'autres problèmes similaires devraient le faire à leurs propres risques et périls⁴.

Enfin, et il ne fait aucun doute que Bertalanffy et Boulding le suivaient sans réserve sur ce point, il va de soi (compte tenu de l'influence de Korzybski et Hayakawa) que Rapoport ne se priva pas de pointer les « pièges attendant ceux qui aspirent à étendre les aspects formels de la théorie de l'information aux

¹ Rapoport A. (1956, 1968), p. 137.

² *op. cit.*, pp. 139-140.

³ *op. cit.*, p. 141.

⁴ *op. cit.*, pp. 137-138.

applications ayant le plus d'intérêt humain », alors même la transition du concept d'information du sens technique (ingénierie de la communication) au sens sémantique (théorie de la signification) restait pour le moins énigmatique du fait même du point de vue sous lequel la théorie mathématique avait été développée¹. Au final, il ne s'agissait bien sûr pas pour Rapoport de nier les promesses bien réelles de cette théorie, mais de rester très prudent et critique sur la pertinence et les modalités de son utilisation :

Je crois que les extensions de la théorie de l'information et du concept d'entropie, qui voyage désormais dans le sillage de la théorie de l'information, sont entièrement dans l'ordre des choses. Je crains néanmoins que ces extensions ne soient pas choses faciles et qu'elles ne puissent pas être réalisées par « suggestion sémantique », c'est-à-dire par une tendance à confondre une invention de nomenclature et la découverte de principes².

3-3-2 – *Les sources et premiers développements constitutifs de la cybernétique*

La cybernétique, dont il va maintenant être plus longuement question, fut étroitement liée à la théorie mathématique de l'information puisqu'elle se fondait sur ses concepts et ses résultats. Ses ascendances sont elles aussi bien antérieures au milieu du XX^e siècle. Il va s'agir ici de les évoquer avant de relater les étapes de sa constitution comme « science générale du comportement finalisé des systèmes complexes » et les enjeux de diverses natures (épistémologique, idéologique, etc.) dont elle était solidaire. Un statut et des enjeux qui se révéleront d'une grande importance dans l'histoire du projet de « systémologie générale ».

3-3-2-1 – *Une diversité de sources disciplinaires originelles*

Leibniz, que nous avons déjà vu désigné précurseur de la théorie de l'information, fut qualifié en 1948 par Wiener de « saint-patron de la cybernétique », au triple motif de son projet de symbolisme universel, de son idée d'un calcul du raisonnement et de sa vision monadologique d'un « monde d'automates »³. Mais c'est chez des physiciens du XIX^e siècle que s'en trouvent les premières prémices vraiment significatives, avec une dualité de significations remarquable puisqu'on y voit *a posteriori* se dessiner l'idée d'une science de la régulation qui concerne aussi bien la technologie physique que la « technologie sociale ». En effet, d'une part le terme « cybernétique » fut forgé par André M. Ampère dès 1843, pour désigner la « science du gouvernement » des hommes⁴ ; d'autre part, Maxwell publia en 1868 une analyse formelle du système d'autorégulation des machines à vapeur, qu'il appelait leur « gouverneur », terme dont l'origine étymologique n'est autre que le grec *κυβερνήτης* [kubernétes] : Wiener reconnut cette étude comme la première à être dans l'esprit de ce qu'il prit en 1948 l'initiative d'appeler la cybernétique pour désigner la science générale de la « communication » et du « contrôle »⁵.

Une autre source importante mais initialement indépendante de cette science se repère dans le domaine de la psychologie. Le philosophe américain Edgar A. Singer (un maître de James) en fut l'un des instigateurs, dans un essai sur la « pulsion de vie » publié en 1914. Singer considérait la conscience comme un produit historique inaccessible à la psychologie expérimentale et suggéra que celle-ci se limite à l'étude de cette observable qu'est le « comportement ». Mais en opposition au behaviorisme d'un Watson, il jugeait le concept de « but » comme parfaitement légitime pour la psychologie scientifique et pour la science en général, et montra qu'on peut en formuler une signification expérimentale qui ne contredit pas les exigences causalistes : causalité et téléologie étaient pour Singer, comme ils l'avaient déjà été pour Leibniz, des schèmes conceptuels compatibles. Il exposa d'ailleurs un principe de transformation permettant de passer d'une explication causale à une explication téléologique sans introduire l'action de « forces » métaphysiques⁶. Ses compatriotes Clark Hull et Edward C. Tolman développèrent dans les années 1920 et 1930 une psychologie « néo-behavioriste » qui se rapprochait des vues de Singer : elle opposait au « behaviorisme moléculaire » de

¹ *op. cit.*, p. 139 et p. 141.

² *op. cit.*, p. 142.

³ Wiener N. (1948, 1961), p. 12 et p. 41 et (1954, 1962), pp. 20-21.

⁴ Ampère A. (1843), pp. 140-141.

⁵ Wiener N. (1948, 1961), pp. 11-12 et p. 97 ; et (1954, 1962), p. 16.

⁶ Churchman C.W. & Ackoff R.L. (1950, 1968), p. 243.

Watson (l'analyse du comportement en série causales « indépendantes ») un « behaviorisme molaire » influencé par la théorie de la *Gestalt*, qui visait l'étude du comportement dans sa globalité et reconnaissait à cette fin l'utilité des concepts téléologiques, jusqu'à accorder à celui de « but » une position éminente¹. On peut déjà relever ici une affinité avec la dichotomie bertalanffyenne entre « modèles molaires » et « modèles moléculaires ».

Une troisième source indépendante de la cybernétique se trouve à la même période dans les travaux des physiologistes voués à l'étude des mécanismes d'autorégulation que Cannon avait qualifiés d'« homéostatiques ». Cannon, dont les considérations à ce sujet ont été discutées au 1-4-5-9, fut une source directe, la principale en biologie. Mais il faut noter que le physiologiste allemand Richard Wagner put lui aussi (dans sa correspondance avec Bertalanffy) revendiquer sa place dans l'histoire de la cybernétique : il déjà avait développé entre 1925 et 1927 l'un des principaux concepts cybernétiques dont il va être question plus loin, celui de « rétroaction négative », dans le cadre de ses études du fonctionnement musculaire ; et il exposa en 1948 comment des mécanismes de contrôle rétroactif pourraient se révéler fondamentaux dans l'étude du fonctionnement sanguin². Néanmoins, ses travaux semblent n'avoir eu strictement aucun écho en Amérique et peuvent donc être négligés ici.

À ces trois sources physiques, psychologiques et biologiques de la cybernétique s'ajouta enfin l'impulsion des problèmes technologiques suscités là encore par la seconde guerre mondiale, en particulier ceux concernant le contrôle des missiles anti-aériens ; une impulsion que Wiener reconnut lui-même comme « décisive »³.

La cybernétique se constitua comme science (ou, tout au moins, comme programme scientifique) au cours de la douzaine d'années qui s'étend de 1942 à 1953, en se nourrissant de ces origines très diverses tout en se structurant autour de quatre moments emblématiques.

3-3-2-2 – Une entreprise de réhabilitation scientifique de la téléologie au moyen du mécanisme de « rétroaction négative »

Le premier tient à la longue collaboration entre ce mathématicien qu'était Wiener (dont la thèse avait été soutenue en logique mathématique), le physiologiste Arturo Rosenblueth et l'ingénieur mathématicien Julian H. Bigelow. Elle avait commencé entre les deux premiers avant même la guerre : Wiener s'intégra à un séminaire interdisciplinaire organisé par Rosenblueth à Harvard, où les questions de méthodologie scientifique jouaient un rôle central. Sous l'impulsion de Cannon, qui dirigeait le département de recherche où travaillait Rosenblueth, un thème très discuté dans ce séminaire était l'ubiquité du principe de régulation homéostatique en physiologie en général et en neurophysiologie en particulier, ainsi que sa pertinence hors de la biologie⁴. Wiener, qui se retrouva engagé pendant la guerre aux côtés de Bigelow, fit la connexion entre les problèmes balistiques de contrôle de trajectoire auxquels ils étaient confrontés et certains problèmes de contrôle des mouvements par le système nerveux central (plus particulièrement en cas d'ataxie, c'est-à-dire d'incapacité à coordonner l'action musculaire en vue d'accomplir un mouvement volontaire) : en discutant avec Rosenblueth, tous trois parvinrent à la conclusion qu'un même schéma de « causalité circulaire » permet de comprendre les deux problèmes⁵.

Le fruit de leurs réflexions fut la publication en 1943 de l'un des articles fondateurs de la cybernétique⁶. Le premier objectif en était de promouvoir une approche néo-behavioriste des systèmes et de classifier leur comportement : il s'agissait déjà de ce point de vue, j'y reviendrai au 3-3-2-6, d'un discours qui rejoignait en profondeur les préoccupations « systémologiques » de Bertalanffy. Les trois auteurs établirent en effet une opposition entre « approche behavioriste » et « analyse fonctionnelle » qui se calquait sur celle effectuée par Tolman et Hull entre « behaviorisme molaire » et « behaviorisme moléculaire » : la première consiste à étudier un objet comme une « boîte noire », par « l'examen de l'extrait de l'objet [i.e. tout changement produit dans son environnement] et des relations entre cet extrait et l'intrant [i.e. tout événement externe qui modifie l'objet] » ; tandis que la seconde vise

¹ *op. cit* ; voir aussi Helms S.J. (1991), pp. 201-202.

² Lettre de Wagner R. à Bertalanffy L. von (03/02/1958), *Archives du B.C.S.S.S.*

³ Wiener N. (1948, 1961), p. 3, pp. 5-6 et p. 39. Voir aussi (1954, 1962), pp. 76-77.

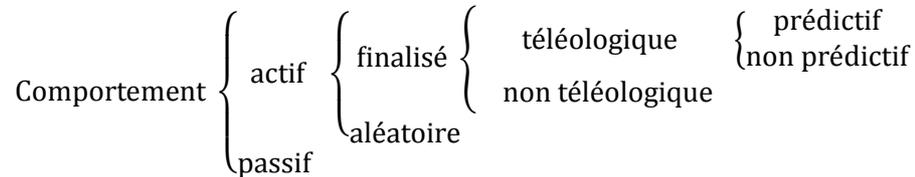
⁴ Wiener N. (1948, 1961), pp. 1-2 ; Helms S.J. (1991), p. 49 et p. 166.

⁵ Wiener N. (1948, 1961), pp. 5-7 et pp. 95-97 ; Wiener N. (1954, 1962), pp. 76-77 ; Wittezaele J.J. & Garcia T. (1992), pp. 50-51.

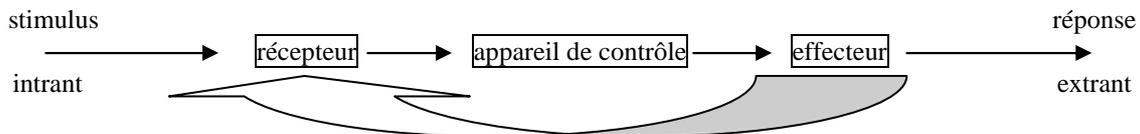
⁶ Rosenblueth A., Wiener N. & Bigelow J.H. (1943).

« l'organisation intrinsèque de l'objet, sa structure et ses propriétés », délaissant les relations entre l'objet et son environnement. Adoptant la première approche, Rosenblueth, Wiener et Bigelow définirent très généralement le « comportement » d'une entité comme « tout changement extérieurement détectable de cette entité par rapport à son environnement ».

Ils construisirent alors une classification des types de comportements possibles qui procédait par disjonctions et qui, empruntant la voie ouverte par Singer, accordait une parfaite légitimité aux perspectives téléologiques :



Par « actif », les auteurs entendaient un comportement dans lequel une partie au moins de l'extrant tient son origine de l'objet lui-même et non seulement de ses intrants. Par « finalisé » [*purposeful*] devait s'entendre un comportement « qui peut être interprété comme dirigé vers l'accomplissement d'un but », c'est-à-dire vers une « condition finale spécifique ». Un comportement « finalisé » était alors identifié comme « téléologique » s'il est de surcroît déterminé par un mécanisme de « rétroaction négative » [*negative feedback*] et se trouve de la sorte « intrinsèquement finalisé ». Dans ce mécanisme, le système est décomposable en un « récepteur (« organe sensoriel ») d'intrants, un « appareil de contrôle » qui recombine les « messages » issus du « récepteur » et les transmet après cette recombinaison à un « effecteur » (« organe d'action »), dont le fonctionnement est retourné au « récepteur » : une information sur l'extrant du système, sur son comportement en réponse à son intrant, lui est communiquée en retour comme intrant et *s'oppose* à l'action induite en propre par le reste de l'intrant, de telle sorte que l'état du système tend à se stabiliser¹ :



Le mécanisme de « rétroaction positive » [*positive feedback*], où l'information sur le comportement du système est réintroduite comme intrant et *s'ajoute* au reste de l'intrant pour agir dans le même sens (avec cette fois un effet d'amplification), était aussi brièvement évoqué, sans être classé comme « téléologique ». Les auteurs opéraient également une dichotomie entre comportements téléologiques « prédictifs », fondés sur une « extrapolation » des futurs états de la source d'intrants, et comportements « non-prédictifs », où une telle extrapolation est absente². Ils suggèrent enfin l'utilité de distinctions pouvant servir de bases alternatives de systématisation : entre comportements « linéaires » (extrant proportionnés aux intrants) et « non-linéaires » ; entre caractères continu ou discret des intrants et des extrants ; ou encore par le nombre de « degrés de liberté » que le comportement peut manifester³.

Dans le prolongement de cette « classification des comportements », le second objectif de l'article de Rosenblueth, Wiener et Bigelow était de « montrer l'importance des concepts de but et de téléologie, en dépit de leur présent discrédit ». En restreignant l'identification d'un comportement téléologique à un comportement contrôlé par une rétroaction négative, ils estimaient restaurer la pensée téléologique dans ses pleins droits scientifiques, au motif qu'elle ne s'oppose en rien au causalisme et au déterminisme en tant que simple expression d'une perspective différente portée sur un même objet – de même que le « behaviorisme moléculaire » n'exclut pas le « behaviorisme molaire ». Wiener prétendit même quelques années plus tard que cette identification aboutit à « reléguer toute la controverse entre mécanicistes et vitalistes [en biologie] dans les limbes des

¹ Le schéma suivant est celui d'un mécanisme de rétroaction négative simple exposé dans l'article de 1943 suivi ici. D'autres schémas plus sophistiqués se trouvent par exemple dans Wiener N. (1948, 1961), pp. 112-114.

² Rosenblueth A., Wiener N. & Bigelow J.H. (1943). pp. 18-21.

³ *op. cit.*, p. 22.

questions mal posées »¹ et qu'il y a dans le mécanisme de rétroaction négative une clef majeure afin de comprendre la capacité de systèmes matériels (organismes ou machines) à « produire une inversion temporaire et locale du cours de l'entropie » pour constituer des « îlots d'entropie décroissante »² :

La téléologie a été interprétée dans le passé comme impliquant un but et le concept vague de « cause finale » a souvent été ajouté. Ce concept de causes finales a mené à l'opposition de la téléologie au déterminisme [...] Il peut toutefois être observé que la finalisation, telle qu'elle est définie ici, est tout-à-fait indépendante de la causalité, initiale ou finale. La téléologie a été discréditée principalement parce qu'elle était définie de telle sorte qu'elle implique une cause temporellement postérieure à un effet donné. Mais lorsque cet aspect de la téléologie fut rejeté, la reconnaissance de l'importance du but fut malheureusement elle aussi discréditée. Puisque nous considérons la finalisation comme un concept nécessaire afin de comprendre certains modes de comportement, nous suggérons qu'une étude téléologique est utile si elle évite les problèmes de causalité et se limite à s'attacher à l'étude du but [...] Le comportement téléologique devient synonyme de comportement contrôlé par une rétroaction négative et gagne donc en précision par une connotation suffisamment restreinte. Selon cette définition limitée, la téléologie n'est pas opposée au déterminisme, mais à la non-téléologie. Les deux systèmes téléologique et non-téléologique sont déterministes lorsque le comportement considéré appartient au domaine où le déterminisme s'applique. Les concepts de téléologie et de causalité partagent une seule chose : un axe temporel. Mais la causalité implique une relation fonctionnelle unidirectionnelle, relativement irréversible, tandis que la téléologie concerne le comportement, non des relations fonctionnelles³.

Les thèses avancées par Rosenblueth, Wiener et Bigelow furent loin de faire l'unanimité. Une controverse les opposa notamment au philosophe Richard Taylor en 1950. Taylor contestait que les concepts de but et de comportement téléologique tels qu'ils les avaient définis puissent servir les objectifs qu'ils avaient annoncés et soient de la moindre manière utiles : le critère pour décider qu'une condition est ou non « finale » serait arbitraire et leurs caractérisations des comportements « finalisés » et plus encore « téléologiques » seraient si larges qu'elles engloberaient tous les types de comportement⁴. Rosenblueth et Wiener, qui identifiaient en parallèle la connaissance scientifique à une « séquence de modèles » voués à substituer à une « partie de l'univers » une « abstraction » de « structure similaire mais plus simple » et assumaient pleinement le caractère perspectiviste de telles constructions⁵, récusèrent ces critiques : ils opposèrent à Taylor que « l'analyse de tout processus peut être entreprise de maintes manières différentes, toutes scientifiquement valides et utiles » ; que la « notion de finalité » est parmi d'autres une « catégorie fondamentale » légitime ; et que si, comme toute autre catégorie, sa validité est limitée, on ne peut invoquer de telles limites pour nier les vertus d'approches téléologiques en vue de « simplifier l'analyse d'un comportement dirigé vers un but » et d'« élargir le spectre de cette analyse », sans qu'une croyance philosophique aux causes finales ne soit de la moindre manière impliquée⁶.

3-3-2-3 – *Introductions de schèmes de causalité circulaire en sciences sociales*

Le second moment constitutif de la cybernétique, jusqu'en 1942 indépendant du précédent, concerne le couple d'ethnologues Gregory Bateson et Margaret Mead, rejoint à partir de 1942 par le social-psychologue Lawrence K. Frank.

Bateson, très influencé par les perspectives bio-holistiques, était un proche ami de Whitehead qui avait étudié à Cambridge auprès de Needham et Waddington. Il publia en 1936 une étude ethnologique exposant une analyse interactionnelle du comportement humain qui, entre autres originalités, élaborait un concept destiné à rendre compte de la dynamique sociale : celui de « schismogénèse », défini comme le « processus de différenciation dans les normes de comportement individuel résultant d'interactions cumulatives entre des individus ». Il s'agissait d'expliquer le

¹ Wiener N. (1948, 1961), p. 44.

² Wiener N. (1954, 1962), p. 28, p. 31, pp. 37-38 et p. 43.

³ Rosenblueth A., Wiener N. & Bigelow J.H. (1943), pp. 23-24.

⁴ Taylor R. (1950, 1968), pp. 226-230.

⁵ Rosenblueth A. & Wiener N. (1945), pp. 316-317 et p. 320.

⁶ Rosenblueth A. & Wiener N. (1950, 1968), pp. 232-237.

comportement de chaque individu en prenant sérieusement en compte ses relations avec les autres, avec une attention portée à ce qu'il ne nommait pas encore leurs effets « rétroactifs » :

Il faut donner pour objet à ce que l'on désigne du terme vague de psychologie sociale l'étude des *réactions des individus aux réactions des autres individus* [...] L'objet de la recherche ainsi défini, il faut considérer la relation entre deux individus comme capable de se modifier de temps à autre, même sans intervention extérieure, et examiner non seulement les réactions de A au comportement de B, mais aussi comment ces réactions affectent la conduite de B et l'effet de cette dernière sur A ¹.

Bateson distinguait la « schismogénèse symétrique », schème d'interaction compétitive entre deux individus ou groupes dont la rivalité est continuellement exacerbée, qui se caractérise par une grande instabilité ; et la « schismogénèse complémentaire », où deux individus ou groupes interagissent en opposition pour induire une situation stable. L'ethnologue, qui considérait les deux déclinaisons de son concept si générales qu'elles sont applicables dans tout le spectre des sciences humaines (de la psychiatrie à la diplomatie), n'eut aucune difficulté à les rapprocher des deux variantes de mécanisme de rétroaction discutées par Rosenblueth, Wiener et Bigelow lorsque leur article commun fut publié : la « schismogénèse symétrique » apparaissait comme une variante de rétroaction « positive » et la « schismogénèse complémentaire » comme une variante de rétroaction « négative ».

Les travaux de Mead et Frank rejoignirent ceux de Bateson autour d'un paradigme culturaliste concevant la personnalité et le comportement des individus comme façonnés conformément à certains types culturellement déterminés de structuration de leurs interactions. Ce paradigme ne leur était pas spécifique – il imprégnait par exemple la section des sciences sociales de l'université de Chicago – mais ces trois chercheurs l'investirent d'une manière originale par leur introduction systématique d'explications fondées sur des schèmes circulaires de causalité réciproque, qui les prédisposait à s'intéresser aux « cybersciences »².

3-3-2-4 – *La logique mathématique, instrument d'un projet de théorie unifiée du fonctionnement du cerveau et des ordinateurs*

Le troisième moment fondateur de la cybernétique se rapporte aux travaux du neurologue McCullough et des mathématiciens Pitts et von Neumann, initialement indépendants de tous ceux qui précèdent. Au début des années 1940, la structure et le fonctionnement des neurones étaient déjà relativement bien connus. On savait en particulier qu'une fibre nerveuse aboutissant à une synapse peut avoir un effet excitant ou inhibant et que c'est seulement lorsque l'excitation dépasse un niveau seuil de voltage qu'une impulsion est engendrée au niveau de la synapse, impulsion qui peut ensuite se propager le long de l'axone pour être transmise à d'autres neurones. McCullough et Pitts aperçurent dans ces propriétés physiologiques la possibilité de « traiter les événements neuronaux et leurs relations au moyen de la logique propositionnelle » : une proposition logique a en effet une valeur binaire de vérité de la même manière qu'une cellule nerveuse produit ou non une décharge électrochimique au travers d'une synapse lorsqu'elle est stimulée ; de surcroît, les neurones sont connectés de telle sorte que l'excitation de l'un d'entre eux est susceptible de se propager en chaîne aux autres, comme dans un système logique où la vérité d'une proposition implique celle d'une autre. Au moyen d'« hypothèses physiques » très simplificatrices mais relativement plausibles³, McCullough et Pitts transformèrent ces analogies en un modèle logico-mathématique de réseau de neurones, où chaque « neurone » est une entité hautement idéalisée caractérisée par des intrants excitants ou inhibiteurs, une tension seuil et un embranchement déterminé d'extrants, une échelle temporelle étant de surcroît introduite :

La loi du « tout ou rien » de l'activité nerveuse suffit à assurer que l'activité de tout neurone est représentable comme une proposition. Les relations physiologiques entre activités nerveuses correspondent bien sûr aux relations entre propositions ; et l'utilité de la représentation dépend de l'identité de ces relations à celles de la logique des propositions. Pour chaque réaction d'un neurone

¹ Bateson G. (1936), in Wittezaele J.J. & Garcia T. (1992), p. 45.

² Wittezaele J.J. & Garcia T. (1992), pp. 28-48 et Helms S.J. (1991), pp. 55-71.

³ (1) L'activité du neurone est un processus en « tout ou rien » ; (2) un certain nombre de synapses, fixé indépendant du passé, doivent être excitées dans la période de latence pour exciter un neurone ; (3) le seul délai significatif est le délai synaptique ; (4) l'activité de toute synapse inhibitrice empêche toute excitation du neurone à cet instant ; (5) la structure du réseau de neurones est invariante au cours du temps.

existe une assertion correspondante d'une proposition simple. Ceci implique à son tour soit une autre proposition simple soit la disjonction ou la conjonction, avec ou sans négation, de propositions similaires, selon la configuration des synapses et la valeur seuil du neurone en question.

Leur principal résultat fut le théorème selon lequel « tout ce qui peut être décrit complètement et sans ambiguïté est *ipso facto* réalisable par un réseau neuronal [formel] fini adéquat »¹ : ils démontrèrent que leur réseau de neurones formels peut en principe « réaliser » bon nombre d'opérations mentales pourvu qu'elles soient en nombre fini et descriptibles sans ambiguïté. S'ils se refusaient à « concevoir une équivalence formelle comme une explication factuelle » qu'ils ne fournissaient effectivement pas, leur modèle ouvrait une voie prometteuse pour la compréhension du fonctionnement cérébral, qui combinait la logique mathématique et la neurophysiologie expérimentale...

... Prometteuse seulement pour ceux que n'incommodait pas cette approche méristique des processus mentaux les réduisant à l'activité des neurones et faisant apparaître l'expérience psychologique comme un épiphénomène : bien peu de psychologues étaient disposés à s'intéresser à ce modèle qui s'opposait en fin de compte à toutes les écoles (behaviorisme, psychologie génétique, psychologie de la *Gestalt*, phénoménologie ou psychanalyse)². C'est chez les chercheurs concernés par la construction d'automates de calcul que ce modèle suscita un vif intérêt. McCullough lui-même fut mis sur sa voie à la suite de la démonstration en 1936 par le logicien anglais Alan Turing de l'« isomorphisme » entre toute machine capable de réaliser un calcul fondé sur une procédure algorithmique et une « machine universelle » abstraite dotée d'un « programme » où figurent des instructions et des données que la machine lit sur un ruban de longueur infinie et où elle inscrit ses résultats. Tout comme Wiener et Pitts dès 1943, von Neumann, qui avait été amené sous la pression de la guerre à travailler à la conception des premiers automates de calcul américains (ENIAC), vit très vite dans l'équivalence entre le réseau de neurones formels et la « machine de Turing » la clef d'une compréhension unifiée du fonctionnement cérébral et celui des ordinateurs, dont il développa les principes au cours de la décennie consécutive à la guerre – notamment dans sa « théorie générale et logique des automates »³.

3-3-2-5 – *Les colloques de la Fondation Macy, lieux de l'émergence de la cybernétique comme nouveau champ scientifique*

Le quatrième moment fondateur de la cybernétique est celui de la convergence de l'ensemble des travaux évoqués dans les précédentes sous-sections. Une première rencontre, dont le thème était « l'inhibition cérébrale », eut lieu à New York en mai 1942. Elle était organisée par la Fondation Macy, qui se vouait depuis le début des années 1930 à soutenir les recherches interdisciplinaires développant dans une perspective « organismique » de nouveaux concepts et méthodes pour comprendre les différents aspects de la vie⁴. Cette première rencontre réunissait parmi d'autres Rosenblueth, McCullough, Bateson, Mead et Frank. McCullough, Pitts, von Neumann, Wiener et Rosenblueth commencèrent dès lors à échanger leurs idées, voire à se rencontrer régulièrement⁵.

Une série de conférences sur ce qui ne s'appelait pas encore la cybernétique fut organisée entre la fin 1943 et le début 1944 à Princeton par Wiener et von Neumann. Y participèrent aussi McCullough, Pitts, Mead et Bateson. Ces conférences fournirent aux mathématiciens, ingénieurs, neurophysiologistes et sociologues présents l'opportunité d'exposer leurs travaux respectifs. Elles leur permirent surtout de prendre conscience de problématiques similaires et de l'opportunité d'un vocabulaire et de concepts communs. À partir d'avril 1946 et jusqu'en 1953, des colloques financés par la Fondation Macy furent régulièrement organisés à New York, à intervalle d'environ six mois.

¹ McCullough W. & Pitts W. (1943, 1968), pp. 93-94 ; Neumann J. von (1951, 1996), p. 92 ; Helms S.J. (1991), pp. 41-42.

² Helms S.J. (1991), pp. 42-43.

³ Neumann J. von (1951, 1996), pp. 90-99 et Neumann J. von (1956, 1996a) (avec Pignon D., pp. 105-113). Voir aussi Wiener N. (1948, 1961), p. 14 : « À partir de l'automne 1943, il nous devint clair à Pitts et moi que la machine à calculer ultra-rapide, dépendante de dispositifs de commutation consécutifs, doit représenter un modèle presque idéal des problèmes survenant dans le système nerveux. Le caractère tout ou rien de la décharge des neurones est précisément analogue au choix unique fait en déterminant un digit sur une échelle binaire, que plus d'un parmi [les cybernéticiens] avaient déjà vu comme la base la plus satisfaisante de la conception d'une machine à calculer. La synapse n'est autre qu'un mécanisme pour déterminer si une certaine combinaison d'extrants à partir d'autres éléments sélectionnés agira ou non comme un stimulus adéquat pour la décharge de l'élément suivant, et doit avoir son analogue précis dans la machine à calculer ».

⁴ Helms S.J. (1991), p. 14 et pp. 164-165 ; Wittezaele J.J. & Garcia T. (1992), pp. 49-52.

⁵ Helms S.J. (1991), pp. 43-44.

McCullough, qui organisa le premier d'entre eux (consacré aux « mécanismes de rétroaction et systèmes à causalité circulaire en biologie et en sciences sociales ») jugea essentiel d'associer significativement des psychologues, des sociologues et des anthropologues aux discussions, qui avaient jusqu'alors surtout été menées par des mathématiciens, des ingénieurs et des neurophysiologistes. Lewin, dont les travaux visaient l'extension de la théorie de la *Gestalt* à la psychologie sociale, fut en particulier convié¹.

3-3-2-6 – *La vocation de la cybernétique à s'établir comme science générale et transdisciplinaire du comportement finalisé des systèmes complexes*

La cybernétique émergea au cours de cette période avec pour première caractéristique majeure celle d'être un champ *transdisciplinaire* gravitant autour de problématiques, de concepts et de principes communs. C'est une caractéristique que Cannon avait partiellement anticipée dès 1939, par cette remarque où l'identification de l'homéostasie à la « préservation de l'économie interne » des organismes animaux prédisposait par elle-même à des analogies entre biologie et sciences sociales, au même titre que la métaphore de l'« économie de la nature » l'avait fait chez Spencer (puis Lotka à sa suite) quelques décennies plus tôt :

Il ne semble pas impossible que les moyens employés par les animaux les plus hautement évolués pour préserver l'uniformité et la stabilité de leur économie interne (i.e. leur homéostasie) répondent à certains principes généraux d'établissement, de régulation et de contrôle d'équilibres dynamiques qui seraient évocateurs pour d'autres types d'organisation – même sociales et industrielles².

Il est remarquable qu'indépendamment de Bertalanffy, Wiener et Rosenblueth partageaient sa vision des problèmes posés par la spécialisation des scientifiques, et celle de l'importance et des fonctions des travaux réalisés dans les « domaines frontières » entre sciences établies. Afin d'appuyer ses thèses, Bertalanffy cita d'ailleurs partiellement en 1951 ce passage que Wiener avait rédigé trois ans plus tôt :

Les domaines les plus féconds pour le progrès des sciences sont ceux qui ont été négligés comme un *no man's land* entre les divers domaines établis [...] Après Leibniz, la science a été toujours plus la tâche de spécialistes, dans des champs qui manifestent une tendance à croître de plus en plus étroitement [...] *Il y a des champs du travail scientifique qui ont été explorés à partir des différents points de vue des mathématiques pures, des statistiques, de l'ingénierie électrique et de la neurophysiologie ; dans lesquels chaque notion particulière reçoit un nom spécifique, et dans lesquels un important travail a été effectué trois ou quatre fois séparément, tandis qu'un autre travail important est retardé par l'absence de disponibilité dans un domaine des résultats qui peuvent être déjà devenus classiques dans le domaine connexe. Ce sont ces régions frontières de la science qui offrent les opportunités les plus riches pour le chercheur qualifié [...] Le Dr Rosenblueth a toujours souligné qu'une exploration adéquate de ces espaces vierges sur la carte de la science ne pourrait être effectuée que par une équipe de scientifiques, chacun spécialiste dans son champ propre mais possédant une familiarité parfaitement solide avec les champs de ses voisins*³.

Ashby a parfaitement exprimé quelques années plus tard aussi bien la réponse que la cybernétique promettait d'offrir à de telles exigences que sa convergence avec les objectifs de Bertalanffy, en la caractérisant comme une *science générale des systèmes* vouée en tant que telle à établir et à exploiter des isomorphismes « exacts » entre domaines scientifiques :

La cybernétique offre un unique vocabulaire et un même ensemble de concepts adapté à la *représentation des types les plus divers de systèmes* [...] Elle offre un ensemble de concepts qui, en ayant des *correspondances exactes avec chaque branche de la science*, peut par là-même les amener en relation exacte les unes avec les autres. On a de manière répétée trouvé en science que la découverte de la relation entre deux branches mène chacune d'entre elle à aider au développement de l'autre [...] Bien sûr, aucune ne peut fournir de *preuves* concernant les lois de l'autre, mais chacune peut donner des suggestions qui peuvent être des plus grands secours et fécondité [...] La cybernétique est susceptible de révéler un grand nombre de *parallélismes intéressants et suggestifs*

¹ Wiener N. (1948, 1961), pp. 15-19 ; Wittezaele J.J. & Garcia T. (1992), pp. 53-54.

² Cannon W.B. (1939, 1968), p. 258.

³ Wiener N. (1948, 1961), pp. 3-4. Les italiques correspondent à la citation qu'en fit Bertalanffy dans (1951b), p. 337.

entre machine, cerveau et société. Et elle peut fournir le *langage commun* au moyen duquel des découvertes dans une branche peuvent aussitôt être utilisées dans les autres¹.

S'il s'agissait là aussi d'aller par-delà le simple dialogue interdisciplinaire pour développer une transdisciplinarité authentique, celle-ci était toutefois dominée par une problématique originale qui apparaît dans la citation précédente et qui était alors étrangère à la pensée de Bertalanffy ; à savoir la question de la possibilité d'embrasser les organismes vivants et ces artefacts que sont les *machines* dans une même construction théorique, par-delà leurs « profondes différences fonctionnelles » :

Une analyse comportementale uniforme est applicable à la fois aux machines et aux organismes vivants, indépendamment de la complexité du comportement [...] Il y a un nombre considérable de points communs entre les deux domaines de comportement².

Wiener caractérisa d'ailleurs en 1948 la cybernétique comme la science, parfaitement adéquate à son temps, de « la communication et du contrôle dans l'animal et la machine » :

La pensée de toute époque se reflète dans sa technique [...] L'âge présent est aussi certainement celui des servomécanismes [i.e. des « machines ayant un comportement intrinsèquement finalisé »] que le dix-neuvième siècle était l'âge de l'engin à vapeur et le dix-huitième siècle celui de l'horloge. Beaucoup d'automates de l'âge présent sont couplés au monde extérieur à la fois pour la réception d'impressions et l'accomplissement d'actions. Ils contiennent des organes des sens, des effecteurs, et l'équivalent d'un système nerveux pour intégrer le transfert d'information de l'un à l'autre. Ils se prêtent très bien à une description en termes physiologiques. Ce n'est guère un miracle qu'ils puissent être subsumés sous une seule théorie avec les mécanismes de la physiologie³.

Les conférences organisées par la Fondation Macy furent dès lors, notamment sous l'impulsion de Wiener, imprégnées par l'idée que le thème commun de la « communication » permettrait de lier la mécanique statistique, l'ingénierie de la communication et du contrôle, la biologie, la psychologie et les sciences sociales. Typiques y furent l'utilisation de métaphores de la machine pour appréhender les problèmes humains et celle de descriptions anthropomorphes du fonctionnement des machines, toutes fondées sur des analogies entre dispositifs techniques, processus biologiques et processus cognitifs⁴.

Surtout chez Wiener et Rosenblueth, l'objet de la cybernétique était toutefois compris de manière relativement spécifique : il s'agissait des lois générales du comportement autorégulé et adaptatif fondé sur un mécanisme de rétroaction négative, qui s'appliquent à tout système descriptible en termes de transmission et de traitement d'information – l'annexion du concept de rétroaction à la théorie de l'information lui ayant permis de gagner une signification générale qu'il n'avait pas encore pleinement dans leur article de 1943, où il était encore largement conçu en termes énergétiques⁵. Ashby définit la cybernétique de manière un peu moins restrictive comme « l'étude des *systèmes ouverts à l'énergie mais fermés à l'information et au contrôle* »⁶. Des voix s'élevèrent aussi très vite pour que la cybernétique, redéfinie plus généralement comme la « science de la rétroaction », prenne aussi en compte les mécanismes de rétroaction positive⁷. La « première » cybernétique, qui avait en ligne de mire une explication unifiée des fonctionnements du cerveau et des machines « finalisées », reposait toutefois essentiellement sur deux hypothèses fondamentales dont Wiener et Ashby furent les instigateurs : (1) que le principal mécanisme du système nerveux central est une rétroaction négative ; et (2) que le mécanisme de rétroaction négative permet d'expliquer tout comportement « finalisé » et « adaptatif »⁸. Au sens de la classification de Wiener et Rosenblueth, la cybernétique apparaissait en tout état de cause comme une *science générale des systèmes à comportement finalisé* ayant principalement pour objet ceux dont le comportement est « téléologique ».

Par sa méthodologie néo-behavioriste de la « boîte noire », elle rompait (d'une manière à certains égards analogue à celle de Bertalanffy) avec certains canons classiques (en particulier

¹ Ashby W.R. (1956), p. 4. Les italiques me sont propres.

² Rosenblueth A., Wiener N. & Bigelow J.H. (1943), p. 22.

³ Wiener N. (1948, 1961), pp. 38-39 et p. 43. Voir aussi Rosenblueth A., Wiener N. & Bigelow J.H. (1943), p. 19 et Helms S.J. (1991), p. 15

⁴ Helms S.J. (1991), p. 17 et p. 22 ; Müller K. (1996), p. 126.

⁵ Sur cette compréhension spécifique, voir notamment Drischel H. (1968), p. 172 ; Fox Keller E. (1994), pp. 307-308 ; et Müller K. (1996), p. 127. Voir Rosenblueth A., Wiener N. & Bigelow J.H. (1943), pp. 19-20 pour le caractère encore « énergétiste » du concept de rétroaction.

⁶ Ashby W.R. (1956), p. 4.

⁷ Wisdom J.O. (1951), p. 22.

⁸ *op. cit.*, p. 5.

positivistes) de l'explication scientifique : elle entreprenait l'étude d'un système en assumant le renoncement à une connaissance nomothétique de sa structure et la restriction à une étude des relations fonctionnelles entre ses intrants et ses extrants destinée à fournir une description purement phénoménologique, sans être en mesure de formuler quant à la structure du système autre chose que des hypothèses qualitatives. Comme le souligna Ashby, sa méthodologie permettait à la cybernétique d'élever la complexité systémique (i.e. le comportement résistant aux analyses méristiques) au rang de problème scientifique légitime, et par là-même de se constituer en *science des systèmes complexes* :

La cybernétique offre une méthode pour le traitement scientifique d'un système dans lequel la complexité est remarquable et trop importante pour être ignorée [...] Pendant deux siècles, la science a exploré des systèmes qui sont soit intrinsèquement simples, soit analysables en composants simples. Le fait qu'un dogme tel que « faire varier les facteurs un par un » put être accepté pendant un siècle montre que les scientifiques se concentraient largement sur l'étude de tels systèmes telle que la *permettait* cette méthode ; car cette méthode est souvent fondamentalement impossible en ce qui concerne les systèmes complexes [...] Jusqu'à récemment, la science a tendu à éluder l'étude de tels systèmes, concentrant son attention sur ceux qui sont simple et, en particulier, réductibles [...] La science contemporaine fait ses premiers pas vers l'étude de la « complexité » en tant que sujet de plein droit [...] Et] la cybernétique offre l'espoir de fournir des méthodes efficaces pour l'étude et le contrôle de systèmes qui sont intrinsèquement extrêmement complexes¹.

Wiener compara quant à lui à la révolution copernicienne l'émergence récente de l'étude des « structures et systèmes non linéaires »². La force de cybernéticiens comme Wiener et Ashby fut de montrer que l'on peut effectivement étendre le domaine de la science « exacte » à de tels systèmes, en construisant notamment des théories mathématiques de la rétroaction, de la stabilité et de la régulation applicables à tous les phénomènes justiciables du schème de causalité circulaire³. Elle fut aussi de fixer clairement les principes et objectifs de la modélisation cybernétique : définir un certain nombre de composants et de variables pertinents pour l'étude d'un système ; les réunir en un vecteur d'état ; décrire les variations de ce vecteur en fonction des modifications des intrants ou plus généralement des paramètres externes au système ; étudier les états possibles dans lesquels le système peut se trouver étant donné un choix fixé de ces intrants ; étudier les contraintes structurelles, spécifiques à chaque système, qui s'imposent aux variations des paramètres ; étudier le flux d'information et les mécanismes de rétroaction spécifiques au moyen desquels le système s'oriente vers un état stationnaire et se maintient dans cet état ; étudier aussi les éventuelles valeurs seuil des variables caractéristiques à partir desquelles le système change essentiellement d'état⁴.

3-3-2-7 – *Les apparentes promesses offertes par la cybernétique aux sciences sociales et les difficultés manifestes de leur satisfaction*

Avec son cadre rigoureux et sa méthodologie de la « boîte noire », la cybernétique avait tout pour que certains chercheurs en sciences sociales en quête d'outils théoriques performants et de respectabilité scientifique s'y intéressent et cherchent à se l'approprier. Le cas le plus typique fut celui de Deutsch, qui publia dès 1949 l'esquisse d'un « modèle cybernétique de l'homme et de la société » exploitant « les avantages de l'utilisation des réseaux électriques, des systèmes nerveux et des sociétés comme des analogues les uns des autres » pour revisiter au moyen des concepts cybernétiques de rétroaction, de message et de réseau les théories de l'apprentissage, des valeurs, de la conscience, de la volonté, de l'autonomie, de l'intégrité et de la liberté, ainsi que le problème de la cohérence sociale⁵. La seconde hypothèse fondamentale de la cybernétique s'offrait en recours face à un certain déficit des catégories sociologiques pour penser les processus d'autorégulation. De surcroît, la promotion cybernétique des concepts téléologiques semblait pouvoir se connecter aux catégories sociologiques de l'action, et le traitement cybernétique des processus de communication et de contrôle paraissait

¹ Ashby W.R. (1956), pp. 5-6. Sur la méthodologie de la « boîte noire », voir pp. 86-93.

² Wiener N. (1948, 1961), p. viii.

³ Wiener N. (1948, 1961), pp. 98-114 en particulier ; Ashby W.R. (1956), pp. 77-85 et pp. 202 sq.

⁴ Wiener N. (1948, 1961) ; Ashby W.R. (1952b) et (1956).

⁵ Deutsch K.W. (1949, 1968).

transposable dans tout le champ des sciences sociales¹. Wiener lui-même évoqua ainsi les promesses de la cybernétique pour ce champ :

Il est certainement vrai que le système social est une organisation comme l'individu, qu'il est intégré par un système de communication, et qu'il a une dynamique dans laquelle des processus circulaires de nature rétroactive jouent un rôle important. C'est vrai à la fois dans le champ général de l'anthropologie et de la sociologie et dans le champ plus spécifique de l'économie.

Mais ce fut aussitôt pour pointer des difficultés du même type que celles qui allaient bientôt susciter de sévères critiques aux tentatives d'appliquer la théorie mathématique de l'information aux sciences sociales ; à savoir l'existence de critères restrictifs pour l'application mathématique de la cybernétique, que Wiener estimait ne pas être satisfaits dans ces sciences :

Non seulement les principales quantités affectant la société sont statistiques, mais le terme des statistiques sur lesquelles elles se fondent sont excessivement courtes [...] Pour une bonne statistique de la société, nous avons besoin de longs termes *dans des conditions essentiellement constantes* [...] L'avantage de statistiques de long terme dans des conditions amplement variables est spécieux et douteux. Les sciences humaines sont donc des lieux très pauvres pour tester une nouvelle technique mathématique ; aussi pauvres que le serait la mécanique statistique d'un gaz pour un être dont la taille est de l'ordre de celle d'une molécule et pour lequel les fluctuations que nous ignorons d'un point de vue plus large seraient précisément du plus grand intérêt [...] Les sciences sociales forment un champ dans lequel mes attentes de la cybernétique sont nettement tempérées par une compréhension des limites des données que nous pouvons espérer obtenir [...] Tous les grands succès en science exacte [*precise*] ont été obtenus dans des champs où existe un certain haut degré d'isolement du phénomène de l'observateur [...] C'est dans les sciences sociales que le couplage entre le phénomène observé et l'observateur est le plus difficile à minimiser [...] On doit s'y contenter de statistiques à court terme et on ne peut y être certain qu'une part considérable de ce que nous observons ne soit pas un artéfact de notre propre création [...] Que nos recherches en sciences sociales soient statistiques ou dynamiques, elles ne peuvent jamais être bonnes à mieux qu'un très faible nombre de décimales et, en résumé, ne peuvent jamais nous fournir une quantité d'information vérifiable et significative un tant soit peu comparable avec celle que nous avons appris à attendre en sciences de la nature².

Wiener jugeait certes qu'à défaut d'être en mesure d'y engendrer des théorisations mathématiques, la cybernétique pouvait apporter aux sciences humaines une « clarification conceptuelle des aspects formels des relations sociales »³. Une condition nécessaire était toutefois que la signification des concepts cybernétiques ne perde pas en précision en conséquence d'extensions analogiques forcées et par là-même douteuses. Et de ce point de vue se posait en fait sérieusement la question de savoir si l'extension de la cybernétique aux sciences humaines ne reposait pas en fin de compte sur une simple « ressemblance superficielle au niveau du formalisme ». Ne serait-ce que parce que dans un système tel que conçu par la « première » cybernétique, par définition fermé à l'information, la téléologie ne peut qu'être confinée au cercle d'un but déterminé ; et que pour cette raison, ce modèle ne permet pas de comprendre de quelle manière un système peut être amené à redéfinir ses buts à partir de ses interactions avec son environnement, la pertinence d'une téléologie relative à des buts *intentionnels* restant donc intacte en sciences humaines⁴.

Il y avait de surcroît une difficulté plus générale à laquelle était confrontée toute application de la cybernétique hors de l'ingénierie, non seulement en sciences sociales mais aussi en psychologie et en biologie. Cette difficulté, dont il va maintenant être question, tenait aux biais mécanicistes ou, tout au moins, réductionnistes de ses constructeurs. Des biais qui grevaient sérieusement les chances pour la cybernétique de devenir une science vraiment transdisciplinaire, tout en impliquant des biais idéologiques aussi implicites que pernicioseux.

¹ *op. cit.*, p. 390 : « Les nouveaux modèles [cybernétiques] offrent des analogies suggestives pour des relations telles que le 'but', l'apprentissage, le 'libre arbitre', la 'conscience' et la 'cohésion sociale' – c'est-à-dire précisément pour les relations qui ont souvent été considérées comme cruciales en sciences sociales mais que l'on fut incapable de représenter efficacement dans les modèles antérieurs ».

² Wiener N. (1948, 1961), pp. 24-25 et pp. 162-164.

³ Wiener N. (1964), in Wittezaele J.J. & Garcia T. (1992), p. 68.

⁴ Wright G.H. von (1971) et (1976), in Müller K. (1996), p. 136.

3-3-2-8 – *Les biais mécanicistes ou réductionnistes des premiers cybernéticiens et leurs premières critiques*

Même si l'accusation de « mécanicisme » fut souvent portée contre la cybernétique¹, le sens restrictif dans lequel j'emploie ce terme me conduit à distinguer plusieurs positions parmi les cybernéticiens et à modérer son usage à la caractérisation des positions de certains d'entre eux seulement : celles de von Neumann et de McCullough, qui ne partageaient pas la vision anti-méristique dominante de Wiener, Rosenblueth et Ashby de la cybernétique comme une science des systèmes *complexes* dont la vocation serait de fournir des « modèles abstraits ayant une structure équivalente à celle d'une expérience donnée » et, réciproquement, d'« incarner des structures abstraites dans des entités de structure similaire »².

Lorsque von Neumann évoqua le problème de la « complexité » des organismes dans le contexte d'une justification de leur comparaison avec les automates artificiels, ce fut en effet pour développer une conception typiquement méristique et très cartésienne de leur étude que nous avons justement vu Ashby récuser avec la plus grande fermeté :

Les systèmes naturels sont d'une très grande complexité, et il est clair qu'il faut *diviser le problème* qu'ils représentent *en plusieurs sous-parties*. L'une des méthodes de subdivision, particulièrement adaptée au contexte actuel, est la suivante : on peut se représenter les organismes comme *composés de parties* qui, dans une certaine mesure, sont des *unités élémentaires et indépendantes*. Nous pouvons donc, dans cette mesure précisément, envisager comme première partie du problème *la structure et le fonctionnement de ces unités prises individuellement*. La seconde partie du problème consiste à comprendre *comment ces éléments sont organisés pour former un tout, et comment le fonctionnement du tout peut être exprimé en termes de ces éléments*³.

Quant à McCullough, passionnément animé par la volonté de « chercher des mécanismes au lieu de Dieu » et d'« exorciser » avec eux les « fantômes » de la description de l'esprit⁴, il était fermement convaincu que le modèle de réseau de neurones formels qu'il avait élaboré avec Pitts saisit l'essentiel du fonctionnement mental et justifie une vision à la fois méristique, (semi-)déterministe⁵ et réactiviste de ce fonctionnement. Il considérait non seulement ce dernier, mais aussi l'identification de ce qui est « réel » et l'objet même de la psychologie comme entièrement circonscrits par la donnée de l'état de chacun des neurones biologiques, la connaissance instantanée de ces états déterminant de manière univoque, complète et nécessaire les états présents et futurs du réseau neuronal dans son ensemble :

La spécification à n'importe quel instant de la stimulation afférente et de l'activité de tous les neurones constitutants, chacun fonctionnant sur le modèle du « tout ou rien », détermine l'état [du réseau]. La spécification du réseau nerveux fournit la loi de connexion nécessaire au moyen de laquelle on peut calculer à partir de la description de tout état celle de l'état suivant, mais l'inclusion de relations disjonctives empêche une détermination complète de l'état précédent [...] Si nos réseaux sont indéfinis, nos faits le seront aussi, et nous ne pouvons attribuer au « réel » plus qu'une qualité ou « forme ». Avec la détermination du réseau, l'objet inconnaissable de la connaissance, la « chose en soi », cesse d'être inconnaissable. Quelle qu'en soit la définition, la psychologie dispose avec la spécification du réseau de tout ce qui peut être atteint dans ce champ [...] Tant les aspects formels que finaux de cette activité que nous avons coutume d'appeler *mentale* sont rigoureusement déductibles de la présente neurophysiologie⁶.

Mais les participants des conférences Macy ne s'accordaient pas sans reste avec un tel mécanicisme. Gerard y intervint pour pointer certains aspects importants du fonctionnement cérébral totalement ignorés par le modèle de McCullough et Pitts⁷. Si ce modèle joua un rôle important dans

¹ L'un des premiers à opérer une telle mise en accusation fut Ruyer R. (1954).

² Rosenblueth A. & Wiener N. (1945), p. 320 (cette vocation était selon les auteurs celle de la science en général).

³ Neumann J. von (1951, 1996a), p. 62. Les italiques me sont propres.

⁴ McCullough W., in Helms S.J. (1991), pp. 32-36.

⁵ Le déterminisme du modèle de réseau de neurones formels n'était que partiel, comme il apparaît dans la citation qui suit : contrairement au déterminisme laplacien, il signifiait la possibilité d'une détermination complète et univoque des états futurs du réseau à partir de l'un de ses états, mais sans réciprocity : l'état passé du réseau ne peut dans ce modèle être complètement déterminé à partir d'un état donné.

⁶ McCullough W. & Pitts W. (1943, 1968), p. 96.

⁷ Sa critique, conjointe à celle de son collègue Frederick Bremer, soulignait l'absence de prise en compte par le modèle digital du réseau de neurones formels du rôle des concentrations chimiques et des champs électriques continus. Voir Helms S.J. (1991), p. 21.

l'avènement de la cybernétique, ce fut surtout parce qu'il contribuait à l'extension du domaine de la science « exacte » à la neurophysiologie, parce qu'il permettait dans un même mouvement de connecter celle-ci à la théorie des automates, et parce qu'il nourrissait le consensus autour de l'idée que la pensée a pour structure physique sous-jacente des réseaux de neurones biologiques analogues aux réseaux constitutifs des automates de calcul¹. Le biais généralement partagé par les cybernéticiens n'était en fait pas tant un mécanicisme au sens entendu ici qu'un réductionnisme transformant l'ancien « iatomécanicisme » sur la base d'un concept considérablement sophistiqué de « machine ». Bertalanffy fut à cet égard relativement fondé à affirmer que l'interprétation du fonctionnement cérébral sur le modèle de la « machine à calculer » était une « continuation du développement initié par les iatomécaniciens »².

Ce réductionnisme consistait à glisser de l'idée légitime que des correspondances entre les comportements des machines « finalisées », des systèmes biologiques et des groupes sociaux peuvent être établies et guider de manière féconde la recherche dans les différents champs scientifiques concernés, à l'idée beaucoup plus contestable que les méthodes, concepts et principes permettant effectivement bien de construire des machines cybernétiques et de rendre compte de leur fonctionnement peuvent capturer les propriétés systémiques *scientifiquement* accessibles des organismes vivants, de leur cerveau, de la psyché humaine et des sociétés, voire qu'ils y suffisent. Ainsi, bien qu'il fut sans doute le cybernéticien le moins réductionniste et le plus lucide quant à la portée des modèles cybernétiques, Wiener ne s'en accorda pas moins avec Rosenblueth pour écrire :

*Nous croyons que les hommes et les autres animaux sont comme des machines du point de vue scientifique parce que nous croyons que les seules méthodes fécondes d'étude du comportement humain et animal sont aussi les méthodes applicables au comportement des objets mécaniques. Aussi, notre principale raison pour sélectionner les termes [humanistiques de but et de téléologie dans la description du comportement de certaines machines] a été de souligner qu'en tant qu'objets de l'enquête scientifique, les humains ne diffèrent pas des machines*³.

Et le fait est que les conférences Macy comme les publications cybernétiques contemporaines baignaient sans état d'âme dans ce réductionnisme, même chez les représentants des sciences humaines tels que Bateson et Deutsch : la vie était pensée comme un dispositif de réduction d'entropie ; les organismes et leurs associations, en particulier les hommes et leurs sociétés, l'étaient comme des servomécanismes ; et le cerveau, comme un ordinateur⁴.

Des critiques de ce réductionnisme apparurent presque d'emblée, dès la première moitié des années 1950. Le philosophe anglais John O. Wisdom souligna déjà à l'encontre des prétentions de McCullough et von Neumann et dans le prolongement de Gerard que la cybernétique ne pouvait pas être vue comme le fondement de la neurologie, mais seulement comme l'une de ses branches, puisque bon nombre de processus neurophysiologiques n'impliquent aucun mécanisme de rétroaction. Quant aux prétentions des cybernéticiens à élargir le spectre d'application de leurs concepts et principes aux sciences humaines, Wisdom en critiqua en ces termes le caractère particulièrement abusif :

La machine newtonienne n'était pas un modèle adéquat de l'être humain. La question surgit désormais de savoir si le modèle cybernétique est adéquat. Il ne l'est clairement pas ; il y a beaucoup trop de manières par lesquelles les machines à présent envisageables échouent à correspondre au comportement humain [...] Il semblera sans nul doute à beaucoup que la cybernétique explique le comportement finalisé de telle manière qu'elle laisse hors de considération l'aspect mental de l'action, et qu'elle donne de la sorte le *coup de grâce* à l'esprit⁵.

La critique contemporaine la plus violente vint du philosophe français Raymond Ruyer qui, sans nier l'intérêt pratique et théorique de la cybernétique, s'attaqua au « caractère fallacieux de ses postulats mécanistes » qui s'exprimerait par le « caractère tout apparent et superficiel du succès de ses modèles mécaniques » et aurait pour cause profonde un « échec à comprendre l'origine de l'information »⁶. Elle serait fondée sur un paradoxe revenant à admettre une sorte de « mouvement perpétuel de

¹ Helms S.J. (1991), pp. 38-43 ; Neumann J. von (1956, 1996b).

² Bertalanffy L. von (1965b), p. 292.

³ Rosenblueth A. & Wiener N. (1950, 1968), p. 237. Les italiques me sont propres.

⁴ Helms S.J. (1991), pp. 27-28.

⁵ Wisdom J.O. (1951), pp. 22-23.

⁶ Ruyer R. (1954), pp. 235-236 en particulier.

troisième espèce », qui la réduit à l'absurde. De la combinaison du principe selon lequel les machines cybernétiques ne peuvent gagner de l'information et de l'hypothèse selon laquelle les cerveaux sont des machines cybernétiques du même ordre que les artefacts humains découlerait l'impossibilité de concevoir comment de l'information peut être créée : un monde vraiment cybernétique serait un monde de « purs transmetteurs ». Même si les travaux d'Ashby sur les systèmes « auto-adaptatifs », considérés au chapitre 3-3-4, affaiblissaient la portée de ces critiques, elles traduisaient typiquement de sérieux doutes sur l'applicabilité de la cybernétique à la biologie et aux sciences humaines :

Il serait aussi dangereux de croire aveuglément aux modèles offerts par la cybernétique que de les dédaigner [...] La foi intégrale des cybernéticiens dans leurs modèles n'est pas sans ressembler quelque peu, psychologiquement, à la foi des chercheurs de mouvement perpétuel ou des quadratureurs du cercle. Elle est peut-être momentanément utile, par l'enthousiasme qu'elle suscite, mais elle peut rapidement devenir nuisible [...] Toutes les difficultés internes de la cybernétique procèdent de la même erreur de principe et du postulat malencontreux selon lequel les machines à information sont l'équivalent intégral des systèmes nerveux vivants et conscients [...] Toutes les machines à information sont toujours encadrées par une activité consciente et signifiante [...] Tout anti-hasard authentique est à la base de liaisons, et toute liaison est à base de conscience. S'adresser à la machine pour dissiper le mystère de l'anti-hasard et de l'origine de l'information est donc contradictoire. L'information organique et psychologique, l'épigenèse ordonnée et signifiante des structures, dans la mémoire et dans l'invention, ne peuvent s'expliquer mécaniquement¹.

3-3-2-9 – *Les enjeux idéologiques et sociopolitiques de la cybernétique*

Quoiqu'il en soit, le réductionnisme des premiers cybernéticiens était largement solidaire d'enjeux d'une autre nature impliqués par leur science : des enjeux idéologiques et socio-politiques. L'importance accordée au modèle de McCullough et Pitts, et avec lui au fonctionnement mental, traduisait en effet en premier lieu une tendance à mettre l'accent sur l'individu en tant qu'atome social et à promouvoir une vision réduisant la vie sociale à un ensemble de transmissions de messages entre de tels atomes médiatisées par des techniques de communication², au détriment d'une considération de la société dans sa globalité et son unité. Une tendance symptomatique d'un certain retrait (conscient) par rapport au politique, mais aussi par rapport à l'ambition d'intégrer vraiment *toutes* les sciences sociales dans le champ de la cybernétique. Si des psychologues et des psychiatres étaient invités aux conférences Macy, tel n'était d'ailleurs pas le cas d'économistes et de politologues.

D'autre part, lorsque les quelques sociologues présents tels que Parsons intervinrent dans ces conférences, ils ne corrigèrent guère ce biais social-atomiste que par une insistance unilatérale, connectée au principe de « rétroaction négative », sur les problèmes d'équilibre et de stabilité sociale, développant en conséquence une vision fondamentalement statique et conservatrice délaissant les facteurs de changement³. Comme le vit Wiener lui-même, la cybernétique se retrouvait ainsi dans la position incertaine d'être susceptible de servir aussi bien la doctrine ultra-libérale et « simpliste » de « la libre-compétition comme mécanisme homéostatique »⁴ que la justification et le service technocratique d'un État-Léviathan subordonnant l'individu à sa propre logique de préservation.

C'est un dilemme qui n'empêcha pas certains des premiers cybernéticiens, en particulier Bateson et Mead, de nourrir « l'espoir que des progrès suffisants puissent être enregistrés » par l'application de la cybernétique aux sciences sociales « pour avoir un effet thérapeutique sur les maladies contemporaines de la société »⁵. Wiener, qui faisait avec Gerard exception dans les conférences Macy par sa conscience aiguë des limites de la cybernétique⁶, attira dès 1948 l'attention

¹ *op. cit.*, p. 21, p. 24, p. 81, p. 141 et p. 235.

² Ainsi Wiener (1954, 1962), p. 17 : « La thèse de ce livre est que la société peut être comprise *seulement* à travers une étude des messages et des 'facilités' de communication dont elle dispose ; et que, dans le développement futur de ces messages et de ces 'facilités' de communication, les messages entre l'homme et les machines, entre les machines et l'homme, et entre la machine et la machine, sont appelés à jouer un rôle sans cesse croissant ». Voir aussi les analyses de Breton P. (2000), pp. 33-40 sur les origines du « culte de l'internet ».

³ Helms S.J. (1991), pp. 18-19 et pp. 178-179. En ce qui concerne Parsons, ceci ne signifie pas qu'il ait *par ailleurs* totalement négligé les questions évolutives : il a au contraire pris en compte les processus d'intégration et de différenciation sociale, et considéré des facteurs « endogènes » et « exogènes » de changement, ainsi que les conditions de ce dernier. Voir Richer G. (1972), pp. 97-106 et p. 137 et p. 230.

⁴ Wiener N. (1948, 1961), pp. 158-159.

⁵ *op. cit.*, p. 24.

⁶ Helms S.J. (1991), p. 29.

de ses collègues sur la nécessité de ne pas entretenir de tels « faux espoirs »¹. Très soucieux des questions éthiques et (contrairement à Gerard) craignant par-dessus tout l'État totalitaire, il alla même beaucoup plus loin en les appelant (avec une réflexion qui conserve une certaine actualité...) à prendre garde à ne pas mettre leur science, qui s'était déjà compromise pendant la guerre avec le complexe militaro-industriel et était en train d'introduire des technologies dont l'impact social menaçait d'être rapidement problématique, au service des « marchands de mensonges et exploiters de crédulité » ; et qu'elle finisse de la sorte par s'identifier à ce que Debord en vint à appeler en 1967 fort à propos une « science de la domination »² – une identification qui fut aussi faite l'année suivante par Jürgen Habermas dans sa violente critique du rôle selon lui central joué par la cybernétique et la « recherche systémique » en général dans la promotion d'une « idéologie technocratique implicite » servant l'ordre établi³. La grande ambiguïté de Wiener tient toutefois au fait que ses mises en garde critiques lucides allèrent de pair avec une certaine justification du biais social-atomiste dont il a été question plus haut :

Nous sommes déjà en position de construire des machines artificielles de presque n'importe quel degré d'élaboration de performance. Bien avant Nagasaki et la conscience publique de la bombe atomique, il m'est apparu que nous étions là en présence d'une autre potentialité sociale incroyable pour le bien et le mal [...] Ce nouveau développement donne à l'espèce humaine une collection nouvelle et des plus efficaces d'esclaves mécaniques pour accomplir son travail [...] Il pourrait très bien être une bonne chose pour l'humanité que la machine la débarrasse du besoin de tâches ingrates et désagréables, mais cela pourrait aussi ne pas être le cas [...] La première révolution industrielle fut la dévaluation du bras humain par la concurrence des machines [...] La révolution industrielle moderne est de manière similaire engagée dans la dévaluation du cerveau humain, au moins dans ses décisions les plus simples et routinières [...] Néanmoins, en supposant la seconde révolution accomplie, l'être humain moyen de capacités médiocres ou moins n'a rien à vendre qui vaille d'être acheté par quiconque. La réponse [à ce dilemme] est bien sûr d'avoir une société fondée sur des valeurs autres que l'achat et la vente [...] Ceux parmi nous qui ont contribué à la nouvelle science de la cybernétique se trouvent ainsi dans une position morale qui, pour le moins, n'est pas très confortable. Nous avons contribué à initier une nouvelle science qui embrasse des développements techniques ayant de grandes possibilités pour le bien comme pour le mal [...] Nous n'avons même pas le choix de supprimer ces nouveaux développements techniques. Ils appartiennent à l'époque et le pire [...] est de [les] mettre dans les mains de nos ingénieurs les plus irresponsables et les plus vénaux. Le mieux que nous puissions faire est [...] de confiner nos efforts personnels à ces champs qui, tels la physiologie et la psychologie, sont les plus éloignés possibles de la guerre et de l'exploitation [...] Il y en a qui espèrent que le bénéfice d'une meilleure compréhension de l'homme et de la société offert par le nouveau champ [de la cybernétique] pourrait anticiper et l'emporter sur la contribution secondaire que nous faisons à la concentration du pouvoir [...] J'écris en 1947 et me vois contraint de dire que c'est un espoir très frêle⁴.

Si ses positions éthiques rapprochaient Wiener de Bertalanffy, Rapoport et Boulding, ses craintes référaient à des réalités de la cybernétique qui ne purent que susciter leur méfiance, à laquelle s'ajoutait celle naturellement générée par le réductionnisme sans complexe, voire le mécanisme de ses représentants. Se lit ici la source de clivages qui traversèrent dès ses débuts l'histoire de la S.G.S.R., dont il sera question au 3-4.

3-3-3 – *Les premiers positionnements critiques de Bertalanffy vis-à-vis de la cybernétique*

En développant en 1951 l'une des premières critiques détaillées de la « première » cybernétique⁵, Bertalanffy inaugura l'un de ces clivages, que l'on peut résumer à l'opposition entre d'une part une approche « organismique » des systèmes centrée avant tout sur les échanges matériels et énergétiques et se structurant autour des concepts de « système ouvert », d'« ordre dynamique » et de « hiérarchisation » ; et d'autre part une approche cybernétique qui délaissait les échanges matériels

¹ Wiener N. (1948, 1961), p. 24 et p. 162.

² Debord G. (1967, 1992), p. 25. Étaient accusées d'en être la sociologie, la « psychotechnique », la sémiologie... et la cybernétique.

³ Habermas J. (1968, 1973), pp. 44-49 en particulier.

⁴ Wiener N. (1948, 1961), pp. 27-29.

⁵ Bertalanffy L. von (1951b), pp. 346-361.

et énergétiques en se focalisant sur les transferts informationnels et le concept de rétroaction. Avant 1955, Bertalanffy n'attaqua toutefois jamais, même implicitement, la cybernétique sur le plan éthique : il se concentra sur les convergences et les divergences scientifico-philosophiques et épistémologiques entre son projet « systémologique » et cette autre « science de systèmes » à vocation transdisciplinaire.

3-3-3-1 – Les « parallélismes » entre cybernétique et « systémologie générale » relevés par Bertalanffy

Bertalanffy, parfaitement au fait des écrits de Wiener sur le sujet, dénombra pas moins de sept « parallélismes » majeurs¹ :

- (1) ce qu'il appela le « caractère inter-scientifique », c'est-à-dire le fait que la cybernétique embrasse différentes disciplines académiques établies, auquel il faut ajouter sa transdisciplinarité, puisque Bertalanffy pointa simultanément l'« affirmation » des cybernéticiens « selon laquelle certaines conceptions modèles sont applicables dans des champs tout-à-fait différents » ;
- (2) « l'opposition du concept d'interaction mutuelle au schème analytique, cause-effet, stimulus-réponse² et à deux variables » ;
- (3) « le jugement selon lequel semble correspondre au principe de complémentarité en physique une limitation fondamentale en biologie, à savoir une complémentarité entre l'étude de processus isolés et celle de l'organisme comme un tout » ;
- (4) « l'insistance mise sur le caractère dynamique et non statique des équilibres organiques et la compréhension que l'organisme apparemment solide est, en fait, en flux continu »³ ;
- (5) « le dépassement dans l'ancienne antithèse entre structure et fonction »⁴ ;
- (6) « la réorientation dans les concepts de temps et d'énergie »⁵ ;
- (7) « la compréhension, contre la croyance timide que la méthode inductive mène à des théories et lois fondamentales, du fait que le progrès en physique fut, et pourrait être en biologie, réalisé au moyen de constructions théoriques hardies ».

3-3-3-2 – La critique bertalanffienne du modèle cybernétique d'explication du comportement téléologique : « ordre dynamique » contre « ordre machinaliste »

Ces nombreux « parallélismes » avec son projet de « systémologie générale » étant relevés, Bertalanffy s'attacha à marquer sa distance par rapport au modèle cybernétique d'explication des processus téléologiques. Il effectua un premier pas dans cette distanciation dès 1950 avec une classification des « types de finalité »⁶ qui raffinait, en prenant justement en compte la cybernétique, une tripartition qu'il avait déjà opérée l'année précédente⁷. Elle est synthétisée dans le tableau ci-dessous. Par « téléologie statique » était désigné « un arrangement qui semble utile pour un certain 'but' », tel que la fourrure d'un animal « pour » la conservation de sa chaleur : Bertalanffy, qui semble avoir limité ce type de téléologie au domaine organique, considérait qu'elle s'explique par la théorie synthétique de l'évolution (mutations aléatoires et opération de la sélection naturelle). Sa « partition » des cas de « téléologie dynamique » n'était pas parfaitement claire puisqu'elle ne présentait en fait pas une disjonction logique : ne serait-ce que parce que le type (2)(iii) peut être vu au moins dans certains cas tels que sa propre théorie de la croissance animale globale comme un cas particulier de (2)(i), où il

¹ *op. cit.*, p. 346 et p. 348.

² La rétroaction étant absente du schème « stimulus-réponse » simple (behaviorisme de Watson) auquel Bertalanffy faisait ici allusion

³ Wiener avait effectivement pointé cet aspect ; ainsi dans (1948, 1961), p. 127 : « Le passage de ces idées statiques [l'insistance scolastique sur les substances] au point de vue plus dynamique contemporain est parfaitement clair ». Il reprit plus en détails ce thème dans (1954, 1962), où il rejoignit impeccablement Bertalanffy (sans le citer) : « Nous ne sommes que les tourbillons d'un fleuve intarissable. Non substance qui demeure, mais modèles qui se perpétuent » (p. 119) ; « L'identité physique de l'individu ne consiste pas dans la matière dont il se compose [...] L'individualité biologique semble reposer sur une certaine continuité de processus, et dans le souvenir que l'organisme possède de son développement passé » (p. 125).

⁴ Ce dépassement n'était pas aussi net chez les cybernéticiens que chez Bertalanffy, mais l'idée du système qui se structure en fonctionnant était bien présente notamment dans la conception de Wiener déjà évoquée de la rétroaction négative comme facteur de la capacité des organismes et des machines cybernétiques à « produire une inversion temporaire et locale du cours de l'entropie ».

⁵ Bertalanffy faisait ici allusion à la discussion par Wiener N. (1948, 1961), pp. 30-44 de la signification du passage d'un « temps newtonien » (réversible) à un « temps bergsonien » (irréversible), où était soulignée la portée de l'avènement de conceptions statistiques.

⁶ Bertalanffy L. von (1950b), pp. 159-160. Voir aussi (1968a), pp. 75-77.

⁷ Bertalanffy L. von (1949b), p. 125. Il distinguait alors seulement les cas (2) (i), (2) (iii) et (2) (iv) du tableau qui suit.

regroupait en particulier tous les cas où le système atteint un état final indépendant du temps. Elle lui permettait quoiqu'il en soit de récuser une nouvelle fois le vitalisme en tant que tentative d'expliquer les types (2)(ii) et (2)(iii) de téléologie par le type (2)(iv). Et l'important ici est surtout que cette classification lui permettait d'introduire avec les types (2)(ii) et (2)(iii) une dichotomie entre le modèle cybernétique de régulation systémique et son modèle « organismique » de régulation fondé sur le concept de système ouvert.

2 – Téléologie dynamique (directivité des processus)				
1 – Téléologie statique (« ajustement »)	(i)	(ii)	(iii)	(iv)
	Évolution du système vers un état final comme si son état actuel en dépendait	Directivité des processus fondée sur un arrangement structural	Équifinalité (indépendance de l'état final par rapport aux conditions initiales et aux chemins suivis pour l'atteindre)	« Vraie finalité » (détermination du comportement actuel fondée sur une prévision consciente de l'état final à atteindre)

D'une part, Bertalanffy identifiait en effet le type (iii) de « téléologie dynamique » à celle que manifestent les systèmes ouverts dont l'évolution est orientée vers un « équilibre de flux », en pointant le fait qu'une telle téléologie repose sur « l'interaction dynamique des éléments » du système et non sur des « structures ou mécanismes prédéterminés »¹. D'autre part, il rangeait dans le type (2)(ii) tous les mécanismes de rétroaction. Il en distingua trois classes en 1951, avec un critère de distinction portant non sur leur principe, mais sur les domaines où le schème de rétroaction se révèle applicable²: (a) les phénomènes homéostatiques en physiologie (tels que l'homéothermie, la régulation sanguine de l'acidité et de l'oxygénation, la régulation du taux glycolique, ou encore celle de la posture) ; (b) la régulation des actions, qu'il s'agisse des servomécanismes en technologie ou des activités du système nerveux central et du contrôle kinesthésique chez l'homme ou l'animal ; (c) les « pulsions », c'est-à-dire l'activité instinctive automatique en tant qu'élément primaire (plutôt que le réflexe) des comportements humains et animaux, fondée comme l'avaient en particulier montré von Holst, Lorenz et Coghill sur des séquences préétablies d'impulsions pouvant se décharger même en l'absence de stimulus externe, l'action se trouvant là aussi dirigée vers son « but » au moyen d'un contrôle rétroactif, une fois fixées les conditions initiales.

L'argument critique de Bertalanffy, réitéré plusieurs fois entre 1950 et 1953, consista à pointer le fait que les schèmes cybernétiques de régulation par rétroaction ne permettent pas de rendre compte des processus de régulations correspondant au type (iii) de téléologie dynamique. Il montra en premier lieu l'impossibilité de subsumer sous le même concept d'« homéostasie » l'ensemble des phénomènes de régulation organique (voire, comme c'était le cas avec George E. Hutchinson, les principes d'équilibres biocénétiques tels que ceux de Volterra), en dénonçant la tendance à y ranger des processus qui soit n'ont rien à voir avec un mécanisme de rétroaction (tels que la régulation métabolique et la croissance organique), soit ne sauraient s'y réduire complètement (tels que la régulation de l'oxygénation et de l'acidité du sang) ; un usage si « approximatif » du terme « homéostasie » lui ferait « perdre sa signification propre » et présenterait des dangers épistémologiques significatifs :

Là où nous avons une homéostasie, nous devons dévoiler les mécanismes impliqués. Mais là où nous avons des régulations purement dynamiques, la considération des phénomènes comme des « homéostasies » nous induit en erreur car nous cherchons des mécanismes là où il n'y en a pas³.

Bertalanffy pointa plus largement les phénomènes qui, justement, avaient suscité dans les années 1920 et 1930 l'avènement des physiologies, médecines et psychologies holistiques discutées dans la première partie, qui l'avaient tant influencé dans sa jeunesse :

Ceci s'applique aux classiques « preuves du vitalisme » qu'avancèrent Driesch et d'autres, telles que la régulation équifinale dans le développement embryonnaire, l'autorégulation métabolique, le

¹ Bertalanffy L. von (1950b), p. 160 et (1951b), pp. 352-353.

² Bertalanffy L. von (1951b), pp. 350-352.

³ *op. cit.*, pp. 356-358.

fait de « rester un tout » en dépit de la division en unités biologiques élémentaires telles que les gènes et les chromosomes, ainsi que la régénération, la guérison, les régulations dans le système nerveux central après blessures de ses parties périphériques et centrales, le rétablissement d'une perception de *Gestalt*, etc. La rétroaction ne donne pas plus d'explication de ces phénomènes que tout autre théorie machinaliste, alors que ces traits sont, au moins dans leurs aspects généraux, des conséquences du caractère de système ouvert de l'organisme¹.

La référence au « machinalisme » de la cybernétique renvoyait d'abord à son type d'explications persistant à reposer sur des « arrangements structuraux préétablis », auquel Bertalanffy opposait les principes de son modèle du « système ouvert en équilibre de flux » :

La cybernétique et la théorie des systèmes ouverts visent le même but : l'explication scientifique et les lois de la « totalité » et de la téléologie organiques [...] Dans les deux cas, le système développe des forces dirigées contre la perturbation venant de l'extérieur, qui tendent à rétablir l'état normal. Mais la base causale est différente. Selon la conception systémique [i.e. la théorie des systèmes ouverts], le comportement « téléologique » résulte de l'interaction dynamique dans un système unifié, qui suit certaines conditions d'équilibre et de stabilité. La compensation des perturbations venant de l'extérieur est le résultat d'une neutralisation cinétique et dynamique du type du principe de Le Châtelier, qui peut être étendu et généralisé aux systèmes ouverts. Selon le schème de rétroaction, le comportement « téléologique », i.e. qui soit maintient le système (homéostasie), soit atteint un but extérieur au système, est dû à des arrangements structuraux pré-établis : le schème modèle dans la rétroaction est essentiellement une théorie machinaliste².

Bertalanffy reconnaissait qu'il s'agit d'un « machinalisme raffiné », mais l'essentiel restait pour lui qu'« il peut difficilement être réconcilié avec certains faits indicateurs d'un ordre authentiquement dynamique »³.

Son jugement reposait sur un autre argument prenant la forme d'une critique radicale. Il consistait à récuser l'idée que les schèmes de rétroaction, par la circularité de la transmission d'information qui les caractérise et du fait de la possibilité de les combiner, puissent rendre compte des causalités holistiques propres aux systèmes complexes :

Les mécanismes de rétroaction sont essentiellement des chaînes causales unidirectionnelles. Ceci reste vrai même dans le cas de ce que l'on appelle la rétroaction composée [*compound feedback*], i.e. lorsque non seulement un, mais plusieurs mécanismes régulateurs sont actifs, comme c'est par exemple le cas des systèmes de direction des bateaux. Les rétroactions sont ce que H. Jordan a appelé [en 1941] des « ambocepteurs ». Dans beaucoup de régulations biologiques, on a toutefois affaire à des réactions pantoceptrices, i.e. à des interactions de beaucoup voire de tous les éléments intégrés au système. Cet ordre dynamique n'est pas pris en considération par la cybernétique, comme le montre la classification des types de comportements de Rosenblueth, Wiener et Bigelow⁴.

Bertalanffy se méprit néanmoins considérablement lorsqu'il passa du constat justifié que l'ordre dynamique des « systèmes ouverts en équilibre de flux » n'était pas réellement pris en compte par les cybernéticiens (alors que certains d'entre eux, notamment Cannon et Wiener, avaient compris et souligné l'importance fondamentale de l'ouverture du point de vue thermodynamique), au reproche que la cybernétique se « restreint aux systèmes fermés ». Induit en erreur en particulier par l'évocation par McCullough d'une explication du *telos* des machines cybernétiques « en termes d'activité dans des circuits fermés », Bertalanffy confondit en effet à cette époque la fermeture à l'information avec une fermeture aux échanges de matière et d'énergie⁵, alors que de telles machines sont ouvertes à ces échanges. Par ailleurs, comme Rosen le lui reprocha légitimement en 1969, la dichotomie qu'il instaurait entre systèmes dynamiques et systèmes à rétroaction, qui se prolongea en une dichotomie entre théorie des systèmes dynamiques et théorie des automates, apparaissait en fait théoriquement contestable : d'une part parce que les deux types de systèmes s'intègrent à une même théorie

¹ *op. cit.*, pp. 355-356.

² *op. cit.*, pp. 352-353. Et (1953c), pp. 38-39 : « Même si le résultat des régulations qui reposent sur un équilibre de flux dans un système ouvert et de celles qui reposent sur une homéostasie sont semblables, et même si ces deux types de régulation se recoupent et se superposent dans beaucoup de phénomènes physiologiques, on doit les distinguer nettement. Le maintien de l'équilibre de flux dans un système ouvert repose sur des principes de nature cinétique et dynamique. L'homéostasie, par contre, repose sur des mécanisme du type de la rétroaction ».

³ Bertalanffy L. von (1951c), p. 27.

⁴ Bertalanffy L. von (1951b), p. 354.

⁵ *op. cit.*,

mathématique de la stabilité ; et d'autre part parce que la théorie des automates n'est pour l'essentiel qu'une mise en forme discrète de la théorie des systèmes dynamiques¹. Ces confusions ne minent toutefois pas le reste de l'argumentation de Bertalanffy, qui n'était plus à proprement parler une critique de la cybernétique, mais une réflexion sur les rapports entre celle-ci et son projet de « systémologie générale ».

3-3-3-3 – *L'interprétation bertalanffyenne de la cybernétique comme une branche spécifique de la « systémologie générale »*

Sa dichotomie entre « arrangements structuraux » et « ordre dynamique » permet à Bertalanffy de poursuivre sa réflexion à cet égard sur la base de son modèle général des « systèmes organisés ». De même qu'il avait subordonné son second principe « organismique » (celui de hiérarchisation) au premier (celui de l'ouverture du système), il mit le moment de la « hiérarchisation progressive » constitutif de ce modèle au service d'une subordination de l'approche cybernétique à la sienne :

Nous devons distinguer deux différentes classes dans les phénomènes de régulation, de finalité, de directivité et de *Gestalt*. Pour autant qu'on puisse en juger, les régulations *primaires* résultent de l'interaction dynamique dans un système unifié conformément à des lois systémiques générales. Surimposées sont ces régulations que l'on pourrait appeler *secondaires*, qui sont gouvernées par des structures « machinalistes » fixées. Elles comprennent tous les phénomènes de rétroaction, d'homéostasie et les mécanismes régulateurs qui leur sont liés. Il y a une raison simple pour la primauté, dans l'organisme, de l'ordre dynamique par rapport à l'ordre structural. Par opposition à la machine qui consiste en des parties durables, toutes les structures organiques sont maintenues dans un processus continu, en perpétuelles décomposition et régénération. La seule chose qui soit réellement permanente dans l'organisme est l'ordre des processus. Par conséquent, la raison ultime de l'ordre dans le système vivant ne peut être recherchée que dans les lois du processus lui-même, non dans des structures préétablies et durables. Ontogénétiquement comme phylogénétiquement, nous trouvons un principe de mécanisation progressive, créant ces mécanismes et rendant l'organisme plus efficace tout en limitant simultanément la régularité. La régulation dynamique apparaît comme le cas primordial et le plus général².

La cybernétique ne pourrait donc pas prétendre au statut de science générale du comportement systémique qu'y voyaient ses fondateurs ; et elle ne saurait donc pas se substituer à la « systémologie générale », étant plutôt vouée à n'en former qu'une branche spécifique :

La rétroaction représente un type important mais particulier de comportement systémique. La « dynamique » est la théorie la plus large, car nous pouvons toujours y partir de principes systémiques généraux pour aller vers les régulations par des machines en utilisant des conditions contraignantes, alors que la réciproque est fautive. En ce sens, *la cybernétique est une partie de la systémologie générale du futur*³.

Remarquons enfin que ces réflexions, auxquelles Bertalanffy resta fidèle jusqu'à la fin de sa vie, furent contemporaines de la critique de la cybernétique par Wisdom (qu'il ne semble toutefois pas avoir connue). Cette critique est à ma connaissance la première publication focalisée sur la cybernétique à mentionner les conceptions de Bertalanffy, et il est intéressant qu'elle le fit en soulignant à la fois la généralité et la spécificité de sa théorie des systèmes ouverts, certes sans rejoindre l'idée d'une réduction de la cybernétique à un domaine spécifique de la « systémologie générale » – dont Wisdom connaissait pourtant le projet :

Un développement intéressant et important qui devrait être mis en relation avec la cybernétique est l'interprétation de l'organisme comme un système ouvert. Celle-ci est due à von Bertalanffy, qui a publié un certain nombre d'essais sur la théorie des systèmes, et à Burton, qui a brièvement avancé

¹ Rosen R. (1969c).

² Bertalanffy L. von (1951b), p. 360. Et Bertalanffy L. von (1953c), p. 39 : « Il n'y a naturellement aucune frontière stricte entre 'systèmes dynamiques' et 'machines'. L'essence d'une machine consiste en ce que des conditions contraignantes sont imposées à un système de forces, qui diminuent le nombre de degrés de liberté, en général de telle sorte que ne demeure qu'une seule sorte de possibilité de mouvement. Mais même dans les machines faites de la main de l'homme existent toutes les sortes de gradation entre couplage rigide et souple, qui ne permettent qu'un ou plusieurs degrés de liberté. Dans le domaine de la biologie, les régulations primaires apparaissent comme celles d'un type de systèmes dans une moindre mesure contraints, de telle sorte qu'un degré plus élevé d'interaction dynamique et de liberté y subsiste ».

³ Bertalanffy L. von (1951b), pp. 360-361. Les italiques me sont propres.

la même idée [... La théorie des systèmes ouverts de von Bertalanffy] donne un cadre théorique auquel s'ajustent des propriétés fondamentales de l'organisme [...] Ainsi développe-t-il avec elle le concept d'« équifinalité » pour les états finaux tels que la taille atteinte au terme de la croissance [...] *La théorie des systèmes [de von Bertalanffy] ne doit pas être vue comme une partie de la cybernétique*, parce que c'est une théorie très générale ayant toutes sortes d'applications. La connexion entre systèmes ouverts, équilibres dynamiques et adaptation met le sujet en relation avec la cybernétique ; mais pour l'essentiel, la théorie des systèmes est autonome [...] et certains de ses développements, aussi intéressants soient-ils, ne sont pas connectés à la cybernétique¹.

Si rien n'indique que ces commentaires de Wisdom, publiés en Angleterre, aient significativement influencé les cybernéticiens américains, il est très probable qu'au moins un de leurs collègues anglais n'y resta pas insensible : il s'agit d'Ashby, qui ne tarda pas à s'intéresser de près aux conceptions de Bertalanffy². L'influence de ses travaux dans l'histoire du projet de « systémologie générale » est telle qu'ils méritent un examen particulier.

3-3-4 – *William R. Ashby, médiateur entre cybernétique et projet de « systémologie générale »*

Ashby est beaucoup moins célèbre que les autres principaux fondateurs de la cybernétique tels que Wiener, von Neumann et McCullough. Ce psychiatre, qui se forma en parallèle très solidement aux mathématiques avancées au cours de ses années d'études universitaires, jouit pourtant d'une nette priorité quant aux deux hypothèses centrales de la « première » cybernétique³, qu'il formula dès 1940. Et ses travaux, marqués par la publication de ces deux traités majeurs que furent *Design for a brain* (1952) et *An introduction to cybernetics* (1956), contribuèrent considérablement au développement de cette science des années 1940 au début des années 1960, que ce soit par leur problématique, par leurs résultats théoriques, par leurs réalisations techniques, par les réflexions méthodologiques et épistémologiques dont ils furent solidaires, mais aussi par les échanges qu'ils permirent d'engager avec les autres approches systémiques (dont celles de Bertalanffy et Rapoport).

3-3-4-1 – *La problématique initiale d'Ashby : nature et origine du comportement adaptatif*

Le problème de la nature et de l'origine du comportement adaptatif fut dès 1940 placé au cœur des réflexions d'Ashby⁴. Ce problème était selon lui étroitement lié à ce qu'il voyait comme un paradoxe dans l'évolution organique : tandis que Descartes avait déclaré qu'il doit y avoir au moins autant de réalité et de perfection dans une cause que dans son effet, la théorie darwinienne de l'évolution montrait qu'une règle simple, celle de la sélection naturelle opérant sur un flux de mutations aléatoires, peut produire des structures et une adaptation beaucoup plus complexes que la règle qui les a engendrées, complexité d'ailleurs indépendante de celle des règles elles-mêmes. Le paradoxe tiendrait à deux manières de comprendre ce que l'on entend par « cause » de l'état d'un système : s'il s'agit d'y inclure tout ce qui contribue à la détermination de cet état, c'est-à-dire l'ensemble du processus évolutif spécifié dans tous ses détails, alors on peut bien accorder raison à Descartes ; mais l'on peut aussi bien entendre par « cause » seulement une partie de la détermination en question, rendre néanmoins compte ainsi du phénomène évolutif et invalider de la sorte le postulat cartésien : telle était l'hypothèse directrice d'Ashby. En se fondant sur la mesure de l'information définie par Shannon, il remarqua qu'une « machine » (telle que l'organisme) exposée à une source d'information (tel qu'un flux de mutations aléatoires) qui serait conçue de telle sorte qu'elle puisse (selon une règle similaire à celle de la sélection naturelle) opérer un choix dans son environnement et

¹ Wisdom J.O. (1951), pp. 19-20. Les italiques me sont propres. L'article fut publié dans la même revue anglaise que Bertalanffy L. von (1950b), qui constituait le premier exposé en anglais du projet de « systémologie générale ». Wisdom s'y est référé en bibliographie.

² La probabilité qu'Ashby ait pris connaissance des travaux de Bertalanffy par l'intermédiaire de Wisdom est d'autant plus forte que : (1) Bertalanffy L. von (1950b), Wisdom J.O. (1951) et Ashby W.R. (1952a) furent publiés dans la même revue ; (2) Wisdom J.O. (1951), pp. 6-12 a consacré une longue partie de sa critique de la cybernétique aux travaux d'Ashby, que l'on imagine d'autant plus mal avoir ignoré cet article qu'il se réfère à Wisdom dans Ashby W.R. (1952b), p. 91 ; (3) Ashby, dans (1952a), se réfère justement à Bertalanffy L. von (1950b).

³ Wisdom J.O. (1951), p. 5. Rappelons ici ces deux hypothèses : (1) le principal mécanisme du système nerveux central est un mécanisme de rétroaction négative ; (2) le mécanisme de rétroaction négative explique le comportement 'finalisé' et adaptatif ».

⁴ *op. cit.*, p. 6.

l'intégrer dans son propre fonctionnement (telle que la transmission d'une mutation à la descendance) peut très bien nécessiter pour sa conception une quantité moindre d'information que celle fournie par la source à laquelle elle est exposée. Il suffirait que soit incluse dans la conception d'un système la capacité à intégrer des informations extérieures pour qu'il soit rendu capable d'évoluer vers un état caractérisé par une quantité d'information supérieure à celle nécessaire à sa conception – le point crucial étant que la décision d'utiliser ou non la source d'information requiert seulement 1 bit alors que l'entropie de cette source peut bien évidemment être considérable :

Tandis que la maxime de Descartes est vraie si par « concepteur » on entend « chaque détail contribuant au fonctionnement de la machine », elle ne l'est pas si par « concepteur » on entend « l'homme qui spécifie sa construction ». Pour transcender les limites impliquées par cette maxime, le concepteur doit inclure comme l'une de ses spécifications : « admettre d'autres informations »¹.

L'objectif d'Ashby, dont la principale préoccupation initiale en tant que psychiatre restait le fonctionnement du cerveau et plus particulièrement l'apprentissage, fut alors de démontrer qu'il est possible de construire une machine pourvue de cette capacité, et d'exhiber de la sorte en retour une explication « machinaliste » de cette capacité même chez l'homme :

J'espère montrer qu'un système peut être à la fois de nature mécanistique et néanmoins produire un comportement adaptatif. J'espère montrer que la différence essentielle que l'on a coutume d'opérer entre le cerveau et toute machine tient au fait que le cerveau fait un usage important d'une méthode jusqu'à présent peu utilisée dans les machines. J'espère montrer que par l'usage de cette méthode, un comportement de machine peut être rendu aussi adaptatif que nous le souhaitons, et que la méthode pourrait être en mesure d'expliquer même l'adaptabilité de l'homme².

Ashby fut amené par cette perspective à élaborer une théorie du comportement adaptatif et à construire effectivement sur la base de cette théorie une machine satisfaisant ces objectifs. Mais ce faisant, c'est plus généralement encore une conception propre de la cybernétique qu'il élaborait et qui, tout en présentant des différences significatives avec le projet « systémologique » général de Bertalanffy, n'en permit pas moins une médiation essentielle entre ce projet et la science cybernétique des systèmes.

3-3-4-2 – Une focalisation sur la « machine » en tant que « système à état déterminé »

Une première différence importante tient au caractère radicalement déterministe et behavioriste de l'approche d'Ashby ; surtout qu'elle le fut en premier lieu quant au comportement humain, eu égard auquel toute considération de la conscience était évacuée :

Aucune explication téléologique ne sera utilisée. Il sera de part en part supposé qu'une machine ou un animal s'est comporté d'une certaine manière à un certain moment parce que sa nature physique et chimique à ce moment ne permettait pas d'autre action [...] Il sera supposé que les unités du système nerveux et de l'environnement se comportent d'une manière déterminée ; c'est-à-dire que chaque partie, dans un état interne particulier et affectée par des conditions externes particulières, se comportera d'une seule manière [...] La question de savoir si le système nerveux est composé de parties déterminées ou stochastiques n'est pas encore tranchée. Mais nous supposons qu'elles sont déterminées [...] Skinner a produit des preuves frappantes par des expériences animales que le système nerveux peut se comporter de manière reproductible si les conditions environnementales peuvent être restaurées précisément [...] La conscience et ses éléments subjectifs ne seront pas utilisés pour la simple raison que jamais je n'ai trouvé leur introduction nécessaire. Ceci n'est pas surprenant car je traite ici d'une seule propriété du cerveau – l'apprentissage – que l'on a depuis longtemps reconnue comme n'ayant aucune dépendance nécessaire à la conscience³.

Aussi la cybernétique d'Ashby se focalisait-elle sur un concept de « machine » relativement spécifique, bien qu'il ait insisté sur le fait que ce dernier terme devait être compris chez lui « dans le sens le plus large possible » : le concept de « machine déterminée », en tant que « système dynamique » (i.e. « qui peut changer au cours du temps ») dont le comportement est tel que l'occurrence d'un état particulier détermine univoquement ses états futurs :

¹ Ashby W.R. (1952a), pp. 55-56. Voir aussi pp. 44-45 et pp. 50-52.

² Ashby W.R. (1952b), p. 1.

³ *op. cit.*, pp. 9-11. Voir aussi p. 35.

Une « machine » est quelque chose dont le comportement est dérivable avec nécessité de la connaissance de son état interne et de ses conditions environnementales ; c'est-à-dire qu'une condition environnementale particulière (ou intrant, i.e. les variables qui l'affectent) et un état particulier déterminent de manière unique quelle transition se produira¹.

Il s'agissait plus précisément de ce qu'Ashby appela, en la qualifiant d'« abstraction » dont « la nature est tout-à-fait différente de la machine réelle », d'un « système à état déterminé » : à savoir non pas une « chose », mais une « liste de variables » que l'on « sélectionne » parmi l'infinité « disponibles » dans une « machine réelle » (les variables non sélectionnées pour définir ce système étant des « paramètres ») parce qu'elle sont jugées « pertinentes par rapport à un intérêt donné », les valeurs instantanées de ces variables définissant l'« état » du système et le « champ » de ce dernier ayant la propriété caractéristique qu'une unique « ligne de comportement » ne peut passer que par un point donné de l'espace des phases associé². Pour Ashby, qui adopta ce point de vue dès 1945 mais qui se référa aussi en 1952 à la discussion que Bertalanffy avait menée deux ans plus tôt dans son « esquisse de systémologie générale », la spécification du comportement de toute « machine déterminée » peut s'opérer lorsque les variables sont continues au moyen d'un système différentiel dont le type général est celui-là même que Lotka et Bertalanffy à sa suite avaient considéré dans leurs travaux³.

Ashby ne se servit toutefois pas de ce système général dans la perspective « systémologique » adoptée par ses collègues. Il se borna à discuter, selon la nature des valeurs propres de la matrice associée, les types de stabilité possibles lorsque les fonctions sont linéaires et dans le seul cas où le nombre de variables est égal à 4, dans le cadre d'un travail d'ingénierie qui sera examiné plus loin⁴. De surcroît, il n'utilisa pas ce système différentiel dans la visée « illustrative » de Bertalanffy, et s'il relativisa lui aussi sa généralité, ce fut pour prétendre lui en substituer une autre, susceptible de prendre en compte les maints phénomènes discontinus surgissant en biologie ou en ingénierie : celle de la « machine avec intrant » (ou encore l'« automate fini ») en tant qu'application du produit d'un ensemble S d'états internes et d'un ensemble I d'intrants vers l'ensemble S , capable selon Ashby « d'inclure le continu, le discontinu et même le discret sans la moindre perte de rigueur »⁵.

3-3-4-3 – *La critique de Bertalanffy par Ashby et son interprétation de la cybernétique comme une « théorie générale des systèmes » (à état déterminé)*

En dépit de la limitation de son intérêt effectif aux « machines déterminées », Ashby développa une conception de la cybernétique dont la convergence avec le projet « systémologique » général de Bertalanffy était parfaite à maints égards. Il faut toutefois remarquer d'emblée que cette conception, déjà mise en pratique en 1952 dans *Design for a brain*, ne fut explicitée qu'en 1956. Comme Ashby connaissait le projet de Bertalanffy par plusieurs de ses écrits (y compris en allemand) au moins depuis 1952, il semble légitime de faire l'hypothèse qu'il fut incité à préciser ses conceptions en conséquence, en réponse à un besoin d'affirmer, dans une logique de concurrence, la supériorité de son approche « systémologique ». Cette hypothèse se justifie d'abord par le fait que l'exposé par Ashby de la nature et des vocations de la cybernétique soit intervenu alors que la S.G.S.R. était en train de s'organiser autour du projet de Bertalanffy. Elle se justifie aussi par une revue de la « biophysique de l'équilibre de flux » de ce dernier, qu'Ashby rédigea en 1955.

Tout en jugeant très « diplomatiquement » que la contribution de Bertalanffy à la théorisation des systèmes était « substantielle et bienvenue », Ashby lui reprocha dans cet article critique de trop enraciner ses réflexions dans des problématiques issues des sciences de la nature et de ne pas contribuer au développement effectif d'une théorie parfaitement abstraite et axiomatisée :

Bien que je sois entièrement d'accord avec Bertalanffy sur le fait qu'une théorie générale des systèmes [*general theory of systems*] est souhaitable, je n'ai pas de sympathie pour la méthode avec

¹ *op. cit.*, p. 25. Voir aussi p. 13 ainsi que (1952a), p. 49 et, pour une définition plus abstraite, (1956), p. 24.

² *op. cit.*, pp. 16-27 et p. 71 : une « ligne de comportement » est spécifiée par « une succession d'états et d'intervalles de temps entre eux » et le « champ » du système est « l'espace des phases contenant toutes les lignes de comportement trouvées en laissant livré à lui-même le système à partir de tout état initial possible dans un ensemble particulier de conditions environnementales ». Voir aussi (1956), pp. 39-41 et pp. 106-107. La conception perspectiviste qu'Ashby avait du concept de « système » a été discutée au 2-2-3-6.

³ Ashby W.R. (1952a), p. 49.

⁴ *op. cit.*, p. 54.

⁵ Ashby W.R. (1962), p. 261.

laquelle il procède [...] Mon sentiment est qu'une théorie générale des systèmes à proprement parler doit résolument divorcer de la physique et de la chimie contemporaines ; qu'elle doit se développer d'abord dans le monde de l'abstrait et ne venir en contact avec le monde réel que lorsqu'elle possèdera assez de cohérence *interne* afin d'être capable de préserver sa structure, laquelle doit être assez riche et complète pour inclure *tout* système physique, ou tout comportement auquel elle est confrontée. Sa position ressemble selon moi à celle de la relation entre géométrie et espace physique. Il fut un temps où les préliminaires essentiels de toute géométrie étaient que ses propriétés doivent s'accorder avec celles de l'espace physique réel. L'espace physique dominait la géométrie. Désormais, la relation est inversée ; la géométrie existe de plein droit, elle est beaucoup plus riche que l'espace physique en contenu et capable de représenter *tout* espace qui se trouve avoir une existence réelle. De la même manière, la systémologie [*system theory*] devrait selon moi oublier la physique et la chimie jusqu'à ce qu'elle soit plus forte¹.

C'est ce rôle de « théorie » *vraiment* générale (mais en réalité limitée aux « systèmes à états déterminés ») qu'Ashby assigna justement à la cybernétique l'année suivante.

Il faut malgré tout constater que les accents anti-substantialistes de l'Anglais étaient semblables à ceux de Bertalanffy et qu'il rejoignait en fait les discours de principe de son collègue sur la vocation de la « systémologie » en tant que discipline autonome et méta-scientifique, dont les constructions seraient abstraites et parfaitement générales ; on peut d'ailleurs reconnaître dans le discours d'Ashby l'élément clef de la philosophie de la mathématisation de Rashevsky, qui avait tant influencé le Viennois dans les années 1930 :

La cybernétique est une « théorie des machines » ; elle traite toutefois non de choses, mais de *modes de comportement*. Elle ne demande pas « qu'est cette chose ? », mais « que fait cette chose ? » [...] Elle est essentiellement fonctionnelle et behavioriste. La cybernétique a commencé en étant étroitement associée de maintes manières à la physique, mais ne dépend d'aucune manière essentielle des lois de la physique ou des propriétés de la matière. Elle traite de toutes les formes de comportement dans la mesure où ils sont réguliers, ou déterminés, ou reproductibles. La matérialité y est dépourvue de pertinence, et il en va de même de la validité ou non des lois de la physique. *Les vérités de la cybernétique ne sont pas conditionnées par leur dérivation d'autres branches de la science*. Elle a ses propres fondements [...] Elle se trouve par rapport à la machine réelle comme la géométrie par rapport à n'importe quel objet de notre espace terrestre [...] La cybernétique prend comme objet le domaine de « toutes les machines possibles » et n'est que secondairement intéressée par la question de savoir si certaines d'entre elles ont déjà été construites par l'homme ou par la nature [...] Elle suit ainsi la voie empruntée par la physique mathématique, qui a longtemps donné de l'importance à l'étude de systèmes que l'on sait ne pas exister².

Ashby pointa à cette occasion très bien pourquoi la théorie de l'information semblait promise à jouer un rôle majeur dans cette optique généralisatrice ; mais ce fut justement aussi en visant Bertalanffy (sans le nommer), le cybernéticien considérant au contraire de son collègue que la problématique de l'ouverture (énergétique et matérielle) des systèmes était essentiellement « sans pertinence » pour le développement de la science générale qu'il visait :

La cybernétique traite typiquement toute machine particulière donnée en demandant non pas « quel acte individuel se produira ici et maintenant ? », mais « que sont *tous* les comportements possibles qu'elle peut produire ? ». C'est pourquoi la théorie de l'information en vient à jouer un rôle essentiel ; car cette théorie est essentiellement caractérisée par le traitement d'un *ensemble* de possibilités ; tant ses données primaires que ses jugements finaux portent presque toujours sur l'ensemble en tant que tel et non sur un élément individuel dans l'ensemble [...] La cybernétique envisage un ensemble de possibilités beaucoup plus large que le réel, et demande ensuite pourquoi le cas particulier devrait se conformer à sa restriction particulière usuelle. Dans cette discussion, les questions d'énergie ne jouent presque aucun rôle. Et même la question de savoir si le système est clos à l'énergie ou ouvert est souvent sans pertinence ; *est* par contre importante la mesure dans laquelle le système est sujet à des facteurs de détermination et de contrôle³.

¹ Ashby W.R. (1955/1956), pp. 255-256.

² Ashby W.R. (1956), pp. 1-2.

³ *op. cit.*, p. 3.

3-3-4-4 – Une intégration de l'« ordre dynamique » à l'optique de la cybernétique tendant à réduire la portée des critiques de Bertalanffy

La problématique d'Ashby se focalisait sur le traitement de l'information dans des systèmes « fermés » à cet égard ; mais il faut noter qu'il rejoignait en fait Bertalanffy dans sa manière d'appréhender les organismes. En effet, il ne parlait de « fermeture » à l'information que dans la mesure où l'analyse cybernétique s'applique au système formé par l'organisme *et* son environnement. Les deux systémiciens, j'y reviendrai plus loin, avaient donc en commun, en dépit d'une compréhension différente de sa signification, le schème général selon lequel le premier ne peut être compris indépendamment de ses relations avec le second :

Étant donné un organisme, son environnement est défini comme l'ensemble des variables dont les changements affectent l'organisme, et des variables qui sont modifiées par le comportement de l'organisme. Il est donc défini en un sens purement fonctionnel et non matériel [...] L'organisme vivant et son environnement, pris ensemble, peuvent être représentés avec assez de précision par un ensemble de variables qui forment un système à état déterminé.

Et c'est à ce système que Ashby appliquait le concept de rétroaction :

L'organisme affecte l'environnement et l'environnement affecte l'organisme : un tel système est dit posséder une « rétroaction »¹.

Mais ce faisant, Ashby optait pour une définition très large du concept de rétroaction qui l'identifiait en définitive à ce que l'on pourrait appeler la « réciprocité d'action », où était perdue la signification spécifique qu'il avait chez Wiener et ses collègues. Et il est intéressant qu'il fut amené à critiquer cette signification spécifique pour des motifs holistiques rejoignant en partie ceux de Bertalanffy :

On dit qu'une rétroaction est présente dans un système dynamique lorsqu'y existe une circularité d'action entre parties [...] Pour ceux qui visent une compréhension des *principes* cachés derrière la multiplicité des mécanismes particuliers, une « rétroaction » existe entre deux parties lorsque l'une affecte l'autre ; comme par exemple dans le système $\begin{cases} x' = 2xy \\ y' = x - y^2 \end{cases}$ car la valeur de y affecte le changement de x de telle sorte que celle de x affecte celle de y . Par opposition, on ne peut dire qu'une rétroaction est présente dans $\begin{cases} x' = 2x \\ y' = x - y^2 \end{cases}$, car le changement de x ne dépend plus ici de la valeur de y ; x domine y et l'action est dans un seul sens. D'un autre côté se trouvent les expérimentateurs et constructeurs pratiques, qui veulent utiliser le mot pour référer, lorsqu'un effet de P sur R peut être tenu pour avéré, à la conduction délibérée en retour d'une partie de l'effet de R vers P par une connexion physiquement ou matériellement évidente. Ils s'opposent à la définition du mathématicien, en arguant qu'elle forcerait à dire qu'une rétroaction est présente dans le pendule ordinaire, entre sa position et son moment – une « rétroaction » qui, du point de vue pratique, est quelque peu mystique. Le mathématicien répond que si l'on doit considérer une rétroaction présente seulement lorsqu'existe un fil ou un nerf réel pour la représenter, la théorie devient chaotique et truffée de considérations sans pertinence. En fait, la controverse est inutile car la définition exacte de la « rétroaction » n'est nulle part importante. Le fait est que le concept de « rétroaction » [au sens de Wiener], si simple et naturel dans certains cas élémentaires, devient artificiel et peu utile lorsque les interconnexions entre parties deviennent plus complexes [...] De tels systèmes complexes ne peuvent être traités comme des ensembles de circuits de rétroaction plus ou moins indépendants, mais seulement comme des tous. Pour une compréhension des principes généraux des systèmes dynamiques, le concept de rétroaction [au sens de Wiener] est donc inadéquat en lui-même. L'important est que les systèmes complexes, richement interconnectés intérieurement, ont des comportements complexes pouvant être finalisés selon des schèmes complexes².

La conséquence de ces positions d'Ashby est qu'elles estompaient l'opposition sans doute trop radicale qu'avait opérée Bertalanffy quelques années plus tôt entre « ordre dynamique » et « ordre machinaliste » : il s'agit d'un premier aspect de ce que j'appelle ici la position et le rôle « médiateurs » d'Ashby entre cybernétique et « systémologie générale ». D'autres aspects des réflexions entreprises

¹ Ashby W.R. (1952b), pp. 36-37.

² Ashby W.R. (1956), pp. 53-54.

par ce dernier rejoignaient toutefois encore plus significativement celles qu'avait menées Bertalanffy, tout en les précisant.

3-3-4-5 – « *Machines isomorphes* », « *machines homomorphes* » et problématique de la modélisation systémique : les précisions apportées par Ashby

Ashby, probablement stimulé là aussi par son collègue, fut en effet amené à élaborer une version cybernétique du concept d'isomorphisme et à discuter dans son prolongement celui de modèle systémique, *via* le concept de « machines homomorphes ».

La notion et le terme même d'« isomorphisme » (en tant qu'« identité formelle » entre modèles systémiques) furent utilisés dès 1952 par Ashby¹, mais ce n'est que dans son « Introduction à la cybernétique », en 1956, qu'il discuta systématiquement le concept de « machines isomorphes ». Il s'agissait pour lui d'aller au-delà de la signification « grossière » de l'isomorphie comme « similitude de schéma [*pattern*] », en lui donnant une signification mathématique. Après avoir discuté dans le détail l'exemple de l'isomorphisme, qui repose sur la possibilité d'une description par une même équation différentielle linéaire du second ordre, entre d'une part le mouvement oscillatoire d'un ressort soumis à une traction et à une force de frottement et d'autre part l'évolution de la charge dans un circuit électrique RLC (constitué d'une résistance, d'une bobine d'induction et d'un condensateur), Ashby insista dans un premier temps sur « la grande valeur pratique des isomorphismes » :

L'utilisation de systèmes isomorphes est commune et importante. Elle est importante parce que la plupart des systèmes ont à la fois des secteurs difficiles et faciles dans leurs propriétés. Lorsqu'un expérimentateur tombe sur un secteur difficile quant au système particulier qu'il étudie, il peut, si une forme isomorphe existe, trouver que le secteur correspondant dans l'autre forme est plus facile à comprendre, contrôler ou étudier. Et l'expérience a montré que la capacité à passer à une forme isomorphe, bien qu'elle ne donne pas de preuve absolument digne de confiance (car un isomorphisme peut ne valoir que dans un certain spectre), est néanmoins une aide très utile et pratique pour l'expérimentateur. Son usage est ubiquitaire en science².

Contrairement à Bertalanffy, il releva l'existence d'une « définition exacte et objective » de l'isomorphisme, en se référant au groupe de mathématiciens Bourbaki pour ce qu'il disait être « la plus fondamentale »³. Mais il chercha surtout à formuler une définition « adaptée aux systèmes dynamiques ». Ayant par ailleurs défini la « représentation canonique » d'une « machine réelle » comme la « transformation » qui lui est associée, c'est-à-dire la spécification de l'ensemble des « transitions » d'un état à un autre du système qui la représente sous l'action d'un « opérateur » (l'ensemble des facteurs agissant sur l'état du système)⁴, il donna la définition suivante :

Les représentations canoniques de deux machines sont isomorphes si une transformation bijective [*one to one*] des états (intrants et extrants) de l'une des machines en ceux de l'autre machine permet de convertir l'une des représentations en l'autre.

Mais contrairement à Bertalanffy là encore, que nous avons vu manquer de clarté en utilisant le terme d'« isomorphisme » à propos de correspondances formelles partielles, Ashby opéra une distinction clarificatrice entre « machines isomorphes » et « machines homomorphes », lesquelles exprimaient selon lui « un moindre degré de ressemblance » :

Deux machines peuvent aussi être reliées par un « homomorphisme ». Ceci se produit lorsqu'une transformation surjective [*many to one*], appliquée à la plus complexe, peut la réduire à une forme isomorphe à la plus simple [...] Deux machines sont homomorphes lorsqu'elles deviennent semblables si l'une est simplifiée, i.e. observée avec une discrimination partielle [...] On dit de la machine la plus simple qu'elle est un homomorphisme de la première⁵.

C'est au moyen de ce concept plus « faible » que celui d'isomorphisme qu'Ashby reformula la problématique modélisatrice du systémicien dès lors qu'il dispose d'une information incomplète sur le

¹ Ashby W.R. (1952b), p. 85 en particulier.

² Ashby W.R. (1956), pp. 96-97.

³ Il n'y a en fait pas *une*, mais *plusieurs* définitions, selon les structures (algébriques, topologiques, etc.) concernées.

⁴ *op. cit.*, pp. 10-11 et p. 29.

⁵ *op. cit.*, pp. 97-103.

système qu'il étudie (ce qui est en général le cas), en particulier lorsqu'il est confronté aux systèmes biologiques ; si l'on prend en compte le fait que les termes « tout » et « partiel » réfèrent ici à la connaissance des déterminations analytiques du système considéré et non au système lui-même, on peut constater qu'Ashby rejoignait la philosophie perspectiviste de Bertalanffy à ce sujet, mais avec des formulations plus précises :

Le refus délibéré de tenter toutes les distinctions possibles et la restriction délibérée de l'étude d'un système dynamique à un homomorphisme du tout deviennent justifiés, et en fait inévitables, lorsque l'expérimentateur est confronté à un système d'origine biologique [...] Il doit renoncer à toute ambition de connaître la *totalité* du système. Son objectif doit être d'acquérir une connaissance partielle qui, bien que partielle par rapport au tout, soit néanmoins complète en elle-même, et suffisante pour son but pratique ultime [...] La science n'est pas immédiatement concernée par la découverte de ce que le système est « réellement », mais par la coordination des diverses découvertes de l'observateur, chacune n'étant qu'une portion, ou un aspect, de la vérité globale [...] La méthode consistant à étudier des systèmes très grands en n'étudiant que certains de leurs aspects soigneusement sélectionnés est simplement ce qui est toujours fait en pratique. Nous avons simplement ici l'intention de suivre le processus plus rigoureusement et consciemment.

Ashby put dès lors définir un « modèle » comme un « homomorphisme » d'un système défini sur une « machine réelle », et même plus subtilement encore comme un système M dont un « homomorphisme » M' est isomorphe à un « homomorphisme » S' du système S qu'il s'agit de modéliser, tous les aspects de M n'étant pas nécessairement pertinents pour la représentation de S , et tous les aspects de S n'étant pas pris en compte pour la modélisation¹.

3-3-4-6 – *Par-delà l'opposition entre déterminisme et spontanéisme : l'homéostat d'Ashby, machine réelle auto-adaptative*

C'est au sens du terme « modèle » qui vient d'être discuté que les travaux d'Ashby furent entre 1940 et 1952 voués à la construction d'un modèle du cerveau, ce qu'il appelait un *design* – avec un triple jeu de significations²: il ne s'agissait pas pour lui de modéliser l'ensemble du fonctionnement cérébral, mais seulement cette forme particulière de comportement adaptatif qu'est l'apprentissage ; et il ne s'agissait pas non plus que tous les détails de son modèle aient un référent cérébral. L'objectif était de construire non seulement un modèle formel du processus d'apprentissage, mais une « machine réelle » incarnant ce modèle et dont le comportement serait un « homomorphisme » du processus d'apprentissage qui se manifeste dans les cerveaux réels. Cette machine, Ashby la nomma l'« homéostat » en référence aux travaux de Cannon, et il la construisit effectivement en 1948.

Cette construction se fondait sur l'identification du comportement adaptatif à celui d'un système dynamique dont toutes les « variables essentielles »³ sont maintenues dans certaines limites « normales » (qui définissent dans son espace de phase une « région de stabilité » du système)⁴. Conformément au point de vue behavioriste adopté par Ashby, ce comportement était simultanément identifié au résultat d'un processus de test et de sélection « par essai et erreur », l'« erreur » correspondant à une sortie d'une « région de stabilité »⁵. Le problème de l'adaptation devenait dès lors de savoir comment le système peut concilier les deux exigences de stabilité de ses « variables essentielles » et de changement adéquat aux sollicitations de l'environnement. Ashby y répondit au moyen des concepts de « fonctions d'échelon » [*step-functions*] (souvent qualifiées aussi « en escalier ») et de « mécanismes d'échelon » [*step-mechanisms*] : un système dynamique peut satisfaire lesdites exigences tout en étant à « état déterminé » si certaines de ses variables, dites « principales », se comportent comme des « fonctions d'échelon », de telle sorte que l'ensemble de ces variables ne

¹ *op. cit.*, pp.106- 109.

² « *Design for a brain* » peut signifier « un plan pour le cerveau », « une ébauche de cerveau » ou encore « un dessin pour le cerveau » : ce titre faisait référence à la fois à un modèle conceptuel, à la construction d'un cerveau artificiel et à une téléologie apparente de l'adaptation.

³ C'est-à-dire les variables étroitement liées à la survie du système et liées de telle sorte que le changement de l'une d'entre elles affecte significativement toutes les autres : Ashby W.R. (1952b), pp. 41-43.

⁴ *op. cit.*, pp. 58-64.

⁵ *op. cit.*, p. 84 : « La règle fondamentale pour l'adaptation par essai et erreur est : si l'essai est sans succès, changer la manière de se comporter ; si et seulement si il est couronné de succès, retenir la manière de se comporter [...] Elle est équivalente à la formulation suivante : (1) lorsque les variables essentielles ne sont pas toutes dans leurs limites normales (i.e. lorsque l'essai a échoué), aucun état du système n'est un équilibre ; (2) lorsque les variables essentielles sont toutes dans des limites normales, chaque état du système est un équilibre ».

possède pas un seul mais plusieurs « champs » et que si leurs changements respectifs excèdent certaines valeurs-seuil, faisant ainsi sortir le système de sa « région de stabilité » dans un « champ » donné des variables principales pour le faire entrer dans un « état critique », l'ensemble de ces variables change de « champ » pour se retrouver dans une nouvelle « région de stabilité » (ce qu'Ashby appelait un « mécanisme d'échelon »)¹. Une grande originalité du cybernéticien était ici de chercher à dépasser la controverse entre déterministes et spontanéistes en donnant un sens au concept d'une « machine qui peut être à la fois déterminée et capable de changement spontané »². Une telle machine devait être ce qu'il appela un « système ultrastable », conçu sur la base d'un double mécanisme de rétroaction :

Deux systèmes de variables continues (appelées « environnement » et « partie réagissante ») interagissent de telle sorte qu'existe entre eux une rétroaction primaire (par des canaux sensoriels et moteurs complexes). Une autre rétroaction agissant par intermittence et à une vitesse d'un ordre beaucoup plus lent va de l'environnement à certaines variables continues qui affectent à leur tour certains mécanismes d'échelon, l'effet étant que ceux-ci changent de valeur si et seulement si ces variables outrepassent des limites données. Les mécanismes d'échelon affectent alors la partie réagissante ; en agissant sur elle comme des paramètres, ils déterminent comment cette partie doit réagir à l'environnement [...] Il y a une justification au nom « ultrastable » ; car si les variables principales sont assemblées de telle sorte que leur champ soit instable, le système ultrastable changera ce champ jusqu'à ce qu'il soit stable. Le degré de stabilité manifesté est donc d'un ordre supérieur à celui du système ayant un unique champ³.

L'« homéostat » fut construit conformément à la définition d'un « système ultrastable ». Il s'agissait de quatre unités séparées, chacune couronnée par un aimant suspendu dans un champ magnétique induit par un courant électrique. Les aimants étaient libres de se mouvoir lorsque le courant circulait. Leurs déviations angulaires par rapport à leurs positions centrales, repérées par une aiguille, fournissaient les quatre « variables principales » $(x_i)_{1 \leq i \leq 4}$. Dans le cas le plus simple (auquel on peut au moins localement se ramener au voisinage d'un état stationnaire), ces variables dépendaient linéairement de seize paramètres a_{ij} (avec i et j entre 1 et 4), conformément à un système différentiel du type :

$$\frac{dx_i}{dt} = \sum_{j=1}^4 a_{ij} x_j \quad (1 \leq i \leq 4)$$

Moyennant éventuellement un bien modeste changement de coefficient(s)⁴, le seul état stationnaire correspondant à ce système est le vecteur nul de \mathbb{R}^4 ; rappelons qu'il n'est stable que si toutes les valeurs propres de la matrice associée sont de partie réelle négative. Des mécanismes de rétroaction altérant le courant étaient introduits pour agir sur le mouvement des aimants ; mais d'autres mécanismes (des commutateurs nommés « unisélecteurs ») jouaient sur un courant-relais et permettaient de modifier les modalités de ces rétroactions en introduisant des « mécanismes d'échelon ». La machine était telle que lorsqu'un arrangement correspondait à un « champ » stable de ses variables principales, les aimants soumis à un « stimulus » se mouvaient vers leur position centrale et résistaient aux tentatives de les déplacer, une activité coordonnée les ramenant vers cette position (une situation de mouvement dit « persistant » [*steady*]). Un arrangement instable amenait par contre les aimants à diverger autant que possible de leur position centrale avec une vitesse croissante. Le courant-relais se coupait lorsque le courant principal atteignait une certaine limite supérieure choisie

¹ *op. cit.*, pp. 87-94.

² *op. cit.*, p. 95 : « La présence de mécanismes d'échelon dans un système à état déterminé permet aux deux écoles d'avoir raison, à condition que ceux qui maintiennent la détermination parlent du système comprenant *toutes* les variables, tandis que ceux qui maintiennent la possibilité de changement spontané parlent seulement des variables principales. Car l'ensemble du système, qui inclut les mécanismes d'échelon, a seulement un champ et est à état complètement déterminé. Mais le système des variables principales peut manifester autant de formes différentes de comportement que les mécanismes d'échelon possèdent de combinaisons de valeurs. Et si ces mécanismes ne sont pas accessibles à l'observation, le changement des variables principales d'une forme de comportement à une autre semblera spontané, car aucun changement ou état dans les variables principales ne peut être tenu comme sa cause ».

³ *op. cit.*, p. 98 et p. 108.

⁴ Cette condition éventuelle n'était pas fournie par Ashby ; il affirma ((1952a), p. 54) que le système n'admet que le vecteur nul pour état stationnaire, ce qui n'est vrai que si la matrice est inversible. Mais son raisonnement n'est pas invalidé par la condition rajoutée : la densité (au sens topologique) des matrices inversibles $[a_{ij}]$ à coefficients réels dans l'ensemble des matrices à coefficients réels le permet.

de telle sorte qu'elle ne soit atteinte que lorsque le système est instable et que les aimants divergent : tant que demeurait l'instabilité, les « unisélecteurs » modifiaient la rétroaction jusqu'à ce qu'un arrangement stable survienne. En d'autres termes, si l'une quelconque des variables principales $(x_i)_{1 \leq i \leq 4}$ dépassait une certaine limite (une déviation de $\pm 45^\circ$), une « rupture » survenait : les unisélecteurs agissaient pour modifier les paramètres a_{ij} du système différentiel, modification qui s'opérait dans un ensemble de valeurs aléatoires choisies entre des bornes fixées. Tant que les aiguilles restaient hors des limites de stabilité, les a_{ij} continuaient à changer à intervalles de temps régulier (1s) ; et dès que l'aiguille revenait dans les limites de stabilité, les a_{ij} cessaient de changer. Les règles formelles de fonctionnement de l'« homéostat » étaient en fin de compte les suivantes :

Tester la matrice eu égard à la stabilité dans les conditions imposées ; s'il y a instabilité, éliminer la matrice et la remplacer par une nouvelle matrice avec des éléments aléatoires.

Le premier point essentiel de l'argumentation d'Ashby était que « ce processus est clairement similaire à celui qui se produit dans l'évolution », dont les règles seraient : « tester l'organisme vis-à-vis de l'environnement ; si l'organisme n'est pas ajusté, l'éliminer et le remplacer par un nouvel organisme qui en diffère d'une certaine manière aléatoire »¹. Le second point, démontré par Ashby et ses collaborateurs au moyen d'une série d'expérimentations très diverses, est que l'« homéostat » manifestait (certes « sous une forme élémentaire ») un « pouvoir d'auto-organisation », une réelle capacité à s'adapter à de nouvelles conditions (sauf, mais là encore comme les organismes, en cas de soudaines discontinuités dans ces conditions)². Enfin, Ashby estimait avoir réfuté avec sa machine la maxime cartésienne qui avait contribué à susciter sa problématique initiale : l'« homéostat » était capable d'accomplir des opérations dépassant celles pour lesquelles il avait été conçu et même la connaissance de son concepteur – l'argument restant toutefois de principe, car la quantité d'information dans les extrants de la machine restait en fait significativement inférieure à celle nécessaire pour la construire, ce que reconnut Ashby³. Même si ce dernier avait donc objectivement échoué dans son ambition affichée de construire un « amplificateur d'information »⁴, il avança que le « système ultrastable » pourrait être « le mécanisme optimal par lequel un organisme peut assurer sa survie », et que les phénomènes de palier présents dans le système nerveux pourraient, en tant que « mécanismes d'échelon », expliquer la capacité d'amplification du cerveau qui se manifeste par les effets considérables que peuvent provoquer sur le comportement des changements physiques minimales⁵ : Ashby exhibait ainsi un mécanisme cybernétique explicatif de cette capacité d'amplification (et de la capacité apparemment paradoxale à changer tout en restant « stable ») qui avait préoccupé Bertalanffy et Mittasch et suscité leurs considérations sur la « causalité d'impulsion ».

3-3-4-7 – La « loi systémique générale exacte » de la « variété requise », fondement d'un rapprochement avec la conception bertalanffienne de l'« ordre organismique »

Mais le plus important ne tenait peut-être pas tant à ces divers résultats et hypothèses qu'à une loi générale suggérée au cybernéticien par sa conception de l'« homéostat ». En effet, cette machine démontrait qu'un système pourvu d'un répertoire assez riche de configurations alternatives peut en principe s'adapter, maintenir sa stabilité en dépit de sa confrontation à des perturbations environnementales importantes et très variées : la condition est sa capacité à se reconfigurer d'au moins autant de manières différentes que l'exigent ces perturbations. Ashby vit qu'un principe très général était sous-jacent et travailla à sa formulation, qui intervint en 1956.

Il définit la « variété » d'un ensemble comme le logarithme de base 2 du nombre de ses éléments distincts ; celle d'un système dynamique l'était en particulier comme le logarithme de base 2 du nombre de ses états différents⁶. Cette quantité se trouvait donc d'emblée liée à la théorie de l'information. Un concept associé était celui de « contrainte », qui réfère à la possibilité d'établir une

¹ Ashby W.R. (1952a), pp. 54-55 et (1952b), pp. 100-104.

² Ashby W.R. (1952b), pp. 104-120.

³ Ashby W.R. (1952a), p. 55 : l'homéostat étant construit au moyen de 4 « unisélecteurs » et chacun pouvant prendre 25 positions différentes, la quantité d'information dans ses extrants était de $4 \log_2(25) \approx 18,6$ bits contre 200 à 800 bits pour sa construction.

⁴ *op. cit.*, p. 52.

⁵ Ashby W.R. (1952b), pp. 123-131.

⁶ *op. cit.*, pp. 124-126.

application d'un ensemble vers un autre de moindre « variété »¹. La « loi de la variété requise », loi générale de la régulation constituant un théorème *mathématique* énoncé dans le cadre d'une théorie formelle du contrôle, énonçait qu'un système *R* ne peut contrôler (ou réguler) un système *S*, c'est-à-dire diminuer sa « variété » tout en maintenant sa stabilité, que si la « variété » de *R* est au moins égale à celle de *S* : « seule la variété peut détruire la variété ». Une autre forme de cette loi, qui se trouve liée à l'un des théorèmes de Shannon², est que la capacité de *R* en tant que régulateur ne peut pas excéder sa capacité en tant que canal de communication³. Elle implique que la « variété » dans les réponses possibles de *S*, donc aussi de sa structure et de ses fonctions, doit être d'autant plus grande pour assurer sa régulation que ce système est soumis à une grande « variété » de perturbations et que le nombre de ses états « acceptables » (i.e. maintenant ses variables essentielles dans les limites requises pour sa survie) est restreint⁴. Imposant une limite fondamentale à la possibilité d'une régulation, cette loi implique aussi que plus de l'information est fournie par *R* à *S*, plus la capacité de contrôle de *R* (c'est-à-dire aussi son efficacité) diminue, jusqu'au point où la « variété » de *S* devient supérieure à celle de *R*, *S* qui devenant susceptible de contrôler *R* (une version cybernétique de la dialectique hégélienne du maître et de l'esclave, qui annonçait en terme abstraits la possibilité d'un contrôle des hommes par leurs machines). Ashby insista sur l'importance de sa loi en biologie :

Une espèce continue à exister essentiellement parce que ses membres peuvent bloquer le flux de variété (pensé comme une perturbation) vers le génome ; ce blocage est le plus fondamental besoin de l'espèce [...] Selon la loi de la variété requise, la quantité de perturbation qui atteint le génome ne peut être diminuée que par l'information ainsi transmise. Telle est son importance en biologie⁵.

Plus généralement, la portée de cette loi concernerait tous les scientifiques travaillant sur la problématique du contrôle, surtout lorsqu'ils ont affaire à des systèmes de grande « variété » :

Lorsque le système *S* est très grand et le régulateur *R* beaucoup plus petit (un cas fréquent en biologie), la loi de la variété requise est susceptible de jouer un rôle dominant. Son importance est que si *R* est fixé dans sa capacité de canalisation, la loi place une limite absolue à la quantité de régulation (ou de contrôle) qui peut être réalisée par *R*, quelle que soit la manière dont *R* est réarrangé intérieurement. Ainsi l'écologue, si sa capacité en tant que canal est fixe, peut au mieux réussir une fraction de ce qu'il voudrait faire. Cette fraction peut être disposée diversement, mais la quantité de contrôle qu'il peut exercer est toujours limitée. De même l'économiste aura à décider à quel aspect il devrait vouer ses pouvoirs, et le psychologue quels symptômes doivent être négligés et lesquels devraient être contrôlés [...] La loi de la variété requise impose une stratégie au régulateur et au contrôleur : s'approcher de son maximum – au-delà duquel ses efforts sont vains⁶.

Deux convergences majeures entre Ashby et Bertalanffy doivent finalement être encore relevées, qui achèveront ici de montrer la position médiatrice du premier entre le second et la cybernétique. La première, évidente, est que la « loi de la variété requise » était un parfait exemple de « loi systémique générale exacte », du type de celles dont Bertalanffy avait avancé la possibilité et prôné la recherche. Elle fut d'ailleurs très vite reconnue comme paradigmatique par les systémiciens, et on peut encore la voir plus de vingt ans après son énoncé élevée (avec quelque exagération selon moi) au rang de *seule* proposition à laquelle un véritable statut de « loi » systémique générale (au sens nomologico-déductif du terme) pouvait être accordé⁷. La seconde convergence, qui a déjà été brièvement pointée plus haut, concerne la nécessité d'appréhender l'organisme et son environnement comme un système, en prenant sérieusement en compte leurs interactions dans leur réciprocité. Certaines formulations d'Ashby peuvent certes donner l'impression d'une opposition au principe bertalanffien d'« anamorphose ». Par exemple son principe de « déclin de la variété », dont Ashby ne

¹ Un exemple simple fourni par Ashby (*op. cit.*, p. 127) était le suivant : la variété dans les sexes humains est de 1 bit ; si une école n'admet que des garçons, la variété des sexes dans l'école est nulle. La différence de variété traduit une « contrainte ».

² Plus précisément le dixième, qui énonce que si du bruit apparaît dans un message, la quantité de bruit qui peut être éliminée par un canal de correction est limitée à la quantité d'information transportable dans ce canal : Weaver W. & Shannon C.E. (1949, 1975), pp. 113-115.

³ Ashby W.R. (1956), pp. 206-211. Voir aussi Ashby W.R. (1962), pp. 273-277.

⁴ Cette interprétation fut reprise par Atlan H. (1979), pp. 42-43.

⁵ Ashby W.R. (1956), p. 212.

⁶ *op. cit.*, p. 245.

⁷ Cavallo R.E. (1979), p. 108. La théorie mathématique des systèmes dynamiques telle qu'elle fut utilisée par Lotka, Volterra et Bertalanffy me semble contenir des énoncés tout aussi dignes du statut de « lois systémiques générales », pour autant tout au moins que l'on adopte un point de vue constructiviste récusant l'idée que les lois « courent en liberté dans la nature », pour reprendre une expression de Bertalanffy.

releva la concordance avec le second principe de la thermodynamique que pour mieux faire ressortir la généralité du sien : « à mesure que le temps s'écoule, la variété dans un ensemble ne peut pas s'accroître et diminuera en général »¹. Mais Bertalanffy fut certainement tout disposé à accepter un tel énoncé, l'ensemble auquel il s'applique étant supposé clos à tous points de vue. En réalité, et Ashby fut explicite sur ce point en 1962, toute sa cybernétique justifiait l'idée de l'impossibilité d'une « auto-organisation » dans un système n'interagissant pas avec son environnement, les changements organisationnels devant tirer leur source de l'extérieur du système – il critiqua d'ailleurs la pertinence même du concept d'« auto-organisation », en toute rigueur « auto-contradictoire »² : le système improprement dit « auto-organisé » détecte au moyen de ses échanges avec son environnement et sous la forme de perturbations affectant ses « variables essentielles » la « variété » de cet environnement, et ne peut gagner lui-même de « variété » qu'en collectant de l'information sur cet environnement ou en tentant de contrôler les échanges de matière et d'énergie qu'il entretient avec lui. La théorie de la « variété » apportait en fin de compte un fondement logico-mathématique à l'idée dont l'origine se trouve chez Fechner et que nous avons vue opposée par Bertalanffy à Schrödinger dès 1949, selon laquelle l'ordre « organismique » ne doit pas être pensé comme « issu de l'ordre », mais comme émergeant « épigénétiquement » du chaos selon des principes inhérents aux systèmes dynamiques : Ashby donna une impulsion significative à ce qui allait devenir, notamment par l'intermédiaire de Prigogine et Atlan, le fameux principe d'« ordre à partir du bruit »³. On peut d'ailleurs remarquer qu'il avança dès 1952 (avec en vue l'organisme comme l'« homéostat ») que « l'information chaotique n'est aucunement inutile, au contraire, à condition que la machine ait été conçue pour opérer la sélection nécessaire »⁴.

3-3-5 – *Origines et perspectives de la « recherche opérationnelle »*

Si Ashby joua certainement un rôle considérable dans la connexion entre les « cybersciences » et le projet « systémologique » général, il est indispensable de prendre encore en compte dans cette enquête cette autre branche des « cybersciences », distincte de la cybernétique à plusieurs égards importants même si elle lui était liée, que l'on désigne usuellement par l'expression « recherche opérationnelle » : bien que pour d'autres raisons (dans l'ensemble beaucoup moins « positives ») que la cybernétique, cette branche se révélera elle aussi très importante dans l'histoire de l'actualisation du projet bertalanffien dans la S.G.S.R. Sous l'expression « recherche opérationnelle », j'ai pris la liberté de regrouper aussi bien l'« interdiscipline » qui fut historiquement désignée ainsi que l'« analyse des systèmes » et les « sciences du management » : en dépit des distinctions légitimes, les aspects que je mettrai en exergue ici leur étaient pour l'essentiel communs.

3-3-5-1 – *Les étapes de la constitution de la « recherche opérationnelle » comme discipline scientifique autonome et sa problématique générale*

La « recherche opérationnelle », déjà nommée ainsi [*operational research*] à l'époque, prit sa source en Grande-Bretagne au cours de la première guerre mondiale : des spécialistes de différents domaines scientifiques y effectuèrent un travail coordonné dans des officines liées à l'armée afin de développer des stratégies adaptées aux problèmes nouveaux de divers ordres posés par les innovations technologiques telles que les tanks et les armes chimiques. La guerre ne fit à vrai dire que catalyser une évolution suscitée par des besoins déjà présents : l'empire britannique, par sa taille démesurée, imposait depuis le siècle précédent le développement de méthodes rationnelles pour organiser l'administration, optimiser la production et la distribution des ressources, améliorer la logistique, ou encore diviser les peuples soumis pour mieux régner⁵. L'essor de la « recherche opérationnelle » fut toutefois principalement contemporain de la seconde guerre mondiale, avec cette nouveauté qu'elle

¹ Ashby W.R. (1956), p. 136.

² Ashby W.R. (1962), pp. 266-269 en particulier : « Si un système doit être en un sens 'auto-organisant', l'« auto » doit être élargi pour inclure une variable dont le changement doit venir d'un agent extérieur agissant sur le système comme intrant [...] L'apparence d'être 'auto-organisé' ne peut être donnée qu'à une machine couplée à une autre ».

³ Atlan H. (1979) et Prigogine I. & Stengers I. (1979).

⁴ Ashby W.R. (1952a), p. 53.

⁵ Umpleby S.A. & Dent E.B. (1999), p. 7.

s'enracina aussi aux États-Unis : outre-Atlantique comme outre-Manche, vitaux étaient alors le calcul de l'utilisation optimale de ressources rares pour des fins antagonistes et l'élaboration de stratégies adéquates aux buts de guerre. Des exemples typiques de problèmes résolus furent la détermination de la taille optimale d'un convoi militaire pour traverser l'Atlantique nord et la coordination des signaux radars pour la détection des sous-marins allemands. La « recherche opérationnelle » s'identifiait alors à des mathématiques appliquées résolvant des problèmes complexes dans un contexte où les ordinateurs n'étaient pas encore à disposition¹. Dès l'immédiat après-guerre, ses analystes se réorientèrent. Dans le contexte de « guerre froide », une partie resta liée au complexe militaro-industriel en se focalisant sur les questions de stratégies géopolitiques et militaires : ils travaillèrent au sein de *think tanks* tels que la R.A.N.D. D'une manière plus générale, la « recherche opérationnelle » se concentra, dans le prolongement de cet inventeur du concept de « management scientifique » qu'avait été Frederick W. Taylor au début du siècle, sur les problèmes complexes posés par la rationalisation du fonctionnement et des performances de ces organisations socio-économiques à grande échelle dont Boulding théorisait à la même époque l'avènement.

La « recherche opérationnelle » resta une constellation sans unité intérieure de travaux orientés vers des buts très techniques et spécifiques jusqu'à ce que deux chercheurs américains de l'université de Pennsylvanie ne s'emploient à partir du tournant des années 1950 à théoriser ses fondements et à l'élever au rang de discipline scientifique autonome : il s'agit de Churchman et d'Ackoff. Le second était un élève du premier et le premier un élève de Singer, qui se trouve ainsi être un instigateur commun de la « recherche opérationnelle » et de la cybernétique. Churchman était et resta toujours avant tout un philosophe, tandis qu'Ackoff, certes docteur en philosophie (en 1947), se forma aussi de manière avancée en mathématiques et orienta très vite ses travaux vers la « recherche opérationnelle ». Churchman et Ackoff travaillèrent ensemble à partir de la fin des années 1940 à la définition des objectifs et des méthodes de cette discipline à laquelle ils avaient l'ambition de fournir des fondements et une unité. La publication en 1957 d'une « Introduction à la recherche opérationnelle » fut un premier aboutissement de ce travail commun². Il s'agit ici de mettre en évidence la spécificité de la perspective systémique qu'ils développèrent dès avant cette date, même s'ils ne l'explicitèrent que dans cet essai ou dans d'autres ultérieurs.

Une différence importante entre la « recherche opérationnelle » telle qu'ils l'entendaient et la cybernétique comme la théorie de l'information était que la « recherche opérationnelle » se focalisa d'emblée et toujours sur des processus sociaux, avec néanmoins cette caractéristique de sortir radicalement des cadres traditionnels des sciences sociales pour appréhender ces processus dans une perspective délibérément technique de résolution optimale de problèmes. Sa problématique était en effet l'ensemble des besoins d'organisation et de décision, la coordination d'impératifs sociaux et techniques, dans des organisations sociales modernes de plus en plus différenciées et hiérarchisées, caractérisées par une division du travail dont les avantages en termes d'efficacité se révélaient susceptibles d'être contrecarrés par des difficultés croissantes d'intégration. L'objectif d'optimiser l'efficacité du fonctionnement de ces organisations en fut défini en ces termes très généraux :

La recherche opérationnelle au sens le plus général peut être caractérisée comme l'application de méthodes, techniques et outils scientifiques à des problèmes impliquant les opérations de systèmes afin de fournir une solution optimale aux problèmes à ceux qui ont la charge du contrôle des opérations [...] Elle ne cherche pas seulement à trouver une solution à un problème meilleure que celle en usage ; elle recherche la *meilleure* solution³.

La recherche opérationnelle est concernée par l'accroissement de l'efficacité des opérations de systèmes organisés composés d'hommes et de machines⁴.

Avant même de considérer la signification de certains termes utilisés dans ces définitions, on peut deviner dans celles-ci à la suite de Deborah Hammond une nette inclination à un technocratisme s'inscrivant dans le prolongement parfait de ce que l'historien américain Robert H. Wiebe a analysé en 1967 comme le triomphe de la mentalité bureaucratique, caractérisée par les valeurs de « continuité et

¹ *op. cit.* ; Müller K. (1996), p. 139 ; Hammond D. (2003), p. 54.

² Umpleby S.A. & Dent E.B. (1999), p. 4.

³ Churchman C.W., Ackoff R.L. & Arnoff L. (1957), p. 8 et p. 18.

⁴ Ackoff R.L. (1960), p. 1.

de régularité, de fonctionnalité et de rationalité, d'administration et de management » ; une mentalité qui serait apparue en réponse à la complexité croissante de la société industrielle et aux difficultés organisationnelles qu'elle pose. À un degré beaucoup plus élevé que les autres « cybersciences », la « recherche opérationnelle » fut d'ailleurs clairement une efflorescence du processus de professionnalisation du management et des fonctions administratives qui fut dès l'immédiat après-guerre solidaire de l'expansion du capitalisme et de l'émergence de formes de plus en plus bureaucratiques de gouvernement¹.

3-3-5-2 – Concepts centraux et spécificités de la « recherche opérationnelle » comme science des systèmes adaptatifs et finalisés

La discipline que Churchman et Ackoff cherchaient à instituer n'avait toutefois pas pour objet des organisations sociales particulières et encore moins des situations de décision ou des acteurs spécifiques. Elle s'intéressait au repérage de caractères formels communs à toutes les organisations possibles et à l'élaboration de concepts et de méthodologies généraux adéquats à l'étude des « problèmes complexes » qu'elles posent. Ses concepts fondamentaux étaient ceux de « système comportemental », d'« opération » et d'« organisation ». La compréhension du concept général de « système » y était typiquement holistique et ne présentait pas d'originalité particulière, notamment par rapport à celle de Bertalanffy². Mais la « recherche opérationnelle » n'avait en ligne de mire que les « systèmes manifestant une activité », appelés « systèmes comportementaux » [*behavioral systems*]; plus spécifiquement encore, elle n'était en fait « concernée que par les systèmes comportementaux qui sont sujets au contrôle par des êtres humains ». Par « comportement » était entendu un « ensemble d'actes interdépendants constituant une opération », c'est-à-dire tel que chacun de ces actes est nécessaire pour l'occurrence d'un résultat *souhaité*³. De sorte que l'approche systémique de la « recherche opérationnelle » incluait délibérément la téléologie comme l'un de ses moments nécessaires, en se focalisant sur « les systèmes à la fois adaptatifs et finalisés »⁴ :

Voir un système comme un tout signifie non seulement voir tous ses composants et leurs relations mutuelles, mais aussi tous les aspects de ses opérations⁵.

Le concept d'« organisation » référait quant à lui à un « système comportemental au moins partiellement autocontrôlé » ayant quatre caractéristiques : (1) un contenu (des hommes et des machines) ; (2) une structure (de rôles divers dans la responsabilité des choix, assumés par des sous-groupes formant des « classes d'action ») ; (3) un réseau de communication ; (4) des procédures de prise de décision (une liberté de choix dans les moyens et dans les fins)⁶.

Il faut insister ici sur la perspective téléologique propre à la « recherche opérationnelle », qui fut très tôt pour ses fondateurs un motif d'affirmation de sa spécificité par rapport à la cybernétique et à la théorie de l'information. Churchman et Ackoff s'attaquèrent en effet dès 1950 à l'idée déjà très répandue sinon chez leurs créateurs, du moins chez leurs apôtres, que ces deux derniers champs théoriques expliquent *tous* les comportements finalisés et fournissent une notion exacte de la communication et de la transmission d'information. Ils tenaient certes comme Wiener et Rosenblueth chaque définition d'un but pour un « schème d'organisation des phénomènes », en soulignant que la fécondité des catégories téléologiques avait été « largement prouvée » et qu'elles définissaient un « cadre de référence », un « type déterminant de causalité », aussi légitime que le déterminisme (associé à un « type prédictif de causalité »), qui peut coexister avec ce dernier et apparaît

¹ Hammond D. (2003), p. 50 et p. 56.

² Ackoff R.L. (1960), p. 1 donna la définition « large et grossière » suivante : « toute entité, conceptuelle ou physique, qui consiste en parties interdépendantes ». Une définition plus élaborée fut fournie dans Ackoff R.L. (1974), p. 3 : « un ensemble de deux éléments ou plus de *n'importe* quel type », l'ensemble et ses éléments présentant les trois propriétés suivantes : « (1) les propriétés ou le comportement de chaque élément ont un effet sur les propriétés ou le comportement de l'ensemble comme tout ; (2) les propriétés et le comportement de chaque partie et la manière dont ils affectent le tout dépendent des propriétés et du comportement d'au moins un autre élément de l'ensemble ; (3) chaque sous-groupe possible d'éléments dans l'ensemble a la première de ces deux propriétés : chacun a un effet sur le tout mais aucun n'a d'effet indépendant ; le système ne peut pas être divisé en sous-systèmes indépendants : vu structurellement, un système est un tout divisible, mais vu fonctionnellement, c'est un tout indivisible au sens où certaines de ses propriétés essentielles sont perdues en le décomposant ».

³ Ackoff R.L. (1960), p. 2.

⁴ Sengupta S.S. & Ackoff R.L. (1965), p. 43.

⁵ Churchman C.W., Ackoff R.L. & Arnoff L. (1957), p. 10.

⁶ Ackoff R.L. (1960), pp. 2-5.

indispensable en biologie comme en sciences sociales. Ils considéraient toutefois que le « schème cybernétique de définition du but », directement orienté vers les servomécanismes ou le comportement neural n'est que l'une de ces « méthodes [téléologiques] de regarder le monde », et qu'il ne peut être appliqué aux sciences sociales « que par une extension considérable de terminologie » :

Le schème de la cybernétique pourrait bien être trop rudimentaire pour d'autres domaines [que celui des mécanismes]. Nous soutenons que les sciences sociales requièrent une analyse plus raffinée de la fonction et du but que celle qui est adéquate aux objectifs de la cybernétique¹.

Selon Churchman et Ackoff, trois catégories d'objets à comportement téléologiques devraient être distinguées : (1) ceux qui accomplissent certains objectifs en manifestant un comportement relativement invariant dans un large spectre d'environnements (objets à « fonction extensive » sans « fonction propre », « intensive ») ; (2) ceux qui accomplissent leurs buts en changeant leur comportement si l'environnement change, mais qui ne manifestent en général qu'un seul type de comportement dans un environnement donné (objets à « fonction intensive ») ; (3) ceux qui accomplissent leurs objectifs en exhibant différents types de comportement même si l'environnement reste constant (objets manifestant une fin [*purpose*] à proprement parler). Chacune de ces catégories définirait un « modèle conceptuel avec lequel on approche et organise l'expérience », qui permet de « la comprendre et de la contrôler ». L'insuffisance de la cybernétique (i.e. celle de Wiener et Rosenblueth) aussi bien pour la psychologie que pour les sciences sociales tiendrait alors à ce qu'elle exige pour les systèmes qu'elle dit « finalisés » une relation rétroactive de transmission d'information avec leur environnement et qu'aux sens définis plus haut elle ne traite pas, au contraire de la « recherche opérationnelle », de systèmes « finalisés », mais seulement de systèmes « intensivement fonctionnels » – alors que la psychologie regorge d'exemples de comportements « finalisés » où une transmission d'information est soit absente, soit dépourvue d'intérêt pour l'observateur².

Une démarcation plus spécifique vis-à-vis de la théorie de l'information intervint quelques années plus tard dans le prolongement de cette critique de la cybernétique : Ackoff développa une « théorie comportementale » mathématique de la « communication » alternative à celle de Weaver et Shannon, qui prétendait être plus générale et était en tout état de cause très différente puisqu'elle accordait une importance centrale à la signification et à la valeur de l'information. Elle s'orientait dans trois directions : (1) l'identification des manières dont le comportement d'un récepteur peut effectivement être affecté par un expéditeur (aspect qui n'avait en fait pas été développé par Weaver et Shannon bien qu'il soit à l'origine de leur concept de « communication ») ; (2) la construction d'une mesure mathématique de ces effets ; (3) la définition et la construction de mesures mathématiques de l'efficacité de ces effets relativement aux objectifs du récepteur comme à ceux de l'expéditeur. L'idée fondamentale d'Ackoff y était d'analyser la communication en trois composantes (transmission de l'information, instruction et motivation) et de définir celles-ci en termes d'« état finalisé » [*purposeful state*] : une communication « informe » si elle change des probabilités de choix ; elle « instruit » si elle change l'efficacité des « lignes de conduite » ; et elle « motive » si elle change les « valeurs » de la communication, tous les termes intervenant ici ayant été mathématiquement reconstruits par Ackoff. La distinction entre « lignes de conduite » et « message » lui permit notamment de définir une mesure logarithmique de l'information qui différait de celle de Shannon. Le cadre conceptuel de sa théorie se voulait adéquat à la formulation des problèmes de la théorie de la décision, essentielle pour la « recherche opérationnelle » : Ackoff comprenait en effet le problème fondamental de la théorie de la décision comme la sélection et l'application d'un critère utilisable pour sélectionner une « ligne de conduite » dans un « état finalisé »³.

3-3-5-3 – *La « recherche opérationnelle » comme méthodologie interdisciplinaire de l'étude systémique des problèmes posés par les organisations sociales modernes*

Fondamentalement, l'objet de la « recherche opérationnelle » n'était pas formé par les organisations sociales en tant que telles, mais par les « problèmes complexes » qu'elles posent aux analystes. Ackoff utilisa le terme « *mess* », qui signifie usuellement un état de désordre, pour désigner

¹ Churchman C.W. & Ackoff R.L. (1950, 1968), pp. 244-247 (p. 245 pour la citation).

² *op. cit.*, pp. 244-245 et pp. 248-249.

³ Ackoff R.L. (1957, 1968), en particulier pp. 209-210 et pp. 216-217 pour l'épistémologie et pp. 211-216 pour la partie mathématique.

un « système de conditions externes produisant une insatisfaction », en fin de compte un « système de problèmes » auquel le preneur de décisions est confronté. Dans sa perspective, qui rejoignait ici en partie Bertalanffy, un tel système n'est jamais donné, mais « extrait d'états non structurés de confusion » et constitué comme tel par le décideur. La « recherche opérationnelle » était en fait une méthodologie générale de l'approche systémique des « messes », et c'est essentiellement de ce point de vue qu'elle était holistique :

Aucun *mess* ne peut être résolu en résolvant chacun de ses problèmes composants indépendamment des autres parce qu'aucun *mess* ne peut être décomposé en problèmes indépendants. La solution optimale d'un *mess* n'est pas la somme des solutions optimales de ses problèmes composants traités indépendamment les uns des autres¹.

La généralité visée par la « recherche opérationnelle » n'était donc pas celle de lois des organisations sociales, mais celle de types fondamentaux de problèmes organisationnels supposés reconnaissables dans des classes de situations analogues. Ce sont ces types qu'il s'agissait de repérer et d'étudier, pour développer des stratégies modèles d'approche ; l'espoir étant que les *messes* se laissent reconstruire comme leur combinaison. En d'autres termes, la « recherche opérationnelle » était non pas une théorie générale des organisations sociales, mais une *théorie générale de l'organisation des procédures d'étude des problèmes* suscités par ces organisations.

C'est pourquoi elle fut aussi amenée à placer l'interdisciplinarité au cœur de son approche, au lieu de la reléguer à la marge de la recherche : l'acceptation résolue de la complexité (des « *messes* ») comme une exigence méthodologique (opposée à la réduction de cette complexité à un affaiblissement de cas idéaux hypothétiques simples) allait de pair avec l'instauration de l'interdisciplinarité comme une condition de la possibilité de résoudre ces « problèmes complexes », résolution supposée requérir une synthèse de points de vue et de techniques complémentaires. Il y avait évidemment ici une seconde affinité avec la perspective « systémologique » de Bertalanffy, même si elle restait superficielle – l'unité de la science étant non pas conçue comme une unité formelle de lois et de principes systémiques, mais comme une unité de *problèmes* systémiques :

La recherche opérationnelle est une approche interdisciplinaire large du contrôle organisationnel [...] Comme le savent les analystes des systèmes, peu de problèmes impliquant des systèmes organisés d'hommes et de machines peuvent être adéquatement traités au sein d'une seule discipline. De tels systèmes ne sont pas fondamentalement mécaniques, chimiques, biologiques, psychologiques, sociaux, économiques, politiques ou éthiques. Les diverses disciplines sont seulement différentes manières de considérer de tels systèmes. Une complète compréhension de tels systèmes requiert une intégration de ces perspectives. Par intégration, je ne veux pas signifier une synthèse de résultats obtenus par des études unidisciplinaires conduites indépendamment, mais plutôt des résultats obtenus à partir d'études au cours desquelles les perspectives disciplinaires ont été synthétisées. L'intégration doit venir au cours de la recherche et non à son terme. Nous devons cesser d'agir comme si la nature était organisée en disciplines de la même manière que le sont les universités. La division du travail selon des lignes disciplinaires n'est plus une division efficace².

Dans la recherche interdisciplinaire, le problème complexe n'est pas séparé en parties disciplinaires, mais traité comme un tout par des représentants de différentes disciplines travaillant ensemble³.

3-3-5-4 – *Les traits herméneutique et praxéologique de la « recherche opérationnelle », sources de dialogues conflictuels avec la « systémologie générale »*

Un autre aspect important de la « recherche opérationnelle » qui, à des égards différents, la rapprochait et l'éloignait tout à la fois du projet « systémologique » général, tient à sa méthodologie fondée sur une relativisation de la distinction catégoriale entre sujet et objet de la recherche, inhérente à son approche de la modélisation. Confronté à un « *mess* », l'analyste en « recherche opérationnelle » cherchait à modéliser ce « système de problèmes » et, dans l'impossibilité où il se trouvait de faire varier de manière contrôlée des facteurs isolés, substituait à la méthode classique du contrôle expérimental une expérimentation sur son modèle lui-même consistant à étudier l'effet d'une

¹ Ackoff R.L. (1974), p. 5.

² Ackoff R.L. (1960), pp. 5-6.

³ Ackoff R.L. (1974), p. 18.

modification des paramètres introduits dans le modèle sur la solution optimale recherchée. Cette approche induite par la volonté de ne pas éluder la complexité du système étudié tendait à identifier modélisation et simulation, de sorte qu'elle bénéficia considérablement de l'avènement des ordinateurs dès les années 1950, qui lui permit de gagner en efficacité et en prétentions.

Il est clair que cette identification empreinte de pragmatisme divergeait des vocations nomothétiques et explicatives assignées par Bertalanffy à son projet « systémologique ». Mais la « recherche opérationnelle » rejoignait ce dernier d'abord par ce que l'on peut bien appeler le caractère herméneutique de sa méthodologie. Il apparaît même que Churchman et Ackoff, plusieurs fois cités à ce propos au 2-2-3, jouèrent un rôle très important dans l'explicitation de ce caractère pour toute approche systémique. Ils assumaient pleinement le fait que la procédure de modélisation est un art de l'interprétation qui requiert une construction définitoire du système (de problèmes) étudié, laquelle est fondée sur des choix du modélisateur, en particulier quant aux informations prises en compte et à la manière de le faire, quant aux techniques formelles retenues et quant aux variables jugées pertinentes : des choix à expliquer, car ils incorporent des biais relatifs à certains objectifs (et, auraient-ils dû ajouter, à des systèmes de valeurs) qui se retrouvent constitutifs du modèle¹.

De surcroît, il ne s'agissait pas pour le modélisateur en « recherche opérationnelle » d'étudier un système empiriquement donné ni même d'étudier un système analytiquement abstrait de la réalité, mais de fournir une reconstruction théorique d'expériences concrètes de problèmes avec une visée optimisatrice et, par là-même, *normative*. Les fondateurs de la « recherche opérationnelle », conscients que toute « décision d'optimisation », surtout lorsqu'elle concerne des organisations sociales, est « spécifiée relativement au jugement » (notamment parce que même un calcul d'optimisation contient en général des degrés de liberté laissant une initiative à celui qui l'utilise pour ses décisions)², n'hésitèrent pas à proclamer la vocation « prescriptive » de leur discipline, tout en soulignant les limites que cette vocation impose aux types de systèmes pouvant y être considérés :

La recherche opérationnelle est orientée prescriptivement. Elle est primordialement concernée par le problème de savoir comment les systèmes devraient se comporter et ne l'est par la manière dont ils le font que dans la mesure où une telle connaissance est nécessaire pour parvenir à une prescription. Le point de vue normatif (ou prescriptif) restreint l'observateur aux systèmes qui peuvent au moins partiellement être contrôlés par des forces externes ou internes³.

Plus directement encore que la « systémologie générale » imaginée par Bertalanffy, la « recherche opérationnelle » avait donc le statut d'une praxéologie : son savoir théorique était constamment couplé à des informations pertinentes pour l'action, et ses modèles conçus comme des idéaux régulateurs destinés à orienter cette dernière⁴.

Cette similitude ne doit toutefois pas occulter une différence importante, bientôt problématique : au moins jusqu'à la fin des années 1960, l'approche systémique de la « recherche opérationnelle » ne fut pas directement et explicitement associée à une éthique, encore moins à une « cosmologie politique », telles qu'on peut les trouver chez Bertalanffy. Ses théoriciens et ses praticiens prétendaient au contraire la circonscrire à un cadre purement technique de résolution de problèmes ; mais comme ils la mettaient en parallèle au service de décisions idéologiquement orientées (ne serait-ce que par le biais de leur focalisation sur l'optimisation), le résultat en fut que la praxéologie de la « recherche opérationnelle » s'opposa très largement à son homologue « systémologique » comme un technocratisme est susceptible de le faire à un humanisme.

3-3-6 – La situation problématique des « cybersciences » et les raisons de leur rapprochement avec le projet « systémologique » général

Toute cette section montre qu'il serait, au moins du point de vue de leurs origines et de leur constitution, profondément erroné d'interpréter le projet de « systémologie générale » et les « cybersciences » comme des manifestations différentes mais essentiellement liées d'un même

¹ Ainsi Churchman C.W. & Ackoff R.L. (1950, 1968) : « L'adéquation d'une définition doit toujours être jugée relativement à des buts ».

² Churchman C.W., Ackoff R.L. & Arnoff L. (1957), p. 8.

³ Sengupta S.S. & Ackoff R.L. (1965), p. 43.

⁴ Müller K. (1996), pp. 144-145 et pp. 150-153.

mouvement de recherche ; ne serait-ce que parce qu'au contraire des secondes, le premier ne fut en rien associé à des buts de guerre, qu'il était au moins chez Bertalanffy, Rapoport et Boulding intimement lié à des valeurs éthiques et à de multiples questionnements philosophiques, et que sa genèse s'enracinait dans des problématiques purement théoriques sans aucun rapport avec la technologie qui concernaient pour l'essentiel la biologie, la psychologie et les sciences sociales. Nous avons d'ailleurs vu que les « cybersciences » ne peuvent elles-mêmes être considérées comme un ensemble homogène. Le problème central ici est de comprendre pourquoi et comment toutes ces lignes de recherches en vinrent à se connecter, à dialoguer et, dans une certaine mesure, à s'associer.

La possibilité de cette confluence tient à certains caractères fondamentaux que les « cybersciences » avaient en commun avec le projet bertalanffien et, pour la plupart, avec les travaux antérieurs à 1954 de Rapoport, Boulding, Gerard et Miller : (1) une conscience de la nécessité de développer de nouvelles stratégies pour appréhender les problèmes résistant aux épistémologies méristiques et à leurs déclinaisons « mécanicistes » classiques (réductionnisme, déterminisme ou « réactivisme ») ; (2) le développement corrélatif de concepts et de principes systémiques ; (3) une volonté d'inscrire autant que possible ce développement dans la sphère mathématique et, en tout état de cause, d'extraire les catégories holistiques de leur confinement à la métaphysique ou au domaine de l'intuition ; (4) le caractère général, c'est-à-dire abstrait et transcendant les divisions disciplinaires établies, des concepts et principes en question ; (5) un effort pour dépasser le vieux dualisme entre « sciences de la nature » et « sciences de l'esprit » au moyen de ces constructions ; (6) une communication et une coopération interdisciplinaires posées comme constitutives des recherches entreprises ; (7) un décalage délibéré par rapport à la structure établie des disciplines scientifiques et l'ambition simultanée d'enrichir chacune d'entre elles.

Ces traits communs ne suffisent toutefois pas par eux-mêmes pour rendre compte de la confluence entre ces lignes de recherche par ailleurs significativement différentes du point de vue de leurs problématiques et des concepts de « système » qui y furent respectivement élaborés. L'explication semble devoir aussi en être recherchée dans le statut particulièrement incertain des « cybersciences » au moins jusqu'au milieu des années 1950. Leur concept de théorie oscillait en effet entre trois significations, restant de ce fait indéterminé¹. La première était celle, classique, d'inspiration positiviste et calquée sur le modèle des sciences physiques, d'un ensemble de propositions logiquement connectées à la fois fondées et interprétables empiriquement. Se manifestait de ce point de vue le dilemme remarquable que l'universalisme de leurs constructions était gagné au prix d'une sophistication mathématique imposant en retour des conditions très restrictives à la possibilité de leurs applications respectives, de sorte que les « cybersciences » ne pouvaient guère que traiter des situations très particulières ou livrer des modèles concurrents pour un même comportement systémique concret donné, sans possibilité de les départager. La seconde signification du concept de théorie qu'elles donnaient à voir était celle d'une heuristique visant à guider des recherches empiriques. Mais elle était elle aussi problématique, puisque l'application des constructions « cyberscientifiques », en particulier dans le domaine social, présupposait toujours que le problème visé se conforme aux termes fondamentaux très spécifiques dans lesquels elles étaient formulées, sans que la possibilité même de le « modeler » ainsi ne soit discutée et donc que ce présupposé ne soit systématiquement clarifié – sauf, dans une certaine mesure, chez les fondateurs de la « recherche opérationnelle ». Le concept de théorie prenait enfin une signification praxéologique : celle d'une interprétation constructive visant à étudier le champ des possibilités de l'action et à rationaliser celle-ci en conséquence, avec là encore le problème de la spécificité des normes de rationalité et des idéaux d'action (contrôlabilité, optimisation, etc.) qu'imposaient les modèles « cyberscientifiques ».

L'absence, dans le cadre des « cybersciences », d'une clarification de la fonction de la théorie et du concept de loi scientifique était d'autant plus problématique que ces nouvelles sciences introduisaient une nouveauté radicale, qui fut théorisée quelques années plus tard par Herbert H. Simon : l'idée que « la science doit embrasser ces objets et ces phénomènes dans lesquels s'incarnent à la fois les intentions humaines et les lois naturelles », voire que la « science de systèmes » ne prend véritablement son sens qu'en tant que « science de l'artificiel », c'est-à-dire des artefacts humains, qu'il s'agisse de machines ou d'organisations sociales². La difficulté était qu'il y avait là une remise en

¹ Voir les analyses très pertinentes à ce sujet de Müller K. (1996), pp. 158-181.

² Simon H.A. (1969, 1974), p. 17 en particulier.

cause profonde des idéaux et de la philosophie scientifiques. L'idéal universaliste de la science était atteint dans la mesure où les problèmes traités par les « cybersciences » dépendaient en général de contingences historiques : l'état de la technique et de l'organisation sociale du travail. Les distinctions entre contextes de découverte, de justification et d'application étaient totalement brouillées par ces sciences, que l'on ne pouvait en fin de compte qualifier ni de sciences fondamentales, ni de sciences appliquées : elles fusionnaient recherche fondamentale et technologie avancée, tout en n'étant pas orientées vers des problèmes spécifiques : ils s'agissait le plus souvent de généralisations théoriques de certaines situations problématiques caractérisées par des catégories téléologiques. Les « cybersciences » tendaient de la sorte à remettre en cause l'idéal de la science fondamentale comme recherche désintéressée de la vérité à propos d'« états de faits » et se retrouvaient par-là même aussi au cœur d'un double processus de socialisation de la science qui affectait profondément son idéal d'autonomie et d'objectivité : la « scientification » de la technologie et la politisation de la recherche fondamentale. Déjà connotées du fait de leur association à l'effort de guerre, ces nouvelles sciences, affectées dans leurs concepts et méthodes mêmes par ce processus, confortaient par-là même un scepticisme croissant quant aux fonctions sociales de la science et l'idée que celle-ci, loin d'être une fin en soi, ne doit être que pragmatiquement jugée, par rapport à son utilité technique et sociale, voire par rapport à ses dangers.

Cet ensemble d'incertitudes touchant aussi bien à l'épistémologie qu'à la philosophie générale de la science et à sa fonction sociale, dont au moins certains « cyberscientifiques » furent conscients¹ sans pour autant consacrer leurs efforts à y remédier avant le milieu des années 1950, a certainement joué un rôle essentiel dans leur rapprochement avec les fondateurs de la S.G.S.R. : les positions de ces derniers formaient dans leur ensemble une alternative assez large et ouverte, philosophiquement comme scientifiquement, pour permettre au projet « systémologique » général vers lequel ils convergeaient de jouer le rôle de pôle organisateur de cette société scientifique où non seulement des échanges constructifs paraissaient susceptibles de bénéficier à toutes les parties impliquées eu égard à leurs insuffisances respectives, mais d'où quelque chose comme une « conscience de soi » d'un « mouvement systémique » semblait pouvoir émerger. Il y avait de surcroît clairement un intérêt institutionnel commun : comme tous les chercheurs impliqués travaillaient dans une plus ou large mesure hors des cadres disciplinaires institués, leur conjonction portait aussi la promesse de favoriser la formation de nouveaux cadres plus adéquats, c'est-à-dire de départements universitaires ou de centres scientifiques entièrement voués au développement de leurs recherches et à l'enseignement de leurs résultats. Il va s'agir dans le dernier chapitre de cette partie de retracer les étapes de la formation de cette « société pour la recherche sur les systèmes généraux » (qui sont aussi les premières de l'actualisation du projet de Bertalanffy), puis de comprendre les principales dynamiques qui structurèrent son évolution.

¹ Certaines considérations de Wiener relatives au 3-1-3-5 permettent de l'illustrer. Ackoff n'était certainement pas en reste, ses réflexions sur le statut de la « recherche opérationnelle » touchant aux problèmes qui viennent d'être énumérés étant toutefois plus tardives. Voir surtout à ce sujet Ackoff R.L. (1960), notamment pp. 7-8 ; (1963) ; et (1974), notamment pp. 11-17.

3-4 – Création et dynamiques de la *Society for General Systems Research* : la « systémologie générale », point de convergence

3-4-1 – Les étapes de la création de la *Society for General Systems Research*

3-4-1-1 – Préliminaires à la création de la société

L'idée d'une société vouée au développement du projet de « systémologie générale » est issue d'échanges quasiment simultanés que Bertalanffy entretenait avec Boulding et Aldous Huxley. Elle tire son origine de l'article sur « la philosophie de la science dans l'éducation scientifique » que Bertalanffy venait de publier aux États-Unis¹, dont j'ai discuté les thèses au 3-1-4-4. C'est en effet à la suite de la lecture de cet article que Boulding contacta pour la première fois Bertalanffy (le 25 novembre 1953). Dans sa lettre, l'économiste manifesta d'abord son enthousiasme, en se félicitant de leur convergence de vues :

Il me semble être arrivé à une conclusion presque identique à celle que vous avez obtenue, bien que l'ayant approchée par l'économie et les sciences sociales plutôt que par la biologie ; celle qu'il existe le corps de ce que j'ai appelé « théorie générale empirique » [*general empirical theory*] ou, dans votre excellente terminologie, « systémologie générale » [*general system theory*], qui peut s'appliquer largement à diverses disciplines. Je suis sûr qu'il y a de par le monde beaucoup de gens qui sont arrivés à une position comme la nôtre, mais nous sommes largement dispersés et nous ne nous connaissons pas, tant il est difficile de franchir les frontières interdisciplinaires².

Boulding informa aussi son correspondant de l'existence de son séminaire interdisciplinaire voué à l'intégration des sciences sociales à l'université du Michigan. Et il lui confia sa conviction que l'époque était mûre pour la formation d'une société scientifique vouée à promouvoir et développer la « systémologie générale » (*general system theory* : il s'appropriait l'expression de Bertalanffy), au travers de colloques et peut-être d'une revue³.

Bertalanffy lui répondit une première fois le 16 décembre 1953 en acquiesçant pleinement à ses suggestions. Il communiqua en parallèle son article à Huxley et ce dernier lui répondit en lui conseillant de l'envoyer aussi à Hutchins, dont il connaissait d'autant mieux les conceptions novatrices en matière d'intégration de la recherche et de l'enseignement appliquées à l'université de Chicago qu'il les avait lui-même en partie inspirées. Simultanément, Bertalanffy reçut d'autres courriers lui signifiant un grand intérêt pour les idées développées dans son article, et il en fit part à Huxley : notamment la compagnie Bell, qui lui signifia qu'elle voulait introduire dans sa formation en technologie de la communication un cours de philosophie des sciences fondé sur ces idées ; et Grinker, qui l'invita à se joindre au groupe sur la « théorie unifiée du comportement humain » qu'il venait de former à l'université de Chicago en connexion avec des recherches sur la médecine psychosomatique dont il avait la responsabilité⁴. Huxley insista le 18 janvier 1954 pour que Bertalanffy envoie son article à Hutchins, ce qu'il n'avait toujours pas fait, en l'accompagnant de la mention de tous ceux qui s'intéressaient à ses idées. L'essayiste instruisit son ami de la meilleure stratégie à adopter pour gagner le soutien financier de la fondation Ford à l'égard de la société envisagée :

Le fait que d'autres personnes et institutions savantes et par-dessus tout *respectables* manifestent un intérêt à ce sujet est une recommandation beaucoup plus convaincante pour une fondation que toutes celles que je pourrais personnellement faire. Ce que les gens de la Ford devraient sentir, c'est qu'ils sont sur le point de manquer le dernier bus mais que tu leur offres une chance pour un tour s'ils se dépêchent de sauter à bord ! Il serait peut-être mieux si à ta lettre s'ajoutait une autre de

¹ Bertalanffy L. von (1953a).

² Lettre de Boulding K.E. à Bertalanffy L. von (25/11/1953), in Bertalanffy L. von (1968a), p. 13.

³ Lettre de Boulding K.E. à Bertalanffy L. von (25/11/1953), in Hammond D. (2003), p. 217, p. 238 et p. 261. Voir aussi Lettre de Bertalanffy L. von à Huxley A. (13/01/1954), in Gray W. & Rizzo N.D. (1973), p. 202.

⁴ Lettre de Bertalanffy L. von à Huxley A. (13/01/1954), in Gray W. & Rizzo N.D. (1973), p. 202.

quelqu'un représentant l'une des organisations que tu mentionnes. De cette manière, tout le projet deviendrait plus « officiel » et aurait un plus grand poids académique¹.

Une semaine plus tard, Bertalanffy écrit de nouveau à Boulding pour lui envoyer une copie d'une proposition en vue de la création de la société qu'il envoyait simultanément à la fondation Ford (sans toutefois tenir pleinement compte des conseils de Huxley). Aucune suite directement favorable ne fut donnée à sa requête. La raison en est manifestement que la fondation avait en vue une contribution au soutien de la création d'un « centre des hautes études en sciences du comportement » (*Center for advanced studies in the behavioral sciences* : C.A.S.B.S.) aux vocations similaires, dont les plans étaient au même moment en cours d'élaboration et dont il va être largement question dans ce chapitre.

Bertalanffy et Boulding prirent toutefois une heureuse initiative : ils expédièrent une même lettre à un certain nombre de chercheurs (en sciences de la nature comme en sciences sociales) qu'ils pensaient pouvoir être intéressés par la formation d'une société consacrée à l'étude générale des systèmes et qu'ils invitaient à les rejoindre dans ce but. Rapoport, qui faisait partie des destinataires, répondit parmi d'autres le 7 juin à Bertalanffy pour lui signifier son enthousiasme². Une connexion directe entre les trois systémiciens était ainsi établie, avec d'emblée en vue ce projet commun de société scientifique. Elle fut un moment d'un mouvement plus général de l'université de Chicago vers celle du Michigan, qui impliqua aussi Gerard et Miller et dont nous allons voir l'importance dans le destin du projet bertalanffien. Rappelons que ce projet était dès 1953 discuté dans les réunions du *Comittee for the behavioral sciences* (C.B.S.) gravitant autour de Miller, Gerard et Rapoport. La création du C.A.S.B.S. fut le contexte de la gestation de la S.G.S.R. : c'est donc ce contexte qu'il me faut ici pour l'essentiel examiner. Certains aspects plus personnels doivent toutefois être évoqués au préalable afin de bien comprendre les dispositions des fondateurs de cette société.

Les cas de Boulding et de Miller s'inscrivent dans la continuité de ce qui en a été dit aux 3-2-4 et 3-2-5. À ceci près que le premier, investi dans son séminaire interdisciplinaire, rencontrait certaines résistances à ses projets (dont sa première lettre citée plus haut à Bertalanffy porte la trace), notamment de la part de ses collègues économistes, peu enclins à le suivre dans des efforts intégratifs hétérodoxes qu'ils jugeaient comme de l'amateurisme³ : son idée d'une société scientifique et sa motivation pour la faire émerger lui furent certainement en partie inspirées par un relatif sentiment d'isolement. Quant à Miller, il faut rappeler ici qu'il était déjà investi depuis la fin 1953 dans la constitution à l'université du Michigan (Ann Arbor) d'un institut de recherche exclusivement voué au développement des « sciences du comportement », le M.H.R.I., dont il sera question au 3-4-1-6.

Les situations de Gerard, Rapoport et Bertalanffy sont par contre pour différents motifs celles de ruptures, qui expliquent leur disposition à orienter plus résolument leur carrière académique en direction de la promotion active et concrète de la recherche systémique en quittant leurs fonctions aux universités de Chicago et d'Ottawa respectivement. En ce qui concerne Gerard, le seul facteur qui me soit connu est le traumatisme du décès de son épouse en 1954, qui fut certainement un élément déclencheur. Dans le cas de Rapoport, les problèmes vinrent de la situation du département de « biophysique mathématique » de Rashevsky. De sérieux doutes sur l'opportunité de soutenir ses recherches, désormais jugées trop ésotériques, spéculatives et autarciques apparurent en effet dès 1948 chez Hutchins et surtout chez Weaver (éminent responsable à la fondation Rockefeller). Les financements alloués par cette fondation cessèrent mi 1952. L'année suivante fut marquée par l'avènement de la biologie moléculaire, qui s'ajouta au changement d'administration à l'université de Chicago intervenu en 1952 pour créer un contexte très défavorable à Rashevsky : il fut victime de coupes budgétaires. Celles-ci s'accrochèrent en 1954 pour une autre raison : le département de Rashevsky fut visé par le « comité contre les activités non-américaines » dans le cadre de la « chasse

¹ Lettre de Huxley A. à Bertalanffy L. von (18/01/1954), in Gray W. & Rizzo N.D. (1973), p. 206. Huxley poursuivait : « J'en sais assez sur les fondations pour comprendre que c'est la seule manière de leur faire impression. Hutchins devrait personnellement être profondément intéressé ; mais son intérêt ne portera pas de lui-même l'organisation. Le projet doit venir des directeurs de plusieurs départements, tous étant des figures académiques de premier plan et sur lesquels rien d'autre qu'un soutien académique ne fera impression. Donc si tu veux qu'ils te remarquent, prépare ta route avec un barrage d'armes lourdes venant d'institutions respectables. Si tu connais quiconque ayant des rapports intimes avec la fondation, consulte-le. Apprendre la stratégie adéquate pour une campagne contre une telle institution est indispensable ; sinon tu es certain d'être disqualifié à la première escarmouche ! Je l'ai appris à mes dépens ; car toutes les idées que j'ai données à Hutchins (dont certaines pourraient avoir donné de bons fruits) ont été rejetées par les directeurs des divers départements concernés (et Hutchins n'est pas en position de passer outre leurs décisions, un fait que j'aurais dû mentionner dans ma précédente lettre) ».

² Hammond D. (2003), p. 217 et p. 261.

³ Boulding K.E. (1972) et Hammond D. (2003), p. 211.

aux sorcières » maccarthyste, au motif qu'il abritait de soit-disant scientifiques d'orientation communiste. Il fut demandé à Rashevsky d'en « débarrasser » l'université, ce qu'il refusa. La punition financière fut drastique et le physico-mathématicien se retrouva presque totalement isolé en dépit de soutiens de poids tels que ceux de McCullough, Menger, Carnap et Szent-Gyorgyi¹. C'est dans ce contexte que Rapoport, qui doublait le handicap d'être d'origine russe et de convictions socialistes, comprit que le temps était venu pour lui de s'orienter vers de nouveaux horizons². Quant à Bertalanffy, j'ai détaillé ailleurs son profond malaise à l'université d'Ottawa et ses conséquences³. Ce malaise, qui l'amena à chercher activement entre 1952 et 1954 un poste à l'étranger (au Chili et surtout, de manière répétée, en Allemagne) était lié à plusieurs facteurs : l'absence de collaborateurs qui le satisfaisaient, sa difficulté à se procurer des publications européennes, les grandes résistances qu'il rencontrait de la part de l'administration dans ses tentatives d'introduire un enseignement visant à délivrer autre chose qu'un diplôme, l'existence de multiples intrigues au sein de l'université pour les postes à responsabilité, et plus profondément des difficultés d'ordre culturel à s'adapter à la « mentalité américaine ». De surcroît, ses relations avec l'administration de son université se dégradèrent à partir du printemps 1952, ses exigences d'obtenir la direction de l'un des départements de biologie, physiologie ou biophysique n'étant pas plus satisfaites que ses exigences d'augmentation de salaire... Il est vraisemblable enfin que Bertalanffy, dès 1951 et surtout après sa série de conférences aux États-Unis entreprise fin 1952, ait compris que c'est dans ce pays, et non au Canada, que le contexte scientifique était vraiment favorable au développement de son projet de « systémologie générale ». Le résultat en fut une disposition plus résolue encore que chez Gerard et Rapoport à quitter ses fonctions, pourvu qu'une offre intéressante lui soit faite. Celle-ci ne tarda pas à se présenter...

3-4-1-2 – *La fondation du Center for advanced studies in the behavioral sciences*

Le C.A.S.B.S. fut inauguré au cours de l'été 1954 à Palo Alto, près du campus de l'université de Stanford (Californie). Son financement fut initialement assuré par la Fondation Ford, à hauteur de trois millions et demi de dollars. Les raisons du choix de ce lieu me restent inconnues. Une hypothèse plausible est qu'il fut lié aux activités de recherche de Bateson, qui travaillait depuis 1949 à l'hôpital des vétérans de l'armée installé à Palo Alto. Bateson avait reçu en 1952 une subvention de la fondation Rockefeller pour étudier les « paradoxes de l'abstraction dans la communication ». Il avait ensuite constitué une équipe de recherche en psychiatrie, désignée plus tard sous le nom d'« école de Palo Alto », qui se consacrait à l'étude des déterminants sociaux de la maladie mentale. Il s'agissait, dans la lignée des recherches antérieures de Bateson, de développer une approche systémique de la communication humaine en général et de la psychopathologie en particulier. Très influencée par les concepts et principes cybernétiques, cette approche était fondée sur des hypothèses novatrices⁴. La période 1954-1956 qui nous concerne ici est celle au cours de laquelle Bateson et ses associés élaborèrent la théorie la plus fameuse de cette « école de Palo Alto » : celle de la « double contrainte », qui constitua dans un premier temps une explication purement psychosociale de la schizophrénie, révolutionnaire en tant qu'elle délaissait les dynamiques intrapsychiques⁵. Il resterait à savoir si le groupe de Bateson joua effectivement un rôle dans la fondation du C.A.S.B.S. et s'il noua des

¹ Rosen R. (1972b), p. xiii et Abraham T.H. (2004), pp. 369-375.

² Hammond D. (2003), p. 156.

³ Pouvreau D. (2009b), pp. 121-130.

⁴ Sur l'histoire de l'« école de Palo Alto », voir Wittezaele J.J. & Garcia T. (1992) ; Marc E. & Picard D. (2000) et Minary J.P. (1992). Les hypothèses de l'« école de Palo Alto » furent : (1) que l'essence de la communication réside dans les interactions entre individus, et que ce sont moins les individus qui comptent que les relations qu'ils instaurent entre eux ; (2) que ces relations peuvent être vues comme un système de communications qui se répondent et s'impliquent mutuellement, et qu'il est possible d'en dégager une logique de la communication ; (3) que les troubles psychiques auxquels ont affaire le psychiatre ou le psychologue peuvent être compris comme des perturbations de la communication entre l'individu affecté par ces troubles et son entourage, et qu'il existe donc une pathologie de la communication dont les mécanismes doivent permettre de comprendre la plupart des « maladies mentales » (Marc E. & Picard D., *op. cit.*, p. 18).

⁵ Le premier article sur la « double contrainte », intitulé « vers une théorie de la schizophrénie », fut publié en 1956 ; la théorie, qui porte l'empreinte de l'influence de la théorie des « types logiques » de Whitehead et Russell, fut étendue ensuite par-delà l'explication de cette pathologie dans le cadre d'une « logique de la communication ». La situation de « double contrainte » était la suivante : (1) l'implication d'au moins deux individus ; (2) une expérience répétitive ; (3) une injonction négative primaire, du type « ne fais pas ceci, sinon je te punirai » ou « si tu ne fais pas ceci, je te punirai » ; (4) une injonction secondaire en conflit avec la précédente mais à un niveau plus abstrait, qui est elle aussi sanctionnée par des punitions ; (5) une injonction négative tertiaire qui interdit à la victime d'échapper à la situation ; (6) la structuration du monde de la victime à partir des schémas précédents, telle que n'importe quelle partie de la séquence décrite puisse déclencher une réaction de rage ou de panique. Voir notamment Wittezaele J.J. & Garcia T. (1992), pp. 161-187.

échanges avec ce dernier au cours de son année inaugurale, la seule qui sera considérée ici – de tels échanges étant avérés par la suite¹.

Le soutien de la Ford à la constitution de ce centre de recherche était l'expression ultime des motivations qui l'avaient amenée à financer les « sciences du comportement » à l'université de Chicago : sa volonté de faire progresser la compréhension des facteurs déterminant la conduite humaine, dans une perspective plus large visant la promotion de la paix mondiale et de l'ordre démocratique, l'amélioration de l'éducation, de la justice et des conditions socio-économiques de la vie humaine en général. La Ford orienta ainsi la vocation du C.A.S.B.S. : réunir des experts issus d'un large spectre de disciplines afin de développer « un échange et une intégration interdisciplinaires dans les sciences du comportement », voués en tout premier lieu à l'étude des systèmes de valeurs, des processus d'apprentissage et de communication, des principes d'organisation sociale et de la coopération entre individus et groupes d'individus, afin de fournir des connaissances applicables à la prise de décision économique ou politique. Et c'est un fait qu'au moins pour l'année inaugurale, le recrutement des chercheurs s'opéra en prenant en compte leur sens de la mission ainsi assignée, qui fut souvent comparée au « projet Manhattan » (en positif pour l'interdisciplinarité et en négatif du point de vue éthico-scientifique...)². Le C.A.S.B.S. s'inscrivait ainsi dans le prolongement direct du *Comittee for the Behavioral Sciences* (C.B.S.) dirigé par Miller. Paradoxalement, ce dernier ne put se joindre aux chercheurs invités à y travailler : il l'aurait fait si les financements qu'il avait enfin obtenus afin d'établir le M.H.R.I. ne l'avaient contraint à décliner cette participation pour travailler à l'organisation de son propre institut, puis quitter Chicago en 1955 afin de rejoindre définitivement Ann Arbor. Ce fut toutefois un autre chercheur de l'université de Chicago, le responsable de sa division des sciences sociales, qui fut nommé directeur fondateur du C.A.S.B.S. : Tyler³.

Le processus de recrutement (pour un an) fut entamé début 1954 et les candidatures (près de trois mille)⁴ furent déposées au printemps. Boulding fut l'un des premiers candidats et c'est par son intermédiaire que Bertalanffy le devint lui aussi : l'économiste contacta Tyler en mars 1954 pour lui recommander Bertalanffy⁵. L'invitation officielle, expédiée en juillet, courait du 1^{er} octobre 1954 au 1^{er} septembre 1955. Il faut noter que Bertalanffy prit des dispositions auprès de l'administration de son université afin de pouvoir rejoindre le C.A.S.B.S., mais qu'un refus de lui accorder cette permission lui fut signifié. Les rapports entre les deux parties s'envenimèrent et Bertalanffy, trop heureux de quitter Ottawa, manoeuvra habilement pour quitter son poste afin de rejoindre malgré tout Palo Alto en septembre, tout en se faisant licencier dans des conditions qui le satisfaisaient⁶. Au total, le C.A.S.B.S. compta trente six chercheurs au cours de sa première année de fonctionnement. Bon nombre d'entre eux avaient soit déjà fait partie du C.B.S. (cas de Rapoport et Gerard), soit participé aux conférences Macy sur la cybernétique. Outre Gerard là encore se trouvaient notamment dans cette dernière catégorie le mathématicien et socio-psychologue d'origine viennoise Paul Lazarsfeld (un ami des Bühler⁷ spécialisé dans la sociologie de la communication), le socio-psychologue Alex Bavelas (un élève de Lewin spécialisé dans la modélisation mathématique « non quantitative » – i.e. « structurale » ou « topologique » – de la dynamique des groupes), l'anthropologue Clyde Kluckhohn (connu pour avoir introduit la perspective d'une étude culturelle comparée sur les structures de valeurs à partir de ses travaux sur les Indiens Navajos) et le mathématicien et sociologue Duncan Luce (qui travailla à l'application de la théorie des graphes en sociologie)⁸. On peut aussi relever l'invitation du psychanalyste Franz Alexander : Bertalanffy fit sa connaissance à cette occasion et tous deux travaillèrent ensemble à l'issue de cette année passée au C.A.S.B.S. à la création, à l'hôpital *Mount*

¹ Wittezaele J.J. & Garcia T. (1992), pp. 240-241 sur ces échanges ultérieurs.

² Hammond D. (2003), p. 6 ; Rapport préliminaire A de Bertalanffy L. von au C.A.S.B.S. (17/12/1954), *Archives du B.C.S.S.S.*

³ *op. cit.*, p. 9.

⁴ Lettre de Bertalanffy L. von à Ankel W.E. (25/11/1957), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁵ Hammond D. (2003), p. 217.

⁶ Pour les détails de ces conflits entre Bertalanffy et l'université d'Ottawa, que j'ai pu reconstituer à l'aide des archives de cette université, voir Pouvreau D. (2009b), pp. 124-127 et 132-136.

⁷ Lazarsfeld soutint d'ailleurs la candidature de Charlotte Bühler auprès de Tyler en 1956 (annexe à une lettre de Bühler C. à Bertalanffy L. von (20/05/1956), *Archives du B.C.S.S.S.*).

⁸ Helms S.J. (1991), pp. 285-286 et Hammond D. (2003), p. 246.

Sinai de Los Angeles, d'un « institut de recherche psychosomatique »¹. Enfin, d'autres chercheurs furent ponctuellement invités à contribuer aux travaux entrepris au C.A.S.B.S. ; notamment Simon, Whyte et l'« analyste des systèmes » politiques Charles A. McClelland².

Les lettres de motivation que les cofondateurs de la S.G.S.R. candidats adressèrent à Tyler reflètent une même volonté d'enrichir leurs travaux antérieurs dans le contexte interdisciplinaire du C.A.S.B.S. et montrent à quel point leurs convergences avec Bertalanffy étaient profondes. Ce dernier soumit la proposition de fonder un « institut de systémologie générale ». De son côté, Boulding expliqua que son principal intérêt était de « travailler au développement d'un corps de 'théorie empirique générale' ou 'systémologie générale' » qui consisterait en « un *arrangement ordonné de modèles théoriques* utiles dans l'*interprétation* de *plusieurs* 'univers empiriques' ». Rapoport chercha pour sa part à valoriser ses travaux antérieurs sur les réseaux de neurones et son intérêt pour les analogies mathématiques entre constructions théoriques. Tous trois insistèrent sur leur attachement particulier aux aspects symboliques du comportement humain et aux univers de valeurs. Ils se distinguèrent à cet égard de Gerard, qui annonça quant à lui chercher, en relation avec son concept d'« épiorganisme », « une formulation mutuellement acceptable de concepts psychiatriques » pour les biologistes, psychologues et sociologues. L'importance de Bertalanffy, Boulding, Rapoport et Gerard au C.A.S.B.S. se marque par le fait que ce sont eux qui y tinrent les quatre premières conférences introductives : Bertalanffy exposa sa conception de la « systémologie générale » ; Boulding insista sur la nécessité d'intégrer l'étude des systèmes économiques dans un contexte sociologique très large ; Rapoport discuta la problématique générale des « systèmes d'information » ; et Gerard disserta sur les « niveaux d'organisation »³. L'année de travail accomplie au C.A.S.B.S. marqua profondément tous les acteurs impliqués, en particulier Rapoport et Bertalanffy. Le premier rapporta quarante ans plus tard encore le souvenir d'un « modèle de véritable 'communauté de savants' correspondant à ce sur quoi Hutchins avait toujours insisté quant à ce que devrait être l'université »⁴. Dans un rapport interne au C.A.S.B.S., Bertalanffy détailla le même sentiment d'un idéal de la recherche retrouvé et à cultiver précieusement, en explicitant une critique de l'organisation conventionnelle de la recherche qui était implicitement constitutive de ce centre :

L'expérience montre que l'interconnexion des différents champs et problèmes est l'une des bases les plus importantes de progrès [...] Il doit toutefois être dit que le cursus universitaire conventionnel est défavorable pour le développement d'une vision large, puisque l'insistance y est presque exclusivement mise sur l'entraînement, la connaissance et les savoir-faire spécialisés [...] C'est tout-à-fait naturel car toute direction d'université doit, par pure nécessité administrative, cataloguer les postes de professeur, les départements, les cursus, etc. et insister sur l'entraînement et la recherche dans des champs spécialisés bien établis. C'est seulement si et quand, contre les résistances de toutes sortes, un champ intégratif est devenu si important que sa reconnaissance est impérative, qu'un nouveau département sera établi [...] Avec le Centre [i.e. le C.A.S.B.S.], nous avons néanmoins une institution qui est libre de l'asservissement de l'administration universitaire usuelle, et qui offre une opportunité unique pour l'intégration et la synthèse⁵.

Il est toutefois intéressant d'observer comment Bertalanffy reprit cette discussion près de trois ans plus tard, en témoignant certes de nouveau de cette incarnation d'un idéal qu'avait représenté le C.A.S.B.S., mais en évoquant aussi de manière sibylline des difficultés et quelques abus de l'interdisciplinarité qui s'y seraient manifestés :

La vieille *universitas literarum* s'est éclatée en une multitude d'établissements spécialisés à peine connectés. En résulte la tâche de l'édification de centres qui cherchent à restaurer l'unité perdue de la science avec les moyens modernes. Cette tâche est difficile et personne ne peut mieux voir sa difficulté que celui qui s'y est consacré. Ainsi le *Center for Advanced Studies in the Behavioral Sciences* nouvellement fondé à Stanford (Californie) il y a quelques années se fixa-t-il pour objectif de réunir pour un an des représentants de différents domaines scientifiques – biologie, psychologie, psychiatrie, économie, sciences sociales, etc. – en leur permettant des échanges intellectuels libres et

¹ Pouvreau D. (2009b), pp. 149 sq. Alexander fut directeur de cet institut : il s'occupait de la partie « psychique » ; Bertalanffy en fut le co-directeur : il s'occupait de la partie « somatique » (i.e. dirigeait les recherches biologiques).

² Hammond D. (2003), p. 247.

³ *op. cit.*, pp. 245-246.

⁴ Rapoport A. (1994), in *op. cit.*

⁵ Bertalanffy L. von, rapport au C.A.S.B.S. « sur l'échange interdisciplinaire » du 17/12/1954, *Archives du B.C.S.S.S.*

un travail non contrôlé, et de promouvoir ainsi une science du comportement humain. Nous avons poursuivi certaines approches dans cette direction, par exemple dans la lignée de la systémologie générale. Il s'est toutefois de nouveau révélé combien il est difficile de franchir les frontières de sa propre discipline d'origine et comment l'on doit être attentif dans le champ de la recherche interdisciplinaire à séparer le bon grain de l'ivraie. En dépit des difficultés d'un tel travail synthétique subsiste peu de doute qu'il est nécessaire et qu'existe une tendance générale dans cette direction. N'existent par contre que peu d'institutions visant cet objectif [...] : les *Institutes for Advanced Studies* de Princeton et de Dublin, et le C.A.S.B.S. de Stanford mentionné plus haut¹.

Ces réflexions furent publiées dans une revue allemande en 1957, entre deux voyages en Europe de deux mois aux automnes 1956 et 1957 qui l'amènèrent en Allemagne, en Autriche, en Suisse, en Italie et en France. Bertalanffy développait à l'époque une stratégie active (faite de courriers, de publications et de conférences) pour trouver une chaire en Allemagne et fut plusieurs fois sur le point de parvenir à ses fins, ses multiples tentatives échouant néanmoins (de peu) en dépit d'importants soutiens². Il avait dans l'intention d'« introduire en Europe, grâce à son activité en Amérique, des points de vue encore peu connus » : la « tendance à la synthèse interdisciplinaire » et les « sciences du comportement ». Il contacta la fondation Ford début 1958 dans l'intention d'obtenir des financements pour développer une « collaboration entre l'Amérique et l'Allemagne » dans cette perspective. Apprenant que von Hayek se proposait en parallèle de fonder à Vienne un « institut des hautes études » similaire à ceux de Princeton, Dublin et Stanford, Bertalanffy lui proposa de s'associer à ce projet. Mais leurs tentatives de réaliser ce dernier n'eurent aucun soutien et ils durent y renoncer³.

3-4-1-3 – *Les recherches menées au C.A.S.B.S., première phase de l'actualisation du projet « systémologique » général*

Au cours de son année inaugurale, le C.A.S.B.S. fut organisé en groupes de travail de deux, trois ou quatre chercheurs, chaque chercheur pouvant s'intégrer à plusieurs groupes. Chaque groupe présentait régulièrement ses productions aux collègues qui n'en étaient pas membre, au travers de rapports écrits et de conférences. Il y avait initialement dix-neuf groupes de travail. S'y ajoutait un cours de mathématiques (très suivi) dispensé par Rapoport à destination de l'ensemble des membres du centre. Il était destiné à leur fournir les bases nécessaires et suffisantes pour comprendre les différentes techniques mathématiques utilisables en « sciences du comportement » et être en mesure de se les approprier, et en fin de compte pour que les mathématiques, d'un obstacle ésotérique à l'échange interdisciplinaire, puissent au contraire devenir un puissant outil d'intégration. Voici quelques exemples typiques de groupes de travail, dont certains seront reconsidérés dans les prochains chapitres : Gerard et Alexander travaillèrent à une synthèse des concepts utilisés en neurophysiologie et en psychanalyse ; Gerard, Lazarsfeld, Luce et Rapoport esquissèrent une théorie générale des réseaux sociaux ; Gerard, Rapoport, Kluckhohn et Bavelas se consacrèrent à une synthèse des concepts biologiques et culturels d'évolution ; Bertalanffy et l'anthropologue Raoul Naroll étudièrent les diverses possibilités d'appliquer un même concept de croissance allométrique en biologie et en sciences sociales ; Rapoport, Boulding et Stephen Richardson s'intéressèrent de leur côté à la problématique générale de la résolution des conflits, en particulier eu égard à la « course aux armements » – Richardson poursuivant l'œuvre mathématique non publiée à ce sujet de son père Lewis récemment décédé, œuvre qu'il fit par la même occasion connaître à ses collègues au moyen de copies microfilmées. Retenons enfin bien sûr l'existence d'un groupe de travail sur la « systémologie générale », qui fut dirigé par Bertalanffy et Boulding⁴.

La réflexion sur la nature et la mise en œuvre d'un travail « véritablement » *interdisciplinaire*, c'est-à-dire (la nuance entre les termes n'étant pas encore effectuée) d'un travail entre spécialistes issus de différentes disciplines mais orienté vers le développement de concepts, de principes et de modèles *transdisciplinaires*, fut l'objet de nombreuses discussions au sein du C.A.S.B.S. Il ne s'agissait pas pour ses membres de succomber à une simple « mode de l'interdisciplinarité », mais

¹ Bertalanffy L. von (1957b), p. 5.

² Voir Pouvreau D. (2009b), pp. 149-166.

³ Lettres de Bertalanffy L. von à Ankel W.E. (25/11/1957), de Bertalanffy à Hayek F.A. von (19/03/1958), de Hayek F.A. von à Bertalanffy L. von (26/03/1958) et de Bertalanffy L. von à la Fondation Ford (20/06/1958), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁴ Hammond D. (2003), p. 149, p. 153, p. 206, p. 225 et pp. 246-248.

bien d'inscrire celle-ci dans une stratégie méthodologique à visée théorique qui soit elle-même d'esprit systémique. En témoigne bien ce commentaire de Gerard, Rapoport et Kluckhohn en 1956, destiné à justifier leur approche analogique et « interdisciplinaire » du concept d'évolution :

[Notre point de vue] interdisciplinaire est issu à un degré considérable de notre foi en la fécondité de la pensée analogique convenablement contrôlée [...] Mais nous ne sommes pas en charge des intérêts de toutes les recherches labellisées « interdisciplinaires ». Il ne manque pas à notre époque de conférences et de colloques dans lesquels beaucoup de disciplines sont « représentées ». Les produits de telles entreprises sont néanmoins vite chétifs s'ils ne sont guère plus que des « mosaïques » de pierres précieuses, chacune polie avec soin par son expert approprié. Les résultats d'efforts conjoints devraient être plus qu'additifs, sinon l'effort impliqué dans la discussion au-delà des frontières disciplinaires est difficilement justifié¹.

L'un des rapports de Bertalanffy au C.A.S.B.S., intitulé « sur l'échange interdisciplinaire », est particulièrement symptomatique à la fois de cette compréhension novatrice de la fonction théorique de l'interdisciplinarité et de l'existence d'un effort de réflexion sur les stratégies d'organisation de la recherche à suivre en vue de lui permettre d'accomplir effectivement cette fonction². Tout en réaffirmant que « l'un des principaux objectifs » du centre était « l'intégration et l'échange interdisciplinaires dans les sciences du comportement », Bertalanffy y remarquait d'abord que le terme « interdisciplinaire » était devenu « une pièce très usée à force d'utilisation et de mésusage continuel ». Son rapport, tout en rappelant sa propre conception de l'« intégration » et de la « synthèse » scientifiques (c'est-à-dire en fait celle d'une unité transdisciplinaire), effectuait un certain nombre de propositions quant à « la meilleure manière de la mener à bien » au C.A.S.B.S. Bertalanffy suggéra que soit opérée une diversification du recrutement des chercheurs issus des sciences sociales par rapport à ceux qui l'avaient été pour la première année : il conseilla que soient aussi représentées l'histoire, la linguistique, la philosophie des sciences, la « philosophie de la religion » et les « humanités ». Il fit aussi remarquer qu'un rééquilibrage serait « souhaitable » du point de vue de la représentation des sciences de la nature et de la médecine, sous-représentées, en insistant sur l'importance de domaines tels que l'anthropologie physique, la psychologie animale, la génétique, ainsi que les médecines théorique, clinique et psychosomatique. Une solution proposée par Bertalanffy pour favoriser un « échange interdisciplinaire » intégratif au centre fut d'introduire, dans l'esprit des cours de mathématiques dispensés par Rapoport, des « exposés synthétiques » dans les différents champs de recherche concernant les « sciences du comportement » qui ne seraient pas de simples introductions, mais viseraient à présenter l'ensemble des fondements nécessaires à ces sciences en fournissant à leurs représentants « une vision large et de nouvelles idées pour leurs travaux ». Il s'agissait explicitement de faire du C.A.S.B.S. un centre voué à la formation de « scientifiques généralistes » dans l'esprit de la « systémologie générale ». Bertalanffy proposa un « exemple concret » illustratif en exposant les plans d'un programme de conférences intitulé « Fondements biologiques des sciences du comportement », dont la structure se calquait sur son « anthropologie philosophique »³ ; son idée était que d'autres membres du centre étaient susceptibles de développer des programmes analogues en relation avec leur spécialité d'origine.

Quelles que soient les spécificités de leurs objets et des concepts qu'ils développaient, les travaux accomplis dans le cadre du C.A.S.B.S. présentaient cette caractéristique commune d'être conformes au projet de « systémologie générale » et de pouvoir être considérés comme des moments de son actualisation ; Bertalanffy en résuma d'ailleurs l'esprit en ces termes pour les lecteurs germanophones auprès desquels il cherchait à valoriser ses propres travaux :

La systémologie générale est d'une signification particulièrement importante pour ce champ moderne que l'on caractérise comme la *behavioral science*, i.e. la théorie du comportement humain. Ce champ s'est particulièrement développé en Amérique. La construction du *Center for Advanced Studies in the Behavioral Sciences* établi par la fondation Ford à Stanford (Californie) et une

¹ Gerard R.W., Rapoport A., Kluckhohn C. (1956), p. 9.

² Bertalanffy L. von, rapport au C.A.S.B.S. « sur l'échange interdisciplinaire » du 17/12/1954, *Archives du B.C.S.S.S.*

³ Après une introduction discutant d'une manière générale la relation de la biologie aux sciences du comportement en insistant en particulier sur l'impossibilité d'un réductionnisme biogéniciste, le programme de Bertalanffy annonçait cinq parties : (1) fondements évolutionnaires (spécificités biologiques de l'homme) ; (2) fondements développementaux (principalement les problèmes de croissance) ; (3) fondements démographiques ; (4) fondements neurologiques (structure du cerveau et relations à la personnalité) ; (5) fondements comportementaux (réflexes, apprentissage, dynamique et conséquences des univers symboliques comme fondements du comportement).

multiplicité de courants apparentés en sont une claire manifestation. On s'y efforce de multiples manières d'appliquer la systémologie générale à des situations expérimentales ou sociales¹.

Il eût sans doute été plus exact d'affirmer que l'on s'efforçait au C.A.S.B.S. d'incarner l'esprit de la « systémologie générale » dans des constructions théoriques plus ou moins mathématisées, caractérisées par la connexion établie entre plusieurs disciplines au moyen d'une généralisation abstraite de certains concepts et de la mise en isomorphisme de la structure de certains de leurs problèmes respectifs – dans l'esprit de ces « généralisations d'aspects de l'expérience » communs à plusieurs « univers de discours » que nous avons vu Boulding rechercher dès 1953.

Un exemple typique de l'esprit des recherches entreprises au C.A.S.B.S., qui fit l'objet d'une publication en 1956, fut une analyse mathématique par Rapoport du « problème de la diffusion dans le comportement de masse ». Elle s'inscrivait dans la continuité de ses études antérieures entreprises au sein du groupe de Rashevsky. Le mathématicien l'inaugura en constatant que les comportements de masse (qu'il s'agisse de caractéristiques culturelles ou d'épidémies) impliquent des phénomènes de propagation, ou de « diffusion » entre plusieurs zones géographiques : l'utilisation du terme « diffusion » en sciences sociales était pour lui l'indicateur de la conscience d'une certaine similitude entre les phénomènes considérés et des phénomènes physiques tels que la diffusion d'un gaz, dont la signification et la légalité sont rigoureusement exprimables au moyen de l'analyse mathématique. L'argument initial fut typiquement « systémologique » :

L'utilisation d'une métaphore n'établit pas la réalité de la connexion entre les situations comparées et elle peut en fait être sérieusement trompeuse. Néanmoins, un avertissement n'est pas un interdit. Il n'y a aucune raison pour ne pas rechercher des isomorphismes formels entre des cas de diffusion physique et de diffusion sociale. La grande disparité des entités impliquées dans les divers types de diffusion n'exclut pas l'existence d'une théorie générale sous-jacente².

L'étude de Rapoport consista alors à examiner comment l'équation (aux dérivées partielles) de diffusion d'une substance de concentration temporellement variable dans un espace à trois dimensions pourrait être adaptée aux phénomènes de « diffusion » sociale. Cette étude était exemplaire. Rapoport y montra en effet comment une apparente correspondance dans la *forme* des phénomènes peut guider la recherche d'une mathématisation qui soit au moins susceptible d'avoir quelque pertinence dans le domaine visé tout en laissant place à une réflexivité critique dans la transposition des formalismes, soucieuse de respecter la spécificité des objets considérés : loin de chercher à imposer coûte que coûte le corset de l'équation de diffusion utilisée en physique à des variables sociologiques, il s'agissait au contraire de repérer les raisons de l'impossibilité de sa simple transposition afin de comprendre comment la transformer pour en construire un analogue adéquat. Une première difficulté manifeste (*a priori* d'ordre mathématique, mais pas de principe) était ainsi le caractère conservatif de l'équation simple de diffusion, alors que les variables sociologiques n'obéissent à aucune loi de conservation. Rapoport pointa une autre difficulté, considérable, à savoir la nécessité de définir un concept mathématique d'« espace social » adéquat à l'expression de phénomènes de « diffusion » qui ne satisfont pas nécessairement à des hypothèses de continuité : un tel espace devrait avoir des propriétés topologiques et métriques particulières dont la connaissance serait un préalable à toute équation de diffusion. Rapoport discuta notamment le problème de définir une « distance sociale » sans introduire d'insondables complications mathématiques. Et plutôt que de persister dans une voie manifestement peu féconde, il montra que l'on peut parvenir à définir une mesure d'au moins certains aspects des phénomènes de « diffusion » sociale au moyen d'une approche discrète. Il parvint à élaborer une telle mesure en utilisant des équations de récurrence dont le rôle se trouvait être analogue à celui de l'équation de diffusion en physique, et ce en dépit de la perte de correspondance entre les formalismes impliquée par la discrétisation ainsi opérée³. L'essentiel ici est qu'on ne saurait parler d'« application » de la « systémologie » générale comme le fit Bertalanffy, si ce n'est au sens très large d'une mise en œuvre éclairée de son esprit. Il ne semble par contre pas exagéré de voir une telle mise en œuvre comme une constante des travaux qui furent réalisés dans le cadre du C.A.S.B.S., au moins au cours de sa première année de fonctionnement.

¹ Bertalanffy L. von (1957c), p. 12.

² Rapoport A. (1956b), p. 48.

³ *op. cit.*, pp. 50-54.

3-4-1-4 – Une prise de conscience par Bertalanffy de l'émergence d'un « mouvement systémique » et de ses conséquences pour son projet « systémologique » général

Dans un article sur la « systémologie générale » que Bertalanffy rédigea au cours de son année passée à Palo Alto se révèle toutefois clairement que cette année-là ne fut pas seulement celle où son projet commença à s'actualiser en bénéficiant d'un certain degré d'institutionnalisation, mais aussi celle où il fut confronté (au sens positif du terme) aux autres approches systémiques contemporaines développées dans les diverses « cybersciences ». Le projet de Bertalanffy n'était nullement remis en cause par ces développements parallèles dont il prenait enfin conscience et connaissance de manière précise. Mais son créateur en était désormais venu à penser que ce projet devait intégrer une multiplicité de perspectives dont il n'avait jusqu'alors pas soupçonné l'étendue, que ce soit du point de vue des concepts pourtant généraux de « système » élaborés, des techniques mathématiques mises en œuvre ou de l'attention portée au « comportement dirigé ». Plus clairement encore qu'en 1950-1951 à l'occasion de sa découverte de la « première » cybernétique, Bertalanffy comprit, tout en réaffirmant leur originalité et leur importance, que son concept dynamique de « système général » et son modèle « organismique » n'étaient que des composantes d'un mouvement systémique beaucoup plus général dont il ne s'agissait certainement pas de nier la diversité et dans lequel aucun modèle ne pouvait en fait prétendre à une quelconque suprématie :

L'approche mathématique suivie dans la systémologie générale [systèmes différentiels] n'est ni la seule possible, ni la plus générale. Il y a nombre d'approches modernes apparentées comme la théorie de l'information, la cybernétique, les théories des jeux, de la décision et des réseaux, les modèles stochastiques, la recherche opérationnelle, pour ne mentionner que les plus importantes. Néanmoins, le fait que les équations différentielles couvrent des champs étendus dans les sciences physiques, biologiques, économiques et probablement celles du comportement en fait un accès judicieux à l'étude des systèmes généralisés [...] Un développement étroitement connecté à la systémologie est celui de la théorie moderne de la communication [... Celle-ci] se rapproche de la théorie des systèmes ouverts, qui peuvent s'accroître en ordre et en organisation, ou montrer une entropie négative [... Par ailleurs], la cybernétique tente de montrer que des mécanismes de rétroaction sont au fondement du comportement téléologique ou finalisé dans des machines construites par l'homme ainsi que dans les organismes vivants et dans les systèmes sociaux. Il faut toutefois conserver à l'esprit que le schème de rétroaction est d'une nature assez particulière [...] et que] la dynamique est un aspect plus large [...] On peut indiquer plusieurs modèles manifestant un comportement adaptatif, finalisé [...] L'équifinalité dans un système ouvert atteignant un équilibre de flux en est un [...] Un second est la rétroaction, le maintien homéostatique d'un état caractéristique ou de la recherche d'un but [...] Un troisième modèle pour le comportement adaptatif, un *Design for a brain*, fut développé par Ashby [...] Je ne discuterai pas ici les mérites et les insuffisances de ces modèles du comportement téléologique ou dirigé. Le fait qui doit par contre être souligné est que le comportement téléologique dirigé vers un état final ou but caractéristique ne se trouve pas hors des limites de la science de la nature et n'est pas une conception anthropomorphe erronée de processus qui seraient en eux-mêmes unidirectionnels et contingents¹.

Dès ses premières semaines passées au C.A.S.B.S., il devint clair à Bertalanffy qu'il y avait au moins deux niveaux de généralité dans son projet « systémologique ». Le plus faible, qu'il commença en 1956 à décrire de manière apparemment paradoxale comme la « systémologie générale au sens étroit »², dérivait de sa « théorie des systèmes ouverts » en connexion étroite avec la théorie des systèmes dynamiques : il s'agissait de son ébauche de « cinétique généralisée », au moyen de laquelle il s'était surtout consacré à la tâche de donner à son corpus de concepts et de principes « organismiques » un maximum de généralité ; un modèle systémique dont la généralité était largement égalée par ceux développés en cybernétique et en recherche opérationnelle, et qui ne pouvait rivaliser en sophistication mathématique. Le niveau le plus fort de généralité concernait quant à lui la perspective scientifico-philosophique portée sur l'étude transdisciplinaire des « systèmes » et ses visées axiologiques et praxéologiques, c'est-à-dire la fonction de « superstructure » de la recherche systémique que son projet avait vocation à endosser et que Bertalanffy en vint à désigner comme la « systémologie générale au sens large ».

¹ Bertalanffy L. von (1955a), pp. 77-80.

² Bertalanffy L. von (1956c), p.8.

La création d'une société scientifique destinée à promouvoir le développement de la « systémologie générale » était dès lors devenue une évidente nécessité et une urgence, pour deux raisons : non seulement parce qu'il apparaissait plus que jamais nécessaire d'insuffler une unité à la recherche systémique afin qu'elle ne dégénère pas en un champ anarchique de développements déconnectés les uns des autres, mais aussi parce que tel était le seul moyen de parvenir à faire valoir la pertinence des conceptions « organismiques » et des valeurs qui y étaient associées face à des tendances antagonistes perceptibles dans les autres composantes du « mouvement systémique » de grande ampleur qui semblait émerger.

3-4-1-5 – *Les plans d'une « société pour le développement de la théorie des systèmes généraux »* (Society for the Advancement of General Systems Theory)

Les circonstances originelles de la création effective d'une telle société furent racontées par Bertalanffy et Boulding eux-mêmes¹. Selon l'un des rapports de leur groupe de travail sur la « systémologie générale » au C.A.S.B.S., ses plans furent lancés « à la suite d'une suggestion originellement faite par Boulding »², affirmation effectivement conforme à ce qui a été dit au 3-4-1-1 même si elle minore les rôles joués par Bertalanffy et Huxley. Mais la décision de se consacrer à la mise en place effective de cette société fut prise conjointement par Bertalanffy, Boulding, Rapoport et Gerard au cours d'un déjeuner commun au C.A.S.B.S. peu après l'inauguration du centre, donc vraisemblablement fin octobre 1954 :

Il était si évident que nous étions tous sur la même longueur d'onde que quelqu'un – j'ai oublié qui – s'exclama : « formons une société » ! Nous décidâmes ensuite avec une bonne dose de bonne humeur d'en faire ainsi.

L'un d'entre eux remarqua que l'*American Association for the Advancement of Science* (A.A.A.S.) tenait sa convention annuelle fin décembre à Berkeley (donc non loin de Palo Alto) et proposa de convoquer à cette occasion une réunion afin de jauger les dispositions à participer à ladite société et de « sonder l'opinion de ceux qui seraient intéressés quant à la forme la plus utile d'organisation ». Enthousiastes à cette idée, les quatre convives s'affairèrent aussitôt à rédiger un manifeste pour ce qu'ils décidèrent dans ce premier temps de baptiser la *Society for the Advancement of General Systems Theory* (S.A.G.S.T.)³.

Le pluriel affecté au terme « *system* » dans cette dénomination, qui introduisait une différence par rapport au nom anglais donné par Bertalanffy à son projet, n'était pas anodin et avait une évidente fonction stratégique : il indiquait une conscience de la multiplicité des approches systémiques pouvant revendiquer la généralité et annonçait une volonté de reconnaître cette multiplicité tout en intégrant ces approches. Un « système général » était défini de manière volontairement très large dans le manifeste de la S.A.G.S.T. comme « tout système théorique applicable à plus d'un des départements traditionnels de la connaissance », de sorte que la dénomination même de la société reconnaissait *ipso facto* à la « systémologie générale » le statut d'une méta-théorie dont l'objet serait rien moins que l'ensemble des constructions théoriques transdisciplinaires. Un aspect très remarquable du manifeste, compréhensible compte tenu du conditionnement du succès de l'entreprise à son caractère consensuel, est qu'il n'y était fait aucune mention explicite (potentiellement polémique) d'une orientation holistique. Ce sont essentiellement, dans les termes mêmes de son concepteur, les fonctions méthodologiques du projet bertalanffien qui furent mises en avant, mais ses engagements relatifs au concept de « système », à la « stratification du réel », à l'« unité formelle de la science » et aux considérations éthiques furent notoirement laissés de côté :

Le principal but de la société proposée sera d'encourager le développement de systèmes généraux [au sens précédent]. Toutes les sciences développent des systèmes de concepts, des relations et des modèles théoriques. Bon nombre de ces systèmes sont isomorphes, mais leur similitude n'est pas détectée à cause de différences terminologiques et d'autres barrières de communication entre scientifiques. De plus, des systèmes qui ont été bien développés dans un champ peuvent être utiles dans un autre. Les principaux buts de la théorie des systèmes généraux sont donc :

¹ Bertalanffy L. von, préambule à (1955a) ; Boulding K.E. (1972), p. 79 et (1977), p. 2.

² Hammond D. (2003), p. 247.

³ Boulding K.E. (1977), p. 2. Voir aussi Hammond D. (2003), p. 247.

- (1) d'étudier l'isomorphie des concepts, lois et modèles dans différents champs et d'aider au transfert utile d'un champ à un autre ;
- (2) d'encourager le développement de modèles théoriques adéquats dans les domaines où ils manquent ;
- (3) d'éliminer la duplication d'efforts théoriques dans les différents champs ;
- (4) de promouvoir l'unité de la science en améliorant la communication entre spécialistes¹.

« Le principal objectif de la S.A.G.S.T. » fut défini deux ans plus tard en ces termes :

Réunir des domaines de recherche de contenus dissemblables mais de structures ou fondements philosophiques similaires afin de permettre aux chercheurs de différents champs de développer un langage commun et de se stimuler les uns les autres plus efficacement.

Et si Bertalanffy et Rapoport n'hésitèrent pas cette fois à annoncer l'orientation holistique de la société, ce fut aussitôt en insistant sur le caractère novateur de leur interprétation de cette orientation, avec le souci manifeste de désamorcer de la sorte d'éventuelles réticences :

La quête de théories de systèmes généralisés est une tentative d'échapper au point de vue extrêmement « analytique » de la science physique classique, et de rendre plus rigoureuse et explicite l'approche dite « holistique » dont l'éloge fut assez vaguement faite par divers philosophes depuis Goethe².

La réunion projetée fut fixée le 27 décembre, en connexion avec la section de philosophie des sciences de l'A.A.A.S. Le manifeste, ainsi qu'une invitation à cette réunion, furent publiés dans le programme de la convention. À la bonne surprise des initiateurs de la S.A.G.S.T., un chèque de cinq cents dollars leur fut déjà adressé par la fondation Bostrom quelques jours avant la réunion, accompagné d'un courrier enthousiaste jugeant l'idée « merveilleuse ». Une seconde bonne surprise est que la réunion attira beaucoup plus de chercheurs que ce qu'ils escomptaient. Boulding a évoqué le nombre de soixante-dix, les estimations diverses oscillant entre cinquante et quatre-vingts. Bertalanffy et Boulding se chargèrent d'exposer les objectifs de la société projetée. Fut aussi discutée la possibilité de publier annuellement un recueil d'articles contribuant au développement de la « théorie des systèmes généraux ». À l'issue de la réunion, plusieurs participants s'inscrivirent immédiatement comme membres potentiels de la société. Malgré ces premiers succès, son groupe fondateur jugea prématurée l'inauguration formelle de la S.A.G.S.T. Il fut provisoirement décidé de constituer un comité pour explorer les conditions de sa constitution. Bertalanffy fut désigné secrétaire exécutif de la société et consacra une partie de son temps passé au C.A.S.B.S. à la rédaction des détails légaux et organisationnels de son fonctionnement, ainsi qu'aux réponses aux demandes de renseignements. S'il fut décidé de tenir une nouvelle réunion à la convention suivante de l'A.A.A.S. qui se tenait fin 1955 à Atlanta, deux réunions intermédiaires furent organisées en 1955. La première eut lieu le 26 février au C.A.S.B.S. dans le cadre du groupe de travail dirigé par Bertalanffy et Boulding. La seconde fut plus ouverte et consista en une session sur la « théorie des systèmes généraux » organisée en septembre à San Francisco, dans le cadre du colloque annuel de l'association américaine de psychologie. Elle fut notamment marquée par des exposés de Bertalanffy sur le concept d'équifinalité, d'Alexander sur le principe d'homéostasie en physiologie et en psychologie, et de Narrol sur le principe d'allométrie en biologie et en sciences sociales³.

La S.A.G.S.T. fut officiellement établie à la réunion d'Atlanta en décembre 1955, en conséquence des travaux de Bertalanffy voués à cette fin. Mais il se déroula en fait plus d'un an encore avant qu'elle ne dépasse l'état d'une organisation purement formelle : elle n'exista guère au cours de cette période de transition que « sur le papier », le temps de régler tous les détails concrets – notamment la localisation de son siège social. Ce délai correspond en fait à une période de transition pour Bertalanffy, Rapoport et Gerard, qui commença en septembre 1955 dès l'issue de leur année passée au C.A.S.B.S. ; une période au cours de laquelle ils durent se consacrer en priorité aux charges de travail impliquées par leurs nouvelles fonctions. Boulding fut en effet le seul des fondateurs de la S.A.G.S.T. à retrouver ses fonctions antérieures, à Ann Arbor. Bertalanffy resta de son côté deux mois sans poste : il ne prit ses fonctions de directeur des recherches biologiques à l'institut de recherche

¹ Bertalanffy L. von, préambule à (1955a). Voir aussi Boulding K.E. (1972), p. 80 ; (1973), p. 951 et (1977), p. 2.

² Bertalanffy L. von & Rapoport A., préface au *General Systems Yearbook* 1956, p. v.

³ Bertalanffy L. von, préambule à (1955a) ; Boulding K.E. (1977), p. 2 ; Hammond D. (2003), pp. 247-248.

psychosomatique de l'hôpital Mt-Sinaï de Los Angeles qu'en novembre, intervenant aussi en parallèle dans le département de physiologie de l'école de médecine de l'université de sud-Californie (où il retrouva les Bühler, depuis 1948 professeurs assistants en psychiatrie dans cette école), et en certaines occasions à la clinique psychiatrique de Beverly Hills (dont le fondateur était un Viennois expatrié en 1938 qu'il avait connu peu auparavant, Friedrich Hacker)¹. Quant à Gerard et Rapoport, on pourrait presque dire que Boulding les emmena dans ses bagages, puisqu'ils rejoignirent eux aussi Ann Arbor, afin d'y occuper les fonctions que Miller leur avait proposé au sein de l'« institut de recherche sur la santé mentale » (M.H.R.I.) sur le point d'être inauguré, institut qu'il avait consacré les deux précédentes années à mettre en place.

3-4-1-6 – *Le Mental Health Research Institute d'Ann Arbor, institut de « recherche sur les systèmes généraux »*

Les contacts entre Miller d'une part et Rapoport et Gerard d'autre part ne cessèrent pas au cours de l'année passée par les seconds au C.A.S.B.S. : Miller se déplaça au centre chaque fois qu'il le pouvait, tenant ses collègues informés de l'avancement de la construction du M.H.R.I. tout en prenant connaissance des travaux en cours au C.A.S.B.S. Plus généralement, ces visites expliquent le recrutement initial du M.H.R.I., dont bon nombre des premiers membres furent issus soit du C.B.S. de Chicago qu'avait dirigé Miller (ainsi Meier et Platt, en 1956), soit du C.A.S.B.S. (voire des deux)². Contrairement à ce que pourrait laisser penser le nom de l'institut, stratégiquement choisi pour faciliter des financements dans une période où ils étaient abondants pour la recherche sur le fonctionnement mental, il n'était aucunement focalisé sur le seul domaine de la psychiatrie : il s'agissait en fait d'un institut de « sciences du comportement » au sens très général de l'expression, où seule une partie des recherches concernait directement les problèmes de « santé mentale ».

Le M.H.R.I. fonctionna jusqu'en 1967 et devint en dix ans une grosse structure comportant une centaine de chercheurs. Il était financé de maintes manières : par l'université du Michigan ; par le service fédéral de santé publique ; par le département d'État ; par plusieurs fondations philanthropiques ; et même par certaines firmes privées. Miller, Gerard et Rapoport, qui jouissaient en parallèle d'une affectation permanente au département de psychiatrie de l'université du Michigan, y occupaient les fonctions les plus importantes : Miller en était le directeur général, Gerard le directeur des laboratoires et Rapoport le coordonnateur des « sciences de systèmes » : il supervisait toutes les recherches concernant les statistiques et l'utilisation des ordinateurs, les modèles d'apprentissage, la biologie mathématique³, la biophysique, la linguistique mathématique, les « mathématiques de l'interaction sociale », l'économétrie et la cybernétique. Comme le C.A.S.B.S., le M.H.R.I. regroupait des chercheurs issus d'un large spectre de disciplines allant des sciences de la nature aux sciences sociales en passant par les mathématiques, la médecine et la psychologie. La répartition des recherches au sein du bâtiment de l'institut incarnait elle-même la philosophie des « niveaux d'intégration » qui, sous l'impulsion de Miller et Gerard, avait dès ses débuts été la base des « sciences du comportement » : les étages inférieurs du bâtiment étaient consacrés aux niveaux biologiques d'organisation, et les étages supérieurs l'étaient successivement aux niveaux individuel, micro-social et macro-social d'organisation. Même s'il était plus structuré que le C.A.S.B.S. dans son fonctionnement et accordait en conséquence une moindre liberté à ses chercheurs, les vocations du M.H.R.I. étaient pour l'essentiel les mêmes – en dépit de ses buts officiels plus en adéquation avec sa dénomination pour les raisons stratégiques évoquées plus haut, une différence étant aussi que le M.H.R.I. eut d'emblée des fonctions d'enseignement importantes, initialement absentes au C.A.S.B.S. (où elles vinrent plus tard)⁴.

¹ Pouvreau D. (2009b), pp. 149-150.

² Hammond D. (2003), p. 20 et p. 176.

³ Notons à ce propos que Rashevsky finit sa carrière au M.H.R.I., à partir de 1965 : Abraham T.H. (2004), p. 376.

⁴ Hammond D. (2003), p. 169 et pp. 176-177. Les buts officiels du M.H.R.I. étaient formulés comme suit : « (1) Entreprendre un programme de recherche fondamental dirigé vers les causes de la maladie mentale et le développement de procédures menant à la prévention et la guérison. (2) Soutenir une série d'instituts d'enseignement sur les différents aspects de la recherche pour des programmes coordonnés. (3) Faire progresser l'enseignement des résidents et des étudiants en médecine avec une insistance particulière sur le développement de l'intérêt pour les problèmes de santé mentale et de leur compréhension, pour stimuler leur intérêt pour la recherche. (4) Établir un groupe de conseil et de consultation qui aiderait d'autres unités dans l'État du Michigan se consacrant à la recherche sur les problèmes de santé mentale ».

Le M.H.R.I. put être décrit par l'un de ses membres (le mathématicien William Horvath, qui partageait nombre de centres d'intérêt avec Rapoport) comme une « ruche d'activités ». Une recherche prolifique s'y déployait dans une multiplicité considérable de directions plus ou moins liées à la problématique de la santé mentale, la plupart nécessitant une étroite collaboration interdisciplinaire (et donc de vigoureuses connexions entre étages...). Un bilan effectué en 1961 fait état de soixante et onze projets de recherche entrepris au cours des cinq premières années de fonctionnement. La plupart connectaient plusieurs « niveaux d'organisation » en se focalisant sur les effets de stress et d'imports excessifs d'information : il en alla ainsi d'études biochimiques et neuromorphologiques aux niveaux cytologique et histologique, d'études psychologiques aux niveaux individuel et social, et d'études psychopharmacologiques. Dans ce dernier cas, Gerard joua un rôle particulièrement important à partir de 1958, date à laquelle il bénéficia d'un financement fédéral de 1,5 million de dollars étalé jusqu'en 1964 pour étudier la schizophrénie : le neurophysiologiste, résolument opposé aux thèses psychosociologiques de l'« école de Palo Alto » quant aux causes de cette perturbation des fonctions mentales, consacra l'essentiel de ses recherches au M.H.R.I. à établir les fondements neurochimiques de la maladie mentale en général, et de la schizophrénie en particulier. Il dirigea notamment à ces fins des recherches sur cet anxiolytique qu'est le méprobamate, ainsi que sur les effets hallucinogènes et psychosomimétiques du L.S.D. et de la psilocybine. D'autres projets de recherche entrepris à l'institut manifestaient un intérêt commun pour les modèles de traitement et de transfert d'information, jugés à même de favoriser les connexions transdisciplinaires. Tels furent les cas du développement de tests d'intelligence électroniques visant à améliorer le diagnostic de la maladie mentale, et d'études de l'apprentissage, des processus inconscients et des fondements physiologiques de la mémoire¹.

Il faut encore insister ici sur les cas particuliers des travaux engagés par Rapoport et Boulding dès leur arrivée au M.H.R.I. Dans le prolongement de leur intérêt suscité au C.A.S.B.S. pour les travaux des Richardson, tous deux s'orientèrent en effet résolument vers le développement d'une approche systémique du problème de la résolution des conflits : elle répondait impeccablement aux exigences d'une éthique pacifiste qui les unissait profondément. Très symptomatiquement, le séminaire interdisciplinaire que Boulding organisa dès son retour du C.A.S.B.S. au cours de l'année 1955-1956 fut intitulé : « résolution des conflits ». Son objectif était d'« intégrer le travail des modélisateurs et des théoriciens à l'expérience pratique des techniciens » confrontés à cette problématique, et de « stimuler le développement de nouveaux modèles pour la résolution des conflits ». Aussi bien Boulding que Rapoport et même Gerard intervinrent très activement dans ce séminaire. Y furent surtout discutés les mérites et les insuffisances respectives des modèles déterministes et « molaires » de la course aux armements de Lewis F. Richardson (fondés sur des systèmes différentiels) et de ceux fondés sur la théorie des jeux (qui présentaient au moins l'avantage de prendre en compte les possibilités de choix et de décision pour les parties impliquées dans un conflit). Une conclusion générale fut que la résolution des conflits peut être alternativement caractérisée par l'évitement, la domination ou la « convergence de fins ». Rapoport et Boulding jugeaient en particulier que la théorie des jeux à somme non nulle, dans lesquels les intérêts des joueurs ne sont pas strictement antagonistes (l'un perdant exactement ce que gagnent les autres) et où une place est en conséquence laissée à la collaboration, offrait de plus grandes possibilités que celle des jeux à somme nulle sur lesquels se concentraient les théoriciens : elle avait à leurs yeux l'intérêt de permettre de résoudre les situations de conflit en mettant en avant la stratégie de convergence de fins par rapport à celles de l'évitement et de la domination². Leurs travaux se focalisèrent en fait très largement sur cette problématique jusqu'aux années 1960 : elle fut la matière de leurs principales publications³. Ce fut justement l'époque où Rapoport fournit des contributions importantes à la théorie des jeux. Ce qu'il fit d'abord par des critiques épistémologiques attaquant les hypothèses fondamentales en usage dans cette « logique de situation » depuis sa création par von Neumann et Morgenstern en 1944, en particulier l'hypothèse d'une rationalité parfaite des joueurs faisant totalement abstraction du monde des valeurs et la réduction de leurs décisions à la seule optique de la maximisation d'une certaine « fonction d'utilité ». Sa contribution passa aussi et surtout par sa

¹ *op. cit.*, p. 148, p. 169 et p. 177.

² *op. cit.*, pp. 224-225.

³ Boulding K.E. (1962) ; Rapoport A. (1957) et (1960a).

résolution du fameux « dilemme des prisonniers »¹, qui consistait à mettre en évidence la possibilité d'une « rationalité de groupe » servant mieux les intérêts des individus qu'un comportement « rationnel » seulement défini en termes égoïstes ; une résolution que Rapoport fut toujours enclin à tenir pour une contribution significative à la mise à mal du « principe du libéralisme absolu » selon lequel « la somme des intérêts égoïstes sert l'intérêt général » et, *a contrario*, à la justification rigoureuse de ce qu'il appelait le « principe de sagesse sociale »². Plusieurs convictions communes motivaient Rapoport et Boulding, dans un contexte de guerre froide qui vit se succéder la guerre de Corée, la crise des missiles de Cuba puis la guerre du Vietnam. Boulding les a bien résumées, tant en réaffirmant son farouche pacifisme qu'en laissant affleurer l'inspiration « systémologique » de ces travaux et en évoquant l'influence de l'année au C.A.S.B.S. :

L'origine [de mes travaux sur la résolution des conflits] peut être remontée à une conviction passionnée de ma jeunesse que *la guerre est le problème moral et intellectuel majeur de notre temps*. Si les années ont rendu cette conviction moins passionnée, elles ne l'ont pas rendue moins intense [... Ils sont] le résultat d'une conviction que *le châssis intellectuel du large mouvement pour l'abolition de la guerre n'a pas été adéquat* pour soutenir le puissant moteur moral qui le dirige et que les fréquents échecs qui interrompent le progrès du mouvement sont dus essentiellement à une *déficience de sa théorie sociale* [...] Une autre conviction a crû dans mon esprit largement en conséquence d'une année de discussions fertiles au *Center for Advanced Studies in the Behavioral Sciences* [...] C'est celle que pour développer un système théorique adéquat pour traiter le problème de la guerre et de la paix, il est nécessaire de mouler le réseau plus largement et d'*étudier le conflit en tant que processus social général dont la guerre est un cas particulier*.

Ces convictions amenèrent Boulding et Rapoport à créer dès 1957 une revue pleinement consacrée au sujet, dont le premier fut l'éditeur en chef : le *Journal of conflict resolution*. Puis à cofonder deux ans plus tard le *Center for Research in Conflict Resolution*, situé sur le campus d'Ann Arbor et dont Boulding eut là encore la direction³.

L'importance en taille et en financements du M.H.R.I. et le fait que les recherches y concrétisaient nombre des orientations définies dans le projet de « systémologie générale » (surtout par leur transdisciplinarité et par leur inclination aux modélisations mathématiques de systèmes non physiques) confèrent en eux-mêmes une importance considérable à cet institut dans l'histoire de ce projet. Mais si Miller put caractériser le M.H.R.I. comme un « institut de systèmes généraux » et Boulding comme l'un des premiers centres de la « recherche sur les systèmes généraux » [*general systems research*]⁴, c'est aussi parce que sous leur impulsion et sous celle de Rapoport et Gerard, il devint en 1956 le siège social de la S.A.G.S.T. Ce n'est qu'à partir de ce moment que celle-ci commença véritablement à accomplir les missions que ses fondateurs lui avaient assignées fin 1954. Il va s'agir dans le reste de ce chapitre de discuter sa configuration initiale, puis les dynamiques qui présidèrent à son évolution.

¹ L'énoncé du dilemme est le suivant (voir notamment Rapoport A. (1960a), p. 125). Deux suspects sont questionnés séparément par un juge. Ils sont coupables du crime dont ils sont suspects, mais le juge n'a pas de preuves suffisantes pour les inculper. Néanmoins, le ministère public dispose de preuves suffisantes pour inculper chacun d'entre eux pour des délits moins graves. L'alternative offerte aux deux suspects est de confesser leur crime le moins grave ou de ne rien dire. Ils sont séparés et ne peuvent pas communiquer. Les issues sont alors les suivantes : si les deux avouent, ils seront condamnés à de lourdes peines, mais un peu réduites du fait de leur aveu. Si un seul d'entre eux avoue, celui-là est libéré tandis que l'autre est condamné à la peine maximale. Et si aucun des deux n'avoue, ils ne peuvent pas être inculpés pour leur crime, mais seront jugés et condamnés à des peines légères pour l'autre délit.

² Rapoport A. (1959) (surtout p. 57 et p. 60), (1960a), en particulier pp. 120-129, (1960b) et (1966b). Le raisonnement égoïste sur le dilemme des prisonniers dans le cadre des hypothèses de la théorie alors « classique » des jeux conduit à la conclusion que chacun des suspects a intérêt à avouer, alors que les résultats de cette conclusion ne sont pas les meilleurs puisque les deux suspects obtiendraient mieux en n'avouant pas. Rapoport a montré que la base de leur raisonnement la plus adéquate est de rompre avec leur égoïsme ; au lieu de se poser la question de savoir comment chacun d'entre eux va obtenir la meilleure solution pour lui-même, ils doivent raisonner comme suit : « mon partenaire est comme moi, donc il agira probablement comme moi. Si je conclus que je dois avouer, il conclura sans doute la même chose. Si je conclus que je ne dois pas avouer, il doit penser la même chose. Dans le premier cas, nous perdons tous deux, dans le second nous gagnons tous deux. Donc en n'avouant pas j'en tire un profit personnel ».

³ Boulding K.E. (1962), pp. vii-viii. Les italiques me sont propres.

⁴ Hammond D. (2003), p. 144 et p. 164.

3-4-1-7 – *Constitution et aspects initiaux de la Society for General Systems Research* – *Une société scientifique vouée à la « recherche sur les systèmes généraux »*

Sous la responsabilité de Bertalanffy et Rapoport, la S.A.G.S.T. commença en fait à matérialiser son existence dès la fin décembre 1956 par la publication d'un livre regroupant un certain nombre d'articles jugés utiles à l'accomplissement des objectifs de la société, conformément à l'idée discutée fin 1954. Intitulé *General systems*, il s'agissait du premier numéro d'une longue série de vingt-huit *yearbooks* (« volumes annuels ») constituant l'une des publications de la société. Il sera question de ces *yearbooks* dans la prochaine section, mais relevons déjà l'apparition en couverture de ce premier volume d'un logo qui resta par la suite emblématique de la société :



Il s'agit du symbole mathématique de l'intégrale qui, en reprenant simultanément une stylisation de la première lettre de *System*, résumait l'ambition d'une intégration transdisciplinaire par la construction et l'étude de « systèmes généraux ».

La première élection permettant enfin de munir la S.A.G.S.T. d'un bureau directeur se tint le 15 mai 1957. Boulding fut désigné président (mandat de deux ans), Bertalanffy vice-président (mandat de trois ans) et Meier secrétaire-trésorier (mandat d'un an). La décision fut prise à cette occasion de modifier le nom de la société : il était apparu lors des précédentes réunions publiques organisées depuis 1954 qu'annoncer sa vocation au « développement de la théorie des systèmes généraux » présentait deux dangers : celui de laisser entendre que la société était engagée dans la promotion exclusive d'une théorie ou d'un modèle conceptuel alors que l'intention était d'œuvrer à l'émergence d'une unité dans la diversité de la recherche systémique ; et celui de laisser accroire qu'existait déjà une « théorie » digne de ce nom, que la société aurait pour objectif de faire connaître. Elle fut renommée *Society for General Systems Research* (« Société pour la recherche sur les systèmes généraux »), avec le statut d'une « société non lucrative du Michigan ». Ses financements furent dans un premier temps assurés par la Fondation Bostrom et par la vente du *General systems yearbook*¹.

Au cours de la première année de fonctionnement, le rôle de Boulding fut très modeste : il consista, comme ce fut le cas de tous ses successeurs, à organiser la réunion annuelle de la société, qui se tint (telle fut ensuite la tradition jusqu'en 1977) en conjonction avec celle de l'A.A.A.S. (dont il faut noter que Boulding devint président en 1978). L'essentiel du travail (d'édition des *yearbooks* en particulier) fut en fait effectué par Bertalanffy et Rapoport, tandis que Meier s'occupait de la promotion de la société et du recrutement de ses membres. Très active entre 1954 et 1956, l'implication de Bertalanffy dut toutefois vite se limiter strictement au travail d'édition, en raison de son éloignement géographique (il travailla en Californie jusqu'en 1958, puis deux ans au Kansas avant de retourner au Canada de 1961 à 1969). Il fut d'ailleurs absent dès la première réunion du bureau directeur (tenue le 27 décembre 1957 à Indianapolis). Et même s'il conserva jusqu'au 15 mai 1960 le statut de vice-président de la S.G.S.R., c'est Meier, exceptionnellement renouvelé dans sa fonction pour trois ans le 15 mai 1958, qui se substitua à lui pour la plupart des tâches qui lui incombaient². De leur côté, Gerard et Miller se distinguèrent surtout par leur quasi-totale absence d'investissement dans la S.G.S.R. : s'ils en furent membres dès le départ, ils ne contribuèrent jamais directement à son fonctionnement. Ce qui s'explique avant tout par leur intense investissement au M.H.R.I. et dans la

¹ Meier R.L., *General Systems Yearbook* (1957), p. v. Voir aussi *General Systems Bulletin*, vol. III, n°I, mai 1971, p. 46.

² Lettre de Meier R.L. à Bertalanffy L. von (28/01/1958) (avec joint en annexe le compte-rendu de la réunion du 27 décembre 1957) et lettre de Bertalanffy L. von à Meier R.L. (04/03/1958), *Archives du B.C.S.S.S.* Voir aussi Hammond D. (2003), p. 249.

publication d'une revue emblématique du « mouvement systémique » (*Behavioral science*), dont il sera question au 3-4-2-5.

Les adhésions à la S.G.S.R. furent officiellement ouvertes une fois le bureau directeur désigné en mai 1957. Trente-trois des participants à la première réunion de la S.A.G.S.T. fin 1954 (donc environ la moitié) devinrent membres d'emblée. Mais ils représentaient à peine le quart des effectifs de la S.G.S.R. à l'issue de cette première année de fonctionnement, au cours de laquelle furent enregistrées 147 adhésions, dont celles des fondateurs et de Miller bien sûr, mais aussi celles de quatre institutions : le C.A.S.B.S. (dont la plupart des chercheurs de l'année inaugurale adhèrent à la S.G.S.R.), l'université Duke (Caroline du Nord), la clinique Hacker (Los Angeles) et la ville de Chicago.

La liste de ces premiers membres mérite qu'on s'y attarde. On peut en premier lieu constater la part écrasante (91,5 %) de chercheurs travaillant alors aux États-Unis¹. On peut ensuite remarquer la présence de certaines figures académiques de tout premier plan telles que Morris et surtout Piaget, qui incarne la connexion immédiate entre la S.G.S.R. et le mouvement structuraliste. Cette liste reflète plus généralement l'étendue considérable du spectre de spécialités représentées dans la S.G.S.R. Une statistique (nécessairement grossière compte tenu de la difficulté d'« étiqueter » des chercheurs enclins à franchir les frontières de leur discipline d'origine) permet au moins d'avoir une vision quantitative approximative de la répartition initiale des disciplines « conventionnelles », c'est-à-dire académiquement instituées, au sein de la S.G.S.R.². Outre qu'elle manifeste numériquement la diversité initiale de la S.G.S.R., cette statistique sommaire montre une forte représentation des sciences sociales (22,5 %), de la psychologie et de la psychiatrie (19,5 %), ainsi que des sciences biologiques (12,5 %), qui correspondaient au total à plus de la moitié des membres (54,5 % de l'ensemble et 57,5 % des disciplines académiques) : ce phénomène exprime la connexion intime de la société avec le M.H.R.I., le C.A.S.B.S. et donc les « sciences du comportement », cadre dans lequel s'inscrivaient d'ailleurs la plupart des chercheurs concernés. On relève aussi les représentations très significatives de la philosophie (pour moitié en connexion avec le mouvement de « sémantique générale ») et des sciences mathématiques. *A contrario*, les sciences physiques de la nature étaient très sous-représentées (5 %).

Psychologie	11,5 %
Biologie	10,5 %
Philosophie	10 %
Sociologie	8 %
Psychiatrie	8 %
Mathématiques, logique	7 %
Médecine	7 %
Sciences de l'ingénieur	6 %
Gestion, analyse financière	5,5 %
Histoire	4 %
Économie	3 %
Anthropologie, ethnologie	3 %
Physique	3 %
Sciences politiques	2,5 %
Écologie	2 %
Chimie	2 %
Linguistique	2 %
Autres (non scientifiques)	5 %

Se manifestent enfin de manière non négligeable deux catégories, respectivement liées au développement de la cybernétique et à celui de la « recherche opérationnelle », qu'il est désormais en

¹ Il y en avait trois au Canada, trois en Angleterre, deux en Suisse, deux au Mexique, un en Italie et un au Chili.

² Statistique réalisée à partir des listes de membres publiées dans les premiers *yearbooks*. La spécialité dominante a été retenue ; en cas d'existence de deux spécialités combinées de longue date, cette multiplicité a été prise en compte fractionnairement (1/2). C'est le cas de Bertalanffy (biologie et philosophie) et de chercheurs en psychologie sociale (psychologie et sociologie). L'identification des activités de recherche de dix-sept membres s'est révélée impossible et ils n'ont pas été pris en compte. Il semble en fait s'agir dans la plupart des cas d'individus qui n'étaient pas chercheurs, de sorte que cette lacune n'affecte très probablement pas les tendances observées.

usage d'appeler les « sciences de l'ingénieur » et les « sciences de gestion ». On dénombre en fait 3 % de chercheurs qui revendiquaient leur statut de cybernéticiens ou de théoriciens de l'information (Ashby, Quastler, Simon et Frank Fremont-Smith), et 8,5 % (dont McClelland) qui s'affiliaient à la « recherche opérationnelle » (« analyse des systèmes » et « sciences du management » comprises). Même si ces proportions conduisent à nuancer certaines analyses de Hammond¹, il est donc clair que la S.G.S.R. n'était certainement pas à ses débuts un « repaire de cyberscientifiques » : se traduit ici une nouvelle fois que son avènement, comme le projet « systémologique » bertalanffien qui l'inspirait, était essentiellement disjoint de celui des « cybersciences ». Certains représentants de celles-ci avaient d'ailleurs peu auparavant créé leurs propres sociétés, telles que l'O.R.S.A. (*Operations Research Society of America*) en 1952 et T.I.M.S. (*The Institute of Management Science*) en 1953 – l'*American Society for Cybernetics* ayant quant à elle été fondée plus tard, en 1964. Observons malgré tout que la proportion non négligeable de « cyberscientifiques » dans la S.G.S.R. (plus du dixième des effectifs) traduit bien aussi l'existence d'un processus d'intégration naissant entre ces divers mouvements scientifiques, que nous allons voir jouer un rôle considérable dans l'évolution de la société.

Le reste de ce chapitre va être consacré à l'étude des dynamiques conditionnant cette évolution. Cette dernière étude me permettra de dégager les derniers éléments nécessaires à l'analyse du processus de maturation du projet de « systémologie générale » et à l'esquisse de systématisation qui formeront l'objet de ma quatrième partie.

3-4-2 – Les principales dynamiques d'évolution de la S.G.S.R.

3-4-2-1 – Premiers aspects évolutifs : effectifs, internationalisation, activités et représentation des courants du « mouvement systémique »

Le premier aspect de l'évolution de la S.G.S.R. qui mérite d'être considéré est l'évolution quantitative de ses effectifs. Tout indique une évolution analogue... aux courbes bertalanffiennes de croissance, essentiellement suscitée à ses débuts par des publicités dans les revues scientifiques. En effet, le nombre d'adhérents commença par subir une croissance quasi-exponentielle². Meier témoigna ainsi à Bertalanffy fin janvier 1958 que ce nombre avait augmenté de plus de deux cents au cours des quarante jours précédents³. On comptait déjà 456 membres le 1^{er} octobre 1958 et 494 trois mois plus tard. Il y eut toutefois très vite une inflexion, même si les adhésions continuèrent à affluer : le taux de croissance de l'effectif de la société diminua très vite à partir de 1963 pour devenir voisin de zéro, parfois négativement : du milieu des années 1960 jusqu'au terme de son existence en 1988 (date de sa métamorphose en l'*International Society for Systems Sciences*), cet effectif fluctua entre 850 et 1000 adhérents, la S.G.S.R. ayant dépassé les trois quarts de sa taille « adulte » après seulement six ans d'existence. Furent ainsi recensés 659 membres fin 1961, puis 769 fin 1962, 881 fin 1969, 921 fin 1971 et 983 fin 1976. En 1979, l'économiste et « opérationnaliste » Richard F. Ericson (alors président de la société) parla de « statistique troublante », en raison du fait que la relative stabilité apparente dans les années 1970 s'accompagnait d'un perpétuel changement : le taux de renouvellement des effectifs fut de 20 à 25 % tout au long de cette décennie. Et si Ericson compara par ailleurs la S.G.S.R. à un « système ouvert » pour signifier son ouverture aux problématiques sociales, économiques et politiques de son temps, on pourrait plus ironiquement la voir comme un « système ouvert en équilibre de flux » où des arrivants aux attentes souvent démesurées croisaient régulièrement des partants déçus ou mécontents : ces derniers avaient parfois des raisons financières (ils ne payaient pas leur cotisation et étaient radiés) ou d'autres priorités de recherche, mais la plupart d'entre eux quittaient la S.G.S.R.

¹ Hammond D. (2003), en particulier p. 54 : l'auteur prétend que très peu de représentants de la « recherche opérationnelle », des « sciences du management » et de l'« analyse des systèmes » eurent connaissance de l'existence même du projet de « systémologie générale », et que même parmi ceux-là, bien peu s'intéressaient à la S.G.S.R. à cause de la largeur de ses centres d'intérêt.

² L'étude qui suit est fondée en premier lieu sur la liste des membres fournie dans les *General Systems yearbooks* jusqu'en 1962. J'ai pu disposer de la plupart des listes ultérieures (« *Membership rosters* ») grâce aux archives du B.C.S.S.S. Voir aussi Meier R.L., in *General systems yearbook* (1958), p. v ; Weinberg G.M., in *General systems yearbooks* (1962), p. iv et (1963), p. iv ; Rubin M.D., in *General systems yearbooks* (1965), p. iv et (1966), p. iv ; Ericson R.F., in *General systems yearbook* (1969), p. iv ; Ericson R.F., in *General systems bulletin* vol. IX, n°2, Winter 1979, p. 33 ; et Hammond D. (2003), p. 249.

³ Lettre de Meier R.L. à Bertalanffy L. von (28/01/1958), *Archives du B.C.S.S.S.*

en lui reprochant la part disproportionnée accordée aux questions philosophiques dans ses colloques et publications, et le caractère trop abstrait, éloigné de la « réalité », des productions qu'elle soutenait¹.

La croissance des effectifs de la société s'accompagna d'un lent mais net processus d'internationalisation. En effet, la part des représentants des États-Unis, relativement constante dans les premières années, ne cessa par la suite de diminuer : elle restait en 1962 identique à celle de 1957 (91,5 %), mais baissa à 89 % fin 1969, à 84 % fin 1971 et à 76 % fin 1976. Parmi les représentants issus d'autres pays, il faut toutefois remarquer la plus grande part de Canadiens (2 % du total fin 1957, 3 % fin 1962, 4,5 % fin 1969, 5,5 % fin 1971 et 5 % fin 1976) et surtout d'Européens (4 % du total fin 1957, 3,5 % fin 1962, 4,5 % fin 1969, 8 % fin 1971 et 10,5 % fin 1976), ces derniers étant en moyenne représentés pour moitié par des Britanniques. En 1984, 38 nations étaient représentées dans la société.

Une analyse de l'évolution des origines disciplinaires des membres de la société reste à faire. Outre qu'elle serait difficile et très fastidieuse², la seule certitude est qu'elle persisterait à révéler une grande ampleur du spectre des disciplines représentées. Il est très probable que la tendance à une forte représentation des sciences sociales et des sciences biologiques se confirmerait – tel est le cas jusqu'en 1962. Mais on peut aussi faire l'hypothèse qu'une progression significative dans la représentation des « cybersciences » s'y observerait. La considération de la liste des présidents successifs de la S.G.S.R. (élu sur le critère de leurs contributions passées à la « recherche sur les systèmes généraux ») est instructive à cet égard. Il s'y révèle en effet une représentation beaucoup plus modeste des sciences biologiques, de la psychologie, de la psychiatrie et des sciences sociales, avec par contre une sur-représentation manifeste de la cybernétique, de la « recherche opérationnelle », des « sciences du management » et de l'« analyse des systèmes », auxquelles les deux tiers des années de présidence de la société furent rattachées :

Président de la S.G.S.R.	Période ³	Spécialités (recherches, orientation dans le mouvement systémique)
Kenneth E. Boulding	1957-1959	Économie, sciences du comportement, « systémologie générale »
Charles McClelland	1959-1962	« Analyse des systèmes » politiques
William R. Ashby	1962-1965	Psychiatrie, mathématiques, cybernétique
Anatol Rapoport	1965-1966	Mathématiques, sciences du comportement, « systémologie générale »
Peter Caws	1966-1967	Philosophie
John Milsum	1967-1968	Ingénierie du contrôle, cybernétique
Milton D. Rubin	1968-1969	Ingénierie des systèmes de communication, cybernétique
Lawrence B. Slobodkin	1969-1970	Écologie, théorie des systèmes biocénétiques
Bertram M. Gross	1970-1971	Sociologie, sciences politiques, « sciences du management »
Stafford Beer	1971-1972	« Recherche opérationnelle », « management cybernétique »
Margaret Mead	1972-1973	Anthropologie culturelle, cybernétique
James G. Miller	1973-1974	Psychologie, sciences du comportement
Gordon Pask	1974-1975	Psychologie, cybernétique
Kjell Samuelson	1975-1976	Ingénierie des systèmes de communication, cybernétique
Heinz von Foerster	1976-1977	Physique, cybernétique
Geoffrey Vickers	1977-1978	Droit, « analyse des systèmes » sociaux
Richard F. Ericson	1978-1979	Economie, « sciences du management »
Brian R. Gaines	1979-1980	Philosophie, ingénierie industrielle
Robert Rosen	1980-1981	Biologie mathématique, mathématique des « systèmes généraux »
George Klir	1981-1982	Informatique, méthodologie et mathématique des « systèmes généraux »
John N. Warfield	1982-1983	Ingénierie électrique et des systèmes de communication, cybernétique
Karl W. Deutsch	1983-1984	Sociologie, sciences politiques, cybernétique
Bela H. Banathy	1984-1985	Linguistique, sciences de l'éducation
John A. Dillon	1985-1986	Physique
Peter Checkland	1986-1987	« Sciences du management »
Russell R. Ackoff	1987-1988	Philosophie, mathématiques, « recherche opérationnelle »

¹ Ericson R.F., in *General systems bulletin*, vol. IV, n°1, April 1973, p. 7 et in *General systems bulletin* vol. IX, n°2, Winter 1979, p. 33 ; Rubin M., in *General systems yearbook* (1965), p. iv.

² À partir de 1963, les listes de membres de la S.G.S.R. ne donnent aucune indication de leurs spécialités.

³ Les mandats, d'un an à partir du quatrième président (l'idée du mandat de trois ans fut abandonnée) ne correspondaient pas aux années civiles du fait d'élections en cours d'année civile, vers mai.

La S.G.S.R. était certes une libre association de chercheurs, le pouvoir d'orientation de ses présidents restant très limité. Ceux-ci avaient néanmoins, outre une fonction symbolique, la capacité d'initier des collaborations plus ou moins étroites avec d'autres organisations scientifiques, en particulier bien sûr celles représentatives des « cybersciences », et d'influer sur les orientations des colloques et des recherches soutenues par la société. La sur-représentation des « cyberscientifiques » parmi ses présidents n'est donc pas anodine : on peut déjà y suspecter l'indication d'une tendance de la S.G.S.R. à s'émanciper des spécificités du projet « systémologique » général qui avait initié sa formation, voire à le marginaliser, au profit de la promotion d'autres compréhensions de la recherche systémique – que ce soit du point de vue de ses concepts, techniques mathématiques et modèles théoriques directeurs, ou de sa signification scientifico-philosophique et de ses vocations sociales.

La question des poids relatifs à donner aux considérations *théoriques* et aux *applications* techniques et sociétales jouait aussi un rôle ici, qui va se révéler important dans l'évolution de la S.G.S.R. Ses premières années d'existence semblent correspondre à une période de bonne intelligence entre composantes du « mouvement systémique » que cherchait à organiser la société, bien symbolisée par la succession des présidences de Boulding, McClelland et Ashby. L'important était alors d'assurer la pérennité et l'expansion de la S.G.S.R., de favoriser l'expression et l'épanouissement de toutes les tendances existantes, et d'établir des dialogues constructifs entre elles. On observe d'ailleurs très bien jusqu'au début des années 1960 chez Bertalanffy ce souci de respect de la diversité et de conciliation, dans le prolongement des réflexions à ce sujet déjà citées qu'il avait amorcées au C.A.S.B.S. :

La systémologie générale au sens [où je l'ai exposée] n'est pas aujourd'hui la seule direction de recherche qui s'oriente vers la généralisation interdisciplinaire, la communication et la synthèse [...] La voie de la systémologie générale au sens d'une cinétique et d'une thermodynamique généralisées n'est pas la seule possible [à cet égard]. Elle appartient au contraire à un groupe de courants modernes auquel appartiennent aussi entre autres la théorie de l'information, la cybernétique, la théorie des jeux, la recherche opérationnelle. Est commune à ces courants la tendance interdisciplinaire, leur sont différents les modèles conceptuels et les structures mathématiques appliqués. La systémologie *au sens étroit* ne prétend à aucun monopole¹.

Les diverses approches énumérées ne sont pas monopolistiques et ne devraient pas être considérées comme telles [...] Les diverses « théories des systèmes » sont des modèles qui reflètent différents aspects. Elles ne sont pas mutuellement exclusives et sont souvent combinées dans les applications [...] Les différences entre ces théories tiennent aux conceptions modèles et aux méthodes mathématiques particulières appliquées².

Mais l'on peut aussi remarquer deux choses ici. La première est que le simple fait que Bertalanffy juge nécessaire d'insister sur ces aspects ne manque pas de suggérer une sensibilité à la menace que la S.G.S.R. ne devienne le lieu d'une concurrence pour la suprématie entre courants du « mouvement systémique », voire la crainte que les valeurs du modèle « organismique » et de l'approche des « systèmes généraux » par une « cinétique généralisée » ne soient minorées – une crainte qui se devine dans cette remarque :

Nous avons choisi le pluriel « *systems* » pour le titre de notre société afin d'exprimer le fait qu'il y a différentes voies dans l'élaboration d'une théorie générale des systèmes [*allgemeine Theorie von Systemen*], même si je souhaite considérer la systémologie au sens étroit comme un membre central dans ce groupe³.

Plus importante encore, l'introduction (que nous avons déjà vue effectuée en 1956) d'une distinction entre un sens « étroit » et un sens « large » de la « systémologie générale » indique que Bertalanffy n'avait pas renoncé à en faire un projet englobant l'ensemble des « sciences de systèmes », sur les plans scientifico-philosophique et méthodologique. La mise en évidence des ressorts de la dynamique évolutive de la S.G.S.R., qu'il va ici s'agir d'entreprendre, montre en fait qu'elle ne put jouer ce rôle, la sur-représentation des « cybersciences » dans ses présidences n'en étant pas le seul indice.

¹ Bertalanffy L. von (1957c), p. 9. Les italiques me sont propres. Voir aussi (1956c), pp. 7-8.

² Bertalanffy L. von (1962a), p. 4.

³ Bertalanffy L. von (1956c), pp. 7-8.

La croissance de la S.G.S.R. en effectifs alla de pair avec l'expansion et la diversification de ses activités. Celles-ci se limitèrent pour l'essentiel jusqu'en 1961 à l'organisation de sa réunion annuelle et à la publication des *General systems yearbooks* : ses financements conditionnaient ses capacités d'action et, le soutien de la fondation Bostrom n'étant pas assez substantiel, ils avaient presque exclusivement reposé sur les cotisations de ses membres et sur les recettes tirées de la vente des *yearbooks*... à ces mêmes membres.

Mais 1962 inaugura « une nouvelle phase de développement ». Le « combat pour la survie » n'était désormais plus un « problème essentiel » de la S.G.S.R. : son effectif était devenu assez conséquent et les *yearbooks* s'étaient diffusés de plus en plus significativement hors du cercle de ses membres, dans les bibliothèques universitaires et les organisations de recherche¹. Outre Ann Arbor, qui fut bien sûr d'emblée le cœur de la S.G.S.R., des groupes locaux commencèrent à se constituer aux États-Unis : aux trois déjà créés en 1959 (à New York, San Francisco et Boston) s'en ajoutèrent d'autres tout au long des années 1960 dans plusieurs villes (Pittsburgh, Philadelphie, Cleveland et Los Angeles en particulier). Ces initiatives locales suscitérent à la fin de la décennie la création de cinq grandes divisions régionales de la S.G.S.R. aux États-Unis, auxquelles s'ajoutèrent entre la fin des années 1960 et 1974 plusieurs divisions non américaines (Pays-Bas, Royaume-Uni, Europe du Nord, Asie occidentale et Japon). À ce processus de décentralisation se superposa en 1967 la création de quatre premiers « groupes de travail » [*task forces*] de dimension nationale (sur « l'éducation aux systèmes généraux », les « études d'organisation et de management », les « systèmes sociaux » et les « systèmes de santé ») ; le but de ces groupes, qui se multiplièrent dans les années 1970 tout en dépassant les frontières américaines, était de coordonner des travaux appliquant des approches systémiques à des problèmes sociétaux spécifiques. Ces évolutions conduisirent dès 1969 à la transformation de la fonction du vice-président en celle d'un « *managing director* », afin de répondre au « besoin croissant d'une coordination plus continue des affaires de la société ». La décision fut aussi prise la même année d'améliorer la communication entre membres au moyen d'une publication trimestrielle, le *General systems bulletin*. Sa fonction était d'annoncer les colloques et publications susceptibles d'intéresser les adhérents, et de les tenir informés des initiatives prises par la société et par ses membres².

L'effet majeur de ce double processus de « ségrégation » (au sens bertalanffien du terme) et d'intégration au sein de la S.G.S.R. fut de favoriser des initiatives locales bénéficiant de financements autonomes, au soutien desquels la société pouvait contribuer à la mesure de ses moyens, tout en bénéficiant en retour d'une implication accrue des membres concernés au service de ses fins. Des colloques commencèrent dès le milieu des années 1960 à se multiplier, qui furent organisés soit directement par la S.G.S.R., soit en association étroite avec elle, parfois en conjonction avec d'autres organisations scientifiques telles que l'« Association américaine de psychiatrie », l'« Institut des sciences du management », la « Société de recherche opérationnelle » et la « Société de sémantique générale », dont la S.G.S.R. se rapprocha³. Il en fut de même de programmes entièrement voués à la recherche systémique, dont huit s'institutionnalisèrent entre 1967 et le début des années 1970, tous aux États-Unis – dont le *Department of Systems Science* dirigé par Klir à Binghamton, qui fut en fait le seul à s'inscrire significativement et assez fidèlement dans la continuité du projet bertalanffien (les autres étant surtout orientés vers les « cybersciences »)⁴.

La seconde moitié des années 1960 fut pour la S.G.S.R. une période de bonne santé financière, qui lui permit de soutenir cet ensemble d'activités. Mais quelques difficultés apparurent en 1969, qui persistèrent et rognèrent significativement ses capacités d'action et d'expansion. Elle fut en effet confrontée à une combinaison de la stagnation de ses effectifs, dont ses ressources continuaient à

¹ Meier R.L., in *General systems yearbook* (1958), p. v et (1959), p. v ; Weinberg G.M., in *General systems yearbook* (1962), p. iv.

² Weinberg G.M., in *General systems yearbook* (1962), p. iv ; Rubin M.D., in *General systems yearbook* (1964), p. iv ; Ericson R.F., in *General systems yearbook* (1968), p. iv et (1969), p. iv.

³ Voir déjà Meier R.L., in *General systems yearbook* (1958), p. v ; voir aussi Rubin M.D., in *General systems yearbook* (1965), p. iv et Ericson R.F., in *General systems yearbook* (1969), p. iv.

⁴ Voir Klir G.J. (1988) et Hammond D. (2003), p. 251. Il s'agit du *Systems Science Institute* (Louisville, Miller) ; du *Cybernetics Systems Program* (San José) ; du *Social Systems Science Program* (Philadelphie, Ackoff) ; de l'*Institute for Advanced Systems Studies* (Californie) ; du *Systems Science Program* (Portland) ; du *Whole Systems Design Program* (Seattle) ; et du *Saybrook Institute* (San Francisco).

dépendre essentiellement (*via* les cotisations, publications et colloques), et de l'inflation de ses frais de fonctionnement : ses marges bénéficiaires devinrent faibles et elle flirta parfois même avec le déficit¹.

3-4-2-2 – *Le clivage entre recherches purement théoriques et recherches appliquées et la pression pour un investissement dans la résolution des problèmes socio-politiques*

Ces évolutions s'interprètent en partie tantôt comme des expressions, tantôt comme des facteurs d'un mouvement de fond constitutif de l'évolution de la S.G.S.R. auquel j'ai fait allusion plus haut : celui d'un déplacement du centre de gravité des recherches développées en son sein, des constructions théoriques très générales souvent combinées à des considérations méthodologiques et scientifico-philosophiques, vers des « applications », sous la forme de modèles et de techniques inspirés par ces constructions et destinés à résoudre des problèmes spécifiques. Cavallo témoigna de ce mouvement en ces termes en 1979 :

La force intégrative des premiers contributeurs en partie polémiques et charismatiques a dans une large mesure cédé la place à des tentatives de transformer les perceptions et points de vue originels plus élégants [*glamorous*] en techniques bien fondées et utiles pour la résolution de problèmes [...] Il y a eu une transition de ce que l'on pourrait considérer comme des « travaux pionniers » en recherche systémique vers des « efforts industriels »².

La transition vers la recherche d'« applications » de la « recherche sur les systèmes généraux » correspondit pour une large part à ce que l'on peut appeler un processus de « socialisation » de la S.G.S.R., qui conduisit en avril 1974 à une modification de ses statuts³ et dont témoigne bien cette reformulation, dès mai 1971, de ses objectifs officiels⁴ :

Ces dernières années, la Société a été de plus en plus concernée par l'application de la théorie des systèmes généraux à divers problèmes sociétaux et organisationnels. Cet objectif supplémentaire par rapport aux buts originels est manifeste dans le changement de perspectives des réunions annuelles de la Société, dans la nature des articles apparaissant dans ses publications majeures – le *General systems yearbook* – et dans les activités des quatre groupes spécifiques institués depuis 1967.

Sans même encore considérer précisément l'évolution thématique des *yearbooks* (discutée au 3-4-2-4), on peut repérer l'affirmation de plus en plus nette de cette tendance tout au long des années 1960 dans certains des rapports annuels des trésoriers. Sa première manifestation semble en fait dater de 1960 avec Meier ; elle est éclairante puisque s'y révèle la tension existant entre un idéal fondateur qui se trouvait ainsi remis en cause et les nécessités « stratégiques » que certains commençaient déjà à voir s'imposer à la société :

Bien que les membres aient, en plusieurs occasions à ses réunions annuelles, indiqué une préférence pour une petite organisation donnant l'asile à l'idéal d'une communauté de chercheurs, de professeurs et de praticiens ayant un intérêt commun dans la quête d'une compréhension élargie, il est devenu évident que même une organisation « à basse charge » [*low overhead*] doit étendre son revenu lorsqu'elle acquiert des traditions, des fichiers, des contacts et des responsabilités [...] Si les cotisations annuelles doivent demeurer constantes, le cercle doit être élargi⁵.

L'idée qu'une bonne stratégie d'élargissement fût d'orienter la S.G.S.R. vers des applications conformes aux besoins sociaux, économiques et politiques du monde contemporain plutôt que de se concentrer sur des recherches purement théoriques ne commença toutefois à s'affirmer sans complexes qu'à partir du milieu des années 1960. Milton D. Rubin, un ingénieur et « analyste des systèmes »

¹ Rubin M.D., *General systems yearbook* (1965), p. iv et (1966), p. iv ; Ericson R.F., *General systems yearbook* (1969), p. iv. Pour observer les difficultés rencontrées dans les années 1970, voir par exemple le *General systems bulletin*, vol. IV, n°1, Avril 1973 : en 1971 et 1972 le bilan financier de fin d'année permettait à peine plus que d'assurer l'édition du *yearbook* annuel. Voir de même le *General systems bulletin*, vol. VII, n°2, Winter 1977 : le rapport annuel y montre que le bénéfice ne se montait qu'à 3000 \$ grâce à un don de 6000 \$ de la part de la fondation philanthropique Vaughn et que sans ce don, aucun colloque n'aurait pu être organisé par la société. Voir encore le *General systems Bulletin*, vol. X, n°1, Autumn 1979, p. 18, où le bénéfice qui apparaît était entièrement destiné au financement de l'édition du *yearbook* en décembre. D'une manière générale, la S.G.S.R. était en balance positive tout au long de l'année, mais devait dépenser en décembre la quasi-totalité de son bénéfice pour cette édition, ne disposant donc jamais des fonds conséquents nécessaires à l'expansion de ses activités.

² Cavallo R.E. (1979), pp. 6-7.

³ *General systems bulletin*, vol. VII, n°2, Winter 1977, pp. 25-27 pour ces nouveaux statuts.

⁴ « History and purpose of the S.G.S.R », *General systems bulletin*, vol. III, n°1, May 1971, p. 46.

⁵ Meier R.L., in *General systems yearbook* (1960), p. v.

alors secrétaire-trésorier de la société, appela ainsi en 1966 ses membres à valoriser leurs recherches en s'emparant des opportunités fournies par un contexte jugé particulièrement favorable à l'expansion de la S.G.S.R. :

L'année passée a vu une grande augmentation de l'intérêt pour « l'approche systémique ». Une grande part de la stimulation de cette vague récente d'intérêt émane du champ de l'aérospatiale, sous la bannière de l'ingénierie des systèmes, avec une forte pression pour l'introduction de cette méthodologie à des champs sociaux et politiques incluant l'éducation, le crime et la pauvreté. Elle est appliquée au progrès des « nations sous-développées » et surtout aux champs ayant de fortes composantes techniques tels que le transport, la gestion des déchets et la distribution d'information. Avec une telle application de concepts d'un champ à un autre, tout ce domaine devrait certainement être d'un grand intérêt pour les chercheurs sur les systèmes généraux.

Rubin caractérisa ainsi le dilemme auquel la S.G.S.R. se retrouvait selon lui confrontée :

Tandis que le nombre de membres a continué à croître, il apparaît que le taux de croissance s'est amenuisé depuis un certain nombre d'années. Il devrait apparaître qu'à moins que la recherche sur les systèmes généraux ne devienne acceptée en tant que discipline académique ou qu'elle n'embrasse plus les efforts qui viennent d'être décrits, les perspectives de carrière offertes seront insuffisantes pour drainer des gens, qui ne viendront que s'ils cherchent un hobby passionnant¹.

Ericson lui emboîta le pas deux ans plus tard, en invoquant une prétendue « augmentation du taux de croissance dans la perception des concepts systémiques et cybernétiques comme potentiellement féconds et prometteurs d'améliorations eu égard à nos problèmes organisationnels et sociétaux persistants qui vont en s'intensifiant » :

Ceci pourrait impliquer que la Société soit disposée à réviser certaines de ses politiques traditionnelles, et à considérer si elle devrait assumer un rôle plus actif et participatif que celui qu'elle a historiquement cherché à jouer².

Un témoignage du même Ericson daté de 1973 montre néanmoins que la tendance dont il est question ici ne parvenait pas encore à s'imposer comme ligne directrice. Il révèle en fin de compte l'existence d'un antagonisme à la fois profond et durable au sein de la S.G.S.R. :

L'apparent besoin d'accroître la connaissance du point de vue des systèmes généraux et de la mettre en œuvre dans beaucoup de domaines de l'action humaine a amené certains parmi nous à chercher à augmenter la visibilité de la Société dans le monde, dans divers contextes organisationnels. Mais il y a toujours eu un nombre assez élevé de membres de la Société insistant sur l'idée qu'elle devrait rester une organisation de *recherche*, au sens où elle cherche à promouvoir et à rendre compte de la recherche sur les systèmes généraux en tant que champ d'intérêt intellectuel et académique. Il y a ainsi eu historiquement un corps d'opinion respectée au sein de la Société, qui soutient que nous devrions rester un petit club de gens aux esprits accordés, interagissant avec fécondité. Mais comme le savent les membres, notre politique ces dernières années a consisté à essayer de satisfaire les deux ensembles d'attentes : nous poursuivons activement un processus de croissance et de développement significatif – *via* notre infrastructure de divisions régionales par exemple – tout en maintenant à un haut niveau les critères d'appartenance à la société³.

Les partisans de l'orientation vers une recherche appliquée, et plus particulièrement appliquée aux problèmes sociétaux, réussirent malgré tout progressivement à faire prévaloir leur point de vue. Une première manifestation emblématique en fut l'admission en 1970 de la S.G.S.R. en tant qu'organisation non gouvernementale affiliée à l'U.N.E.S.C.O. : ce sceau institutionnel lui permit déjà de gagner en légitimité auprès des organisations scientifiques ou autres de par le monde, tout en incitant les membres de la société à se tourner vers les problèmes spécifiques à la résolution desquels se consacrait l'institution internationale⁴. Cette connexion devint plus intime en 1973 : tandis que ce premier statut (de catégorie C) s'était limité à impliquer une relation fondée sur des échanges d'information, la S.G.S.R. fut en effet promue cette année là en catégorie B, un nouveau statut qui en faisait un membre *consultatif* du « conseil économique et social » (ECOSOC) des Nations Unies, avec

¹ Rubin M.D., in *General systems yearbook* (1966), p. iv.

² Ericson R.F., in *General systems yearbook* (1968), p. iv.

³ Ericson R.F., in *General systems bulletin*, vol. IV, n°1, April 1973.

⁴ *General systems bulletin*, vol. II, n°2, June 1970, p. 18.

entre autres avantages de la rendre éligible à des subventions et de favoriser ses contacts avec d'autres organisations internationales¹. Que la tendance dont Rubin et Ericson furent des instigateurs se soit renforcée ensuite tout au long des années 1970, en témoignent tant le très volumineux recueil collectif édité par Klir en 1979 consacré aux « récents développements et tendances » de la « recherche appliquée sur les systèmes généraux » [*Applied general systems research*]² que les deux colloques internationaux organisés par la S.G.S.R. en 1978 à Washington et en 1979 à Londres, respectivement intitulés : « Éviter les catastrophes sociales et maximiser les opportunités sociales : le défi des systèmes généraux » et « Améliorer la condition humaine : qualité et stabilité dans les systèmes sociaux »³. Klir fut enclin à apercevoir dans ces deux colloques des « manifestations récentes de la tendance de la Société au cours des dernières années à promouvoir l'utilisation de concepts systémiques et cybernétiques dans les affaires humaines »⁴. Une promotion dont il expliqua en ces termes la signification « stratégique » :

Les activités de la S.G.S.R. devraient de manière prédominante s'orienter vers l'objectif d'une reconnaissance de la recherche sur les systèmes généraux comme champ respectable d'étude par la communauté scientifique et professionnelle, et par d'autres organisations sociales et politiques.

Selon Klir, la S.G.S.R. « devait » en particulier à cette fin « développer des programmes thématiques au travers desquels la signification pragmatique de la recherche sur les systèmes généraux » pourrait être « démontrée et testée dans des domaines où l'on en a besoin »⁵.

Les tendances évolutives de la S.G.S.R. repérées dans cette sous-section se confirment-elles dans les travaux de recherche qu'elle publia ? Et si oui, de quelle manière ?

3-4-2-3 – *Les General systems yearbooks, forum de la S.G.S.R.*

Trois publications furent éditées par la S.G.S.R. : le trimestriel *General systems bulletin*, à partir de 1969, dont j'ai dit le rôle purement informatif et organisationnel et qui ne contenait donc aucun article de recherche ; le bimestriel *Behavioral science*, à partir de 1973, dont les liens avec la société seront discutés au 3-4-2-5 ; et les *General systems* annuels, sur lesquels portera naturellement en premier lieu ici la discussion : Klir affirma en 1979 que « les deux premières décennies du mouvement sur les systèmes généraux sont caractérisées et peuvent être jugées par le contenu de *General systems* dans cette période »⁶, et cette affirmation mérite à tout le moins d'être confrontée à l'épreuve des faits.

La série des *yearbooks* contient 28 volumes : le premier fut édité en 1956 et le dernier en 1983-1984. Que le dernier volume ait correspondu à deux années et que l'édition ait ensuite été abandonnée avant même la transition de la société vers l'I.S.S.S. suggère l'existence de difficultés. On peut déjà repérer le rôle important que joua à cet égard la défection de Rapoport fin 1977, qui apparaît comme un moment important dans l'histoire de la société en général et dans celle des *yearbooks* en particulier, plus encore que le décès de Bertalanffy en 1972. Ce dernier donna certes une impulsion initiale décisive et fut légitimement investi en 1973 du statut de fondateur de *General systems*⁷, demeurant de son vivant toujours inscrit comme premier éditeur avant le mathématicien. L'essentiel du travail d'édition (principalement la sélection d'articles pertinents du point de vue des vocations de la S.G.S.R., et éventuellement leur traduction en anglais) fut néanmoins accompli par Rapoport de 1956 à 1977 : l'éloignement géographique de Bertalanffy par rapport à Ann Arbor et ses propres contraintes de recherche limitèrent vite son investissement. De grandes difficultés furent rencontrées pour trouver un remplaçant à Rapoport lorsqu'il démissionna (avant d'être à son tour investi du statut de fondateur, en 1980) et assurer la continuité du travail d'édition, bien qu'il ait annoncé dès la fin

¹ Rapoport A., in *General systems yearbook* (1973), pp. vii-viii.

² Klir G.J. (ed.) (1979). Le recueil avoisine le millier de pages et contient 74 articles, dont une minorité de discussions épistémologiques et méthodologiques et une majorité d'exposés de modèles destinés à résoudre des problèmes spécifiques en biologie et en sciences sociales.

³ Respectivement : "Avoiding social catastrophes and maximizing social opportunities : the general systems challenge" (13-15 février 1978) et "Improving the human condition : quality and stability in social systems" (20-24 août 1979).

⁴ Klir G.J., in *General systems bulletin*, vol. VIII, n°3, Spring-Summer 1978, p. 14.

⁵ Klir G.J., in *General systems bulletin*, vol. VIII, n°2, Winter 1978, p. 4. Les italiques me sont propres dans la citation.

⁶ Klir G.J., in *General systems yearbook* (1979), p. iv.

⁷ En première page de tous les *yearbooks* à partir de 1973 figure la mention : « fondé par Ludwig von Bertalanffy ».

1976 sa volonté de jeter l'éponge¹. Boulding s'en chargea en 1978, avant d'être relayé par Brian Gaines (alors directeur de la S.G.S.R.) en 1979 puis par l'informaticien Rammohan K. Ragade de 1980 à 1984.

Les *yearbooks* avaient essentiellement une fonction de communication à l'intérieur de la S.G.S.R. En 1957, Bertalanffy et Rapoport définirent *General systems* comme un « véhicule de communication des divers points de vue » ou encore comme un « forum », à une époque où aucun critère de compétence professionnelle n'avait encore été établi dans le champ de la « recherche sur les systèmes généraux » et, surtout, où celle-ci signifiait « beaucoup de choses différentes pour des personnes différentes ». Les éditeurs plaidèrent alors pour « un esprit de tolérance mutuelle », invitant les membres de la société à prendre acte de la diversité de leurs attentes et d'intérêts pour les « systèmes généraux » qui allaient « des préoccupations pour les déductions purement mathématiques » à « la pure spéculation philosophique », et à fournir l'effort de compréhension nécessaire pour que ce « forum » soit en mesure d'enrichir la « recherche sur les systèmes généraux » et de servir effectivement les objectifs qu'ils avaient assignés à la S.G.S.R. Ce faisant, ils caractérisèrent aussi bien *General systems* comme un champ d'« expérimentation conceptuelle » :

Le lecteur non-mathématicien est encouragé à contrôler sa possible répugnance pour les pages d'équations. D'un autre côté, le mathématicien est encouragé à réfréner son impatience vis-à-vis de l'utilisation métaphorique de la terminologie théorético-systémique. L'expérimentation avec des idées doit toujours s'inscrire dans le cadre d'efforts interdisciplinaires. Les exigences persistantes de rigueur, de clarté et de vérifiabilité tuent parfois les idées avant même qu'elles aient eu une chance de porter leurs fruits².

Une dizaine d'années plus tard, Bertalanffy et Rapoport insistèrent sur un aspect spécifique important de la fonction de communication des *yearbooks* : celle d'un *medium* international favorisant les échanges scientifiques par-delà les frontières (culturelles... et politiques), et permettant par-là même d'enrichir la « recherche sur les systèmes généraux ». Une connexion significative, dont les origines seront en partie fournies dans la prochaine sous-section, s'était en particulier s'établie dès la fin des années 1950 avec les systémiciens du « bloc de l'Est » (surtout en U.R.S.S., mais bientôt aussi en Tchécoslovaquie, où un groupe très actif, K. Vasspeg, s'établit dans la première moitié des années 1960 autour de Klir³). Rapoport joua dans cette connexion un rôle essentiel, notamment de traducteur. Elle se concrétisa par la publication de plusieurs articles issus de ce « bloc » dans *General systems*⁴ :

Une importante fonction du *yearbook* est de servir de *medium* traversant les frontières entre pays et qui, au travers de la traduction, dépasse même certaines barrières de langage. L'attrait pour une perspective systémique générale [*general systems outlook*] en Europe centrale et de l'Est, en Grèce ou au Japon a des racines tout-à-fait différentes à celle qu'elle a dans les pays anglophones. En chaque lieu les chercheurs ont eu à combattre différents types d'archaïsmes, et les sujets qu'ils choisissent pour leurs analyses ainsi que les styles qu'ils utilisent afin d'accomplir leurs objectifs, enrichissent la littérature d'une manière très surprenante⁵.

Bertalanffy et Rapoport choisirent dans un premier temps de faire pour l'essentiel de chaque *yearbook* un recueil d'articles déjà publiés ailleurs (en général récemment, mais parfois datés de plusieurs décennies) qu'ils sélectionnaient sur la base de l'importance de leur contribution au progrès de la « recherche sur les systèmes généraux ». Une part croissante fut toutefois accordée au cours des années à des articles inédits et trop originaux dans leur perspective pour trouver une autre revue adéquate disposée à les éditer :

¹ Vickers G., in *General systems bulletin*, vol. VII, n°1, Automn 1976.

² Bertalanffy L. von & Rapoport A., in *General systems yearbook* (1957), p. xi. Voir aussi Rapoport A., in *General systems yearbook* (1977), p. v pour la caractérisation de bon nombre d'articles publiés dans *General systems* comme des « expérimentations conceptuelles ».

³ Klir G.J. (1988), p. 147 en particulier. K. Vasspeg était un acronyme construit à partir des noms des six membres du groupe : Klir, VAlach, Sehnal, Spiro, PElikan, Gecsei. Ils travaillèrent ensemble entre 1960 et 1964 à l'Institut de recherche informatique de Prague, s'intéressant de près aux problèmes philosophiques, mathématiques et méthodologiques associés à la cybernétique et à la recherche systémique en général.

⁴ Cinq articles de chercheurs soviétiques furent traduits en anglais dès *General systems* (1960) (pp. 171-235, notamment Lektorsky V.A. & Sadoovsky V.N. (1960) et Kremyanskiy V.I. (1960)). Deux articles du linguiste soviétique Georgij S. Scur furent traduits dans *General systems* (1965) et (1966). Un article de Klir fut publié dans *General systems* (1965) (Klir G.J. (1965)) avant même son arrivée aux États-Unis (en 1966). Furent ensuite publiés une traduction de Schredrovitsky G.P. (1968), puis en 1972 celles de quatre articles d'origine soviétique, dont Sadoovsky V.N. (1972) et un nouvel article de Scur.

⁵ Bertalanffy L. von & Rapoport A., in *General systems yearbook* (1968), p. v.

Le *yearbook* devient de plus en plus un *medium* pour la présentation d'articles originaux contenant des idées trop larges en étendue pour être adéquats aux journaux scientifiques classiques. De tels articles embrassent des sujets qui rencontrent les intérêts d'audiences plus larges¹.

Le nombre d'exemplaires édités et vendus suivit naturellement la courbe de croissance des effectifs de la S.G.S.R. : le premier volume se vendit à 240 exemplaires, le second à 308, et l'ordre d'impression fut porté à 1200 exemplaires pour le troisième². On observe que ces nombres étaient chaque fois sensiblement supérieurs à l'effectif contemporain, avec un écart croissant ; ce qui signifie que *General systems* toucha très vite un public extérieur à la S.G.S.R., dont la composition reste à étudier. Quoiqu'il en soit, le fait est que les fruits de cette ouverture commencèrent à se manifester au début des années 1960. Weinberg rapporta ainsi que le nombre de demandes de citation des *yearbooks* dans d'autres publications s'était multiplié par trois en 1963. Il évoqua par la même occasion un afflux constant de demandes de réimpression des volumes antérieurs depuis plusieurs années³ (probablement en partie issues de bibliothèques universitaires), qui suggère l'existence d'un intérêt soutenu de bon nombre de lecteurs dès lors qu'ils découvraient *General systems*. En relation avec ce qui a été dit plus haut, il faut à ce sujet relever aussi une diffusion jusqu'en U.R.S.S., où une version russe du *yearbook* apparut en 1970, étape importante de l'échange original initié une dizaine d'années plus tôt et qui en fut un symbole très fort – la communauté des systémiciens soviétiques ayant, selon Rapoport, eu une bien plus grande familiarité avec la littérature occidentale que les systémiciens occidentaux n'en eurent avec leur homologue⁴.

La politique éditoriale de Bertalanffy et Rapoport suivait des règles conformes à leur vision de la « systémologie générale ». L'une des plus importantes fut explicitée comme suit :

Un article qui s'ajustait bien à l'une quelconque des disciplines académiques établies, c'est-à-dire traitant pour l'essentiel d'un domaine spécifique de contenu, employant une méthodologie classique et évitant les généralisations à d'autres domaines en apparence non connectés était dans la plupart des cas jugé comme non conforme à l'espace de *General systems*. Ceci ne fut toutefois pas la seule considération. Plusieurs articles à « contenu unique » furent publiés dans le *yearbook* s'ils portaient l'empreinte de l'« approche systémique »⁵.

Une autre règle était la place primordiale accordée aux questions de logique, de méthodologie et d'épistémologie, les articles concernés étant systématiquement placés au début des volumes. Rubin en a parfaitement résumé le motif en ces termes :

Du point de vue de la philosophie sous-jacente à la systémologie générale [*general system theory*], la question de savoir si le matériel devrait être organisé par méthode ou par contenu a reçu une réponse en faveur de la méthode, car la systémologie générale vise presque par définition l'application de méthodes efficaces au travers de différents contenus de recherche⁶.

Bertalanffy et Rapoport n'hésitèrent par ailleurs pas, et ce dès leur préface au premier volume, à insister sur l'importance que revêtait pour eux le caractère spéculatif des articles qu'ils choisissaient de publier ; loin d'être rédhibitoire comme il l'aurait été pour le bureau éditorial d'une revue « classique », ce caractère était pour eux fondamental. Et il est intéressant d'observer qu'ils invoquèrent un argument fameux de Whitehead pour se justifier :

La spéculation fait résolument partie du programme de l'approche systémologique générale [*general systems approach*]. En effet, cette approche fut largement inspirée par l'avertissement de Whitehead selon lequel la science du vingtième siècle vivait toujours largement sur le capital intellectuel du dix-septième siècle, qui est proche de l'épuisement⁷.

Bertalanffy et Rapoport étaient conscients du risque, mais ils se montrèrent résolument optimistes dans la préface du cinquième volume, jugeant leur prise de risque justifiée. On peut peut-être apercevoir

¹ *op.cit.* Voir aussi Rapoport A., in *General systems yearbook* (1977), p. v pour un commentaire confirmant cette évolution.

² Meier R.L., in *General systems yearbook* (1958), p. v.

³ Weinberg G.M., in *General systems yearbook* (1963), p. iv.

⁴ Bertalanffy L. von & Rapoport A., in *General systems yearbook* (1970), p. v. Voir aussi Rapoport A., in *General systems yearbook* (1977), p. v, qui insiste sur « l'intérêt considérable pour l'approche systémique rencontré en U.R.S.S. ».

⁵ Rapoport A., in *General systems yearbook* (1977), p. v.

⁶ Rubin M.D., in *General systems yearbook* (1964), p. v.

⁷ Bertalanffy L. von & Rapoport A., in *General systems yearbook* (1956), p. v.

dans leur position, surtout en ce qui concerne Rapoport, le modèle que constituait pour eux le *Journal of mathematical biophysics* édité par Rashevsky :

Comme d'habitude, ni l'orthodoxie, ni la complexité d'une connaissance spécialisée, ni la rigueur du raisonnement n'ont été prises comme critère de choix, au contraire de l'audace imaginative et de l'originalité. Il est inévitable, donc, que bon nombre d'articles publiés dans *General systems* se révéleront éphémères. Néanmoins, si une fraction limitée est jugée par la postérité comme ayant anticipé d'importants développements futurs, les éditeurs se sentiront amplement récompensés¹.

Enfin, les éditeurs affirmèrent d'emblée leur volonté de réserver une place éminente aux articles oeuvrant au développement de « modèles mathématiques de systèmes généralisés » susceptibles d'être confrontés aux problématiques issues des sciences sociales et du « comportement ». L'objectif était explicitement d'orienter la « recherche sur les systèmes généraux » vers une contribution à la mathématisation de ces sciences. Et l'argument fourni est fondamental dans la justification du lien étroit qu'avait établi Bertalanffy dès ses premiers articles fondateurs entre « systémologie générale » et mathématisation :

L'utilité de modèles mathématiques de systèmes généralisés se maintient ou tombe avec leur application à la science sociale et comportementale. Il n'y a besoin d'aucun argument pour convaincre le physicien de l'utilité des modèles mathématiques, car ils sont la véritable base de la théorie physique. Le biologiste, s'il n'est pas un vitaliste, admettra (ou en tous cas devrait admettre) qu'il vaut au moins en principe la peine d'essayer d'étendre les méthodes mathématiques à l'étude des événements impliqués dans les processus vitaux [...] L'excursion la plus controversée des méthodes mathématiques a été dans la science sociale. C'est précisément l'absence de contenu des mathématiques qui, aux yeux des partisans de théories de systèmes généralisés, rend les méthodes mathématiques *universellement* utiles. Cette conviction est soumise à un test sévère dans l'évaluation du rôle des modèles mathématiques en science sociale. C'est pourquoi une science sociale et comportementale mathématisée occupe une position charnière dans l'approche systémologique générale².

Disposer de ces critères de sélection ne fut toutefois pas suffisant pour assurer une politique éditoriale irréprochable. Et Rapoport, considérant rétrospectivement les articles publiés dans *General systems* avec une remarquable lucidité critique, fut conduit à partir de 1972 à admettre des erreurs de jugement. Il en donna l'explication en évoquant les difficultés considérables qu'il avait rencontrées avec Bertalanffy pour la sélection des articles, en raison même de leur vocation exploratoire et du manque de critères d'évaluation et de validation ; ce faisant, il reconnut aussi au passage l'ambivalence problématique de la fonction méthodologique des isomorphismes mathématiques dans la construction « systémologique » de théories qui, comme je l'ai montré au 3-1-3-2, avait été relevée par Hempel dès 1951 :

Où tracer la ligne entre les analogies éclairantes et trompeuses ou stériles est une question qui a maintenu les éditeurs de *General systems* dans un dilemme chronique. Le degré de rigueur d'une analogie proposée n'était pas un problème. Dans les isomorphismes mathématiques entre deux théories ou plus, nous avons des exemples d'analogies complètement rigoureuses. Par leur nature même, elles ne peuvent toutefois être trouvées que dans des théories mathématisées, qui sont typiquement les produits finaux de conceptualisations théoriques plutôt que le fil du rasoir. Si la pensée systémologique générale [*general systems thinking*] est destinée à rejeter des idées stimulantes – pour ne pas dire provocantes, une attention doit être portée aux entreprises hasardeuses de pensée analogique qui ne satisfont pas les critères de rigueur. En définitive, les éditeurs ont probablement tendu à errer du côté de l'indulgence en publiant des articles voués à des analogies spéculatives désinhibées [...] Le ridicule arrive facilement. Mais tout est facile à ridiculiser [...] La chose importante à reconnaître est que l'éventail de célébration de la physique mathématique au mythe est un spectre continu, et qu'il en va de même de l'éventail de la perspicacité scientifique à la paranoïa³.

La réflexion de Rapoport à ce sujet se poursuivit dans sa dernière préface de 1977, avec un sens de l'humour, de l'auto-dérision et du sarcasme qui forcent le respect. Un fait particulièrement

¹ Bertalanffy L. von & Rapoport A., in *General systems yearbook* (1960), p. xvii.

² Bertalanffy L. von & Rapoport A., in *General systems yearbook* (1956), p. v.

³ Rapoport A., in *General systems yearbook* (1972), p. ix.

remarquable ici est que la question problématique du statut « théorique » même de la « systémologie générale » était soulevée sans détour :

Bien que la politique éditoriale guidant les vingt-deux premiers volumes ait été tout-à-fait cohérente, elle n'a pas été facile à définir. Les « systèmes généraux » ne constituent pas un « champ » bien défini dans lequel une tradition et des critères établis de compétence méthodologique et d'importance de contributions fournissent des normes pour accepter ou rejeter les articles soumis. Il n'a pas non plus été possible de tracer clairement l'étendue du *General systems yearbook*. Puisque l'objet des systèmes généraux est par définition potentiellement interdisciplinaire, cette étendue ne pouvait pas être délimitée par contenus [...] Néanmoins, puisque le concept d'étendue implique des frontières, des critères devaient être établis, au moins pour exclure des articles soumis à publication [...] L'« approche systémique » est ce qui a été le plus difficile à évaluer en termes de signification de la contribution [...] Elle était supposée stimuler de nouveaux modes de pensée sur la plus vaste étendue de contenus. Mais *comme il n'y a aucune « théorie » au sens (scientifique) convenu du terme, des critères de validation ne purent être appliqués*. Et beaucoup d'articles situés aux confins de l'« expérimentation conceptuelle » trouvèrent un foyer dans les pages de *General systems*, que ce soit à juste titre ou non, seul le temps le dira. Indiscutablement, la plupart d'entre eux sombreront dans l'oubli, comme le feront la vaste majorité de tous les articles actuellement publiés dans l'avalanche de l'explosion de publications. Il peut être une consolation de remarquer que cette explosion ne rivalise pas encore avec l'extravagance de la nature : parmi les quelques 85 millions de spermatozoïdes éjaculés au cours de l'acte sexuel humain, l'un d'entre eux produit à l'occasion une nouvelle vie¹.

3-4-2-4 – Une étude des tendances globales des articles publiés dans *General systems*

L'exploration de l'ensemble des productions publiées dans les *yearbooks* est impossible à entreprendre ici. Certaines d'entre elles ont déjà été considérées au 2-2 lorsqu'il s'est agi des relations entre perspectivisme et concept de système, et certaines le seront encore dans la fin de ce travail. Mais bon nombre ne seront pas même évoquées. Mon objectif ici va consister, au moyen d'une approche statistique là encore, à étudier l'existence éventuelle de certaines tendances caractéristiques.

Ma première étude a été effectuée avec l'objectif de dégager une vision d'ensemble des contributions publiées dans *General systems* du point de vue de leurs thématiques dominantes. Comme dans le cas de celle des spécialités disciplinaires dominantes des premiers membres, une telle étude classificatrice est par définition périlleuse compte tenu de l'essence même de la « recherche sur les systèmes généraux ». Elle n'est toutefois ni aberrante, ni impossible, les éditeurs ayant eux-mêmes tant bien que mal structuré chacun des volumes en rangeant les diverses contributions dans des rubriques propres à chaque volume telles que « vision d'ensemble », « métascience », « méthodologie », « systèmes biologiques », « psychiatrique et anthropologique », « organisation sociale », « conflit », « dynamique des populations », « processus évolutifs », « approche systémique en psychologie », « recherche de principes généraux de comportement systémique », « exploration de modèles mathématiques », « politique et organisationnel », « cognition et décision », « théorie du contrôle », « théorie des jeux », « cybernétique et théorie de l'information », « social et psychologique », etc. Un parcours de l'ensemble des articles de recherche² m'a permis de dégager une liste thématique où tous me semblent pouvoir être rangés de manière relativement satisfaisante, qui fournit ainsi le matériel d'une étude statistique certes approximative, mais suffisante pour satisfaire l'objectif poursuivi. La part occupée par une thématique donnée³ dans les *yearbooks* successifs y a été calculée : les résultats sont fournis dans l'annexe 3-4-2-4.

L'examen des détails de ces résultats fournit plusieurs observations :

¹ Rapoport A., in *General systems yearbook* (1977), p. v. Les italiques me sont propres.

² Les revues de livres, hommages à des membres disparus, préfaces et éditoriaux ont été exclus de l'étude.

³ Une distinction a été faite entre des « approches et modèles systémiques généraux » s'inscrivant malgré tout dans un champ disciplinaire plus ou moins vaste, et des résolutions de problèmes spécifiques : dans le premier cas, les approches et modèles concernés portent sur des classes de problèmes (par exemple le conflit, la régulation homéostatique ou l'évolution), tandis que dans le second cas les problèmes traités sont très spécifiques (par exemple l'organisation des hôpitaux ou l'étude d'un groupe social particulier). Une distinction a aussi été faite entre « systèmes généraux transdisciplinairement interprétés » et « systèmes généraux abstraits » : les seconds, que je qualifierai aussi pour cette raison dans ma quatrième partie de « systèmes généraux ininterprétés », n'ont aucune interprétation particulière, sont dépourvus de contenu spécifique et ne sont rattachés à aucune discipline ; tandis que les premiers s'attachent à élaborer des modèles systémiques applicables à plusieurs champs disciplinaires distincts (en général deux ou trois) bien déterminés.

- (1) Une représentation importante, en dépit des fluctuations, des articles consacrés à la philosophie générale de la recherche systémique (« systémologie générale », vocations, liens entre composantes du « mouvement systémique », aspects métaphysiques, etc.) et surtout aux questions épistémologiques et méthodologiques ; une représentation qui manifeste même une tendance sensible à l'augmentation au cours des années.
- (2) Une rare réflexivité quant à l'impact socio-politique de la recherche systémique et ses relations avec les questions axiologiques et praxéologiques.
- (3) Des fluctuations considérables des représentativités des « systèmes généraux » abstraits, non interprétés dans des contextes particuliers, avec une absence totale dans la période 1958-1961, alors que la construction de tels systèmes constituait un objectif majeur du projet « systémologique » général. Leur représentativité apparaît néanmoins globalement assez conséquente.
- (4) Les importantes fluctuations et la baisse tendancielle de la représentativité des « systèmes généraux » interprétés sur la base de mathématisations dans différents contextes, qui constituaient pourtant les expressions par excellence de l'usage méthodologique d'isomorphismes « exacts » dans la modélisation systémique. Des fluctuations importantes peuvent également être relevées pour les « systèmes généraux » interprétés sans mathématisation, eux aussi emblématiques du concept bertalanffien d'isomorphisme (au sens large).
- (5) La baisse tendancielle et, dès le début des années 1960, la relative faiblesse des représentativités des approches et modèles systémiques généraux ou spécifiquement appliqués qui concernaient plus particulièrement les sciences biologiques, l'écologie ou la dynamique des populations.
- (6) L'importance globale de la représentativité des approches et modèles systémiques dans le domaine des « sciences du comportement » et, jusqu'à la démission de Rapoport tout au moins, l'importance particulière de ceux consacrés à des problématiques propres aux sciences politiques, dont une bonne partie concernait la « course aux armements ».
- (7) La faible représentativité des articles consacrés à l'ingénierie des systèmes, du point de vue théorique et plus encore du point de vue des applications.
- (8) La très faible représentativité des articles consacrés au traitement systémique de problèmes spécifiques jusqu'en 1962, puis leur apparition relativement fréquente quoique minoritaire à partir de 1963, dans des domaines divers (surtout les sciences sociales, et plus particulièrement les sciences politiques).

Ont pu être mises en parallèle les évolutions des représentativités : (1) des questions philosophiques, épistémologiques et méthodologiques ; (2) des « systèmes généraux » ; (3) des approches et modèles systémiques généraux bien qu'orientés vers certains champs disciplinaires particuliers ; et (4) des traitements systémiques de problèmes spécifiques (voir le graphique dans l'annexe 3-4-2-4). La relative constance de la forte représentativité de la première catégorie, surtout au cours de la dernière décennie, est l'expression de la difficulté de définir les concepts, méthodes et objectifs de la « recherche sur les systèmes généraux », et plus encore peut-être celle de lui donner une unité. On remarque aussi, outre ses grandes fluctuations, une certaine modestie relative de la représentativité des élaborations de « systèmes généraux » à proprement parler, au regard du fait qu'elles constituaient un objectif majeur des fondateurs. Il apparaît qu'un nombre en fin de compte important de productions publiées dans les *yearbooks* furent en fait en elles-mêmes peu marquées par un souci de transdisciplinarité, même si certains concepts et principes transdisciplinaires y étaient récurrents sous des déclinaisons diverses.

Une autre étude du corpus de *General systems* est instructive : son résultat est masqué dans les catégorisations choisies dans l'étude précédente. Elle concerne la part de la représentation de la « recherche opérationnelle », de l'« analyse des systèmes » et des « sciences du management », « disséminée » dans les articles consacrés à la philosophie générale de la recherche systémique, à l'épistémologie et à la méthodologie, aux approches et modèles systémiques en « sciences du comportement » orientés vers l'économie ou les sciences politiques, et aux théorisations générales de l'organisation sociale, ainsi que dans bon nombre de ceux qui visaient la résolution de problèmes spécifiques. Trois thématiques ont été retenues pour observer l'évolution de cette représentativité, sous les rubriques « management industriel ou administratif », « stratégie politique sociale ou économique,

régionale ou nationale » et « stratégie politique internationale – stratégie militaire »¹. En conjonction avec ceux de la précédente étude, les résultats, présentés dans l'annexe 3-4-2-4, semblent remettre en question ceux concernant les tendances évolutives de la S.G.S.R. établis au 3-4-2-1 ainsi qu'une thèse soutenue par Hammond que ces résultats ont en fin de compte largement corroborée ; à savoir que le centre de gravité des recherches valorisées au sein de la S.G.S.R. aurait progressivement glissé de la biologie, des « sciences du comportement » et de la philosophie des sciences – c'est-à-dire les principaux centres d'intérêt des fondateurs de la S.G.S.R. – vers l'« analyse » (ou l'« ingénierie ») des systèmes et les problèmes de management économique et industriel. C'est-à-dire plus profondément que la société serait passée d'objectifs théoriques visant à *comprendre* le monde en général à des objectifs instrumentalistes visant à *changer* le monde *humain* en oeuvrant à la rationalisation du fonctionnement des organisations (entreprises, administrations, états), de la planification et de la prise de décision au service d'un développement optimal du modèle social, économique et politique occidental². Une tendance dont un jugement emblématique atteste l'existence, au moins à l'orée des années 1970 :

L'objectif de l'analyse des systèmes et de la recherche opérationnelle est en premier lieu de recommander des politiques plutôt que simplement comprendre et prédire³.

Outre les faits que la représentativité des sciences biologiques dans *General systems* est dès 1960 devenue faible, que celle des questions philosophiques s'y est aux fluctuations près toujours maintenue vigoureuse et que les « sciences du comportement » y ont, là encore par-delà les fluctuations, globalement constitué une part majeure des articles publiés dans *General systems*, on ne relève en effet dans les *yearbooks* aucune progression particulière de la représentativité de ce pôle plus « instrumentaliste » de la « recherche sur les systèmes généraux » que constituaient la « recherche opérationnelle », l'« analyse des systèmes » et les « sciences du management ». Il est vrai que très minoritaire voire inexistant dans les *yearbooks* au cours des trois premières années, ce pôle s'est ensuite très vite imposé comme une composante incontournable, dont la représentativité a dès lors fluctué autour d'une moyenne de 20 % sans jamais être négligeable. Mais il serait erroné d'affirmer qu'il aurait investi ces productions constitutives de l'identité de la S.G.S.R. qu'étaient les articles de *General systems* au point d'imprimer une marque prédominante aux *yearbooks*.

Il n'y a pas pour autant lieu de voir dans ces résultats une contradiction avec ce qui a été dit des tendances évolutives de la S.G.S.R. Paradoxalement, la recherche d'une explication de ces résultats conduit même à y voir une confirmation des tendances en question. L'explication qui me semble pertinente est en effet que l'affirmation de Klir citée en introduction du 3-4-2-3 doit être significativement nuancée : *General systems* n'est en fait que *partiellement* représentatif des centres d'intérêt et des productions réalisées au sein de la S.G.S.R. ; les *yearbooks* furent plutôt l'expression de compromis entre les différentes composantes de la société qu'arbitrèrent Bertalanffy et Rapoport dans leur politique éditoriale, avec une volonté de maintenir le cap des objectifs qu'ils avaient initialement assignés à la S.G.S.R. dans l'esprit du projet de « systémologie générale ». Mes études montrent que les *yearbooks* manifestent un réel souci d'équilibre entre les expressions des diverses orientations présentes dans la S.G.S.R., qui impliquait en particulier que la conception pour l'essentiel commune que Bertalanffy, Rapoport et Boulding se faisaient de la « recherche sur les systèmes généraux » (systématisée dans ma quatrième partie) persiste à être significativement représentée. Les éditeurs devaient toutefois non seulement composer avec l'ensemble des tendances qui cherchaient à s'affirmer (et nous avons vu que les présidences de la S.G.S.R. n'allaient globalement pas dans leur sens), mais aussi gérer le problème de ne pouvoir bien évidemment opérer une sélection que parmi les articles qu'ils recevaient ou avaient repérés dans la littérature scientifique ou philosophique contemporaine ; et ils n'eurent manifestement pas autant le choix parmi les productions typiquement conformes au projet de « systémologie générale » (qu'il s'agisse de « systèmes généraux », de discussions philosophiques et épistémologiques ou encore d'approches systémiques en biologie et sciences sociales) qu'ils n'en eurent parmi celles s'inscrivant dans la perspective de la « recherche

¹ Un article embrassant deux ou trois de ces rubriques (mais dont l'objectif n'était pas plus large) a été pris en compte fractionnairement. Ont été pris en compte les articles très généraux à teneur essentiellement épistémologique ou méthodologique, dès lors qu'ils servaient à fonder les travaux plus spécialisés réalisés en « recherche opérationnelle », « analyse des systèmes » ou « sciences du management ».

² Hammond D. (2003), p. 21 et p. 154 en particulier.

³ Quade E.S. (1973), in Lilienfeld R. (1978), p. 111.

opérationnelle » ou des « sciences du management ». En résumé, *General systems* ne semble donc avoir été qu'une vitrine de la S.G.S.R., moins représentative de la réalité de la distribution des centres d'intérêt au sein de la société que de la volonté des éditeurs de faire valoir une certaine conception de la recherche systémique qui, en dépit de son pouvoir d'inspiration initial, fut si ce n'est d'emblée, tout au moins rapidement minoritaire dans sa représentativité.

La démission de Rapoport en 1977, qui fut l'aboutissement d'un processus plus général de désinvestissement, corrobore cette interprétation : il reconnut en effet lui-même que cette décision lui fut dictée par un certain dépit face à la prédominance, au sein de la S.G.S.R., d'intérêts non pas théoriques mais instrumentaux, tournés vers les applications « managériales » (au sens large), c'est-à-dire la gestion des ressources et la prise de décision dans le contexte des grandes entreprises privées, des administrations, des gouvernements ou des organisations politiques internationales¹. Puisque cette prédominance n'apparaît pas particulièrement dans les *yearbooks*, il semble légitime d'en déduire que Rapoport comme Bertalanffy s'efforcèrent de contenir son expression au moins dans cette publication, et qu'elle fut en un sens le lieu de leur « résistance » à ces tendances de la recherche systémique, « résistance » à laquelle se joignit Boulding et que nous verrons se marquer dans leur insistance, réitérée tout au long des années 1960 et 1970, sur leurs compréhensions spécifiques des aspects philosophiques et éthiques de la « systémologie générale ». Mais si une telle interprétation porte certainement une part de vérité, elle est loin d'exprimer toute la complexité et l'intérêt de la situation. Le problème reste en effet de savoir comment la prédominance en question s'exprima, si elle ne le fit pas particulièrement dans ce qui était supposé être le « forum » de la S.G.S.R. L'examen de la revue *Behavioral science*, de ses vocations et de son contexte institutionnel, est incontournable dans la voie de son élucidation.

3-4-2-5 – La revue *Behavioral science* et le M.H.R.I., lieux d'une transformation progressive des vocations de la « recherche sur les systèmes généraux » ?

General systems ne fut pas la seule publication vouée à la promotion de la « recherche sur les systèmes généraux » à être dirigée depuis le M.H.R.I. Il en fut en effet de même de *Behavioral science*. Le premier numéro de cette revue fondée par Miller parut en janvier 1956. Lorsque le premier *yearbook* fut édité près d'un an plus tard, six numéros du bimestriel étaient parus, et ce dernier avait déjà atteint une diffusion de près de 3000 exemplaires, qui dépassait donc largement le cercle des membres de la S.G.S.R. et le nombre de *yearbooks* diffusés. En conformité avec son titre, le bureau éditorial de *Behavioral science* regroupait des membres du M.H.R.I., ainsi que d'anciens membres du C.A.S.B.S. de Palo Alto et du C.B.S. de Chicago : Miller (directeur de la publication), Gerard et Rapoport y étaient notamment accompagnés d'Alexander, Bavelas, Easton, Kluckhohn et Tyler.

Dans l'éditorial du premier numéro, Miller présenta la revue comme « vouée au développement de théories générales » qui « traitent des propriétés structurales et comportementales des systèmes », et s'efforcent de les mettre à l'épreuve du « test empirique ». Il l'assimilait en fait au lieu par excellence de la mise en oeuvre du programme de recherche interdisciplinaire entrepris au M.H.R.I. et rejoignait très largement ainsi le manifeste des cofondateurs de la S.G.S.R., en anticipant aussi bien certains traits majeurs de la ligne éditoriale qui allait devenir celle de *General systems* – une convergence incarnée par la participation de Rapoport et Gerard au bureau éditorial de la revue :

La stratégie du travail de l'institut du Michigan sera d'identifier des principes généraux qui s'appliquent aux différents niveaux de systèmes. Nous nous efforcerons de clarifier et de préciser aussi bien les principes généraux que les différences particulières ; et de tester la validité et l'utilité de telles analyses. Les techniques de recherche seront probablement dérivées de plusieurs domaines, incluant [les niveaux] physiologique, psychologique, économique, politique, social et culturel².

Miller marqua par ailleurs lui aussi son ouverture aux « cyberscientifiques », à ces « autres intégrateurs des conférences Macy, des équipes de recherche opérationnelle, etc. », qu'il appelait en fait implicitement à contribuer à sa revue en se félicitant du « *Zeitgeist* » qu'ils avaient en commun avec les scientifiques du M.H.R.I. du fait d'une même « insistance sur la notion de 'système' comme

¹ Hammond D. (2003), p. 154.

² Miller J.G. (1956a), p. 3 (éditorial du premier numéro de *Behavioral science*).

concept intégratif », et ce « en dépit des divergences de vue »¹. Enfin, Miller imprima d'emblée une fonction praxéologique à sa revue, en des termes qui rejoignaient très bien certains de ceux de Bertalanffy que j'ai cités² au 3-1-4-5 :

Renversant presque négligemment le cours des rivières, soulageant des épidémies de masse, accomplissant une destruction de masse, tentant même de changer le climat et planifiant de quitter cette planète, l'humanité a incroyablement réussi à résoudre les énigmes du monde matériel. La plus déconcertante énigme qui lui reste est lui-même, comme elle l'a toujours été. Il a été incapable de percer avec précision ces lois de la nature humaine qui peuvent produire l'inégalité sociale, les luttes industrielles, la disharmonie maritale, la délinquance juvénile, la maladie mentale, la guerre et d'autres misères répandues [...] La méthode scientifique peut-elle résoudre les questions plus larges, plus envahissantes, au sujet de l'homme, ainsi que plus particulières ? L'outil avec lequel l'homme a conquis ses victoires sur le monde physique est-il applicable pour découvrir les lois gouvernant la conduite humaine, les causes les plus profondes de nos conflits et de notre harmonie ?

Behavioral science était créée pour contribuer significativement à répondre constructivement aux questions ainsi soulevées³.

Du fait de sa focalisation sur les « sciences du comportement », cette revue visait *a priori* des objectifs théoriques moins larges que ceux fixés par leurs fondateurs à la S.G.S.R. et à *General systems* ; et l'insistance d'emblée mise par Miller sur ses vocations à contribuer activement et concrètement à la résolution des problèmes de l'humanité contemporaine, bien qu'elle corresponde à un souci que partageaient (avec précautions) Bertalanffy, Rapoport et Boulding, ne faisait pas non plus explicitement partie des vocations que ceux-ci avaient assignées à la S.G.S.R. et aux *yearbooks*. La convergence entre leurs entreprises respectives n'en était pas moins *a priori* impeccable. Le fait est que les thèmes des articles publiés dans les premiers numéros de *Behavioral science* recouvraient une grande partie du spectre de ceux publiés dans *General systems*, et que plusieurs articles de la revue de Miller furent rapidement reproduits dans les *yearbooks*. De surcroît, c'est par l'intermédiaire des annonces insérées dans cette revue que l'information concernant l'existence de la S.G.S.R. fut largement diffusée : elle joua donc un rôle décisif dans le développement de cette société⁴. Le contenu des discussions menées au sein du « groupe théorique » de travail qui, dans le prolongement des réunions du C.B.S. de Chicago, se réunissait chaque semaine au M.H.R.I. autour de Miller, Gerard et Rapoport, fournit un bon aperçu du contenu de *Behavioral science* et montre l'absence de solution de continuité avec *General systems*. Ces discussions étaient en effet structurées autour de six thèmes, initialement supposés structurer à leur tour un livre collectif sur la théorie des « sciences du comportement » qui ne vit toutefois jamais le jour (principalement du fait de divergences significatives de vues entre les participants) : (1) l'évolution de ces sciences ; (2) l'exploration des « modes de cognition scientifique et intuitive et des méthodes de validation », en particulier les « modèles conceptuels et le fonctionnement du cerveau de l'observateur ou intégrateur » ; c'est-à-dire en fait l'épistémologie de la recherche systémique, autour des thèmes : « entités et relations, réductionnisme et holisme, problèmes d'interdisciplinarité, recherche individuelle et intégration », mais aussi « normes, valeurs, résolution de conflits et buts » ; (3) l'élaboration du « cadre conceptuel d'une théorie générale des systèmes vivants » fondée sur le schème systémique d'analyse de Gerard : structure (« être »), fonction (« comportement ») et évolution (« devenir » : génétique, croissance, histoire) ; (4) l'élaboration de méthodes mathématiques adéquates aux « sciences du comportement », notamment autour de la théorie de l'information, de la cybernétique, de la théorie des jeux et de la simulation informatique ; (5) la recherche de synthèses conceptuelles entre les problématiques traitées par les « sciences du comportement », ainsi que la relation entre ces dernières et les approches plus

¹ Miller J.G. (1956b), p. 320.

² Bertalanffy L. von (1951d), pp. 8-9, que je rappelle ici en abrégé : « Nous sommes aujourd'hui en possession d'une technique principalement physico-chimique qui a atteint des sommets, tandis que la technique biologique [...] est loin d'être pleinement exploitée ; quant à une technique sociale, notre temps commence tout juste à s'y intéresser. C'est là que se trouve précisément la principale racine de la crise mondiale contemporaine [...] Nous ne connaissons que trop bien les lois physiques, tandis que nous ne maîtrisons pas assez les lois biologiques et pas du tout les lois sociales [...] Mais] L'espoir [est permis] que l'humanité parvienne en fin de compte progressivement à une domination de la totalité de la nature, qui nous apporte la solution des problèmes qui nous menacent aujourd'hui ».

³ Miller J.G. (1956a), pp. 1-2.

⁴ Meier R.L., in *General systems yearbook* (1958), p. v, témoigne déjà de ce rôle dans l'augmentation des adhésions à la S.G.S.R.

traditionnelles de la psychologie et des sciences sociales ; (6) les applications à la résolution de problèmes concrets spécifiques¹.

Compte tenu de la conclusion de la précédente sous-section, une hypothèse naturelle serait qu'en dépit de cette bonne intelligence et de cette complémentarité (notamment du point de vue de leurs fréquences de publication respectives) *initiales* entre *Behavioral science* et *General systems*, la revue de Miller devint au fil des ans une sorte de forum parallèle de la S.G.S.R. où les intérêts moins théoriques que pragmatiques pour la « recherche sur les systèmes généraux » purent plus largement s'exprimer qu'ils ne le pouvaient dans les *yearbooks*, et en vinrent par ce biais à imposer une influence dominante sur la société. Un indice susceptible d'être favorable est que la S.G.S.R. fut investie à partir de janvier 1973 du statut d'éditeur de *Behavioral science*. Ericson put même affirmer dès avril que *Behavioral science* était « en train de devenir le journal des systèmes généraux au plein sens »². Un autre indice apparemment favorable est qu'il fut décidé après de longues discussions en 1979, après que Vickers ait argumenté en ce sens dès 1976 alors que le départ de Rapoport était annoncé, de « reconsidérer les buts des *yearbooks* » et de partager les rôles en réduisant ces derniers à une sorte de « livre d'or » rééditant la « crème de la crème » de la littérature sur les « systèmes généraux » publiée au cours de l'année, tandis que *Behavioral science* deviendrait le « journal sur les systèmes généraux » de la S.G.S.R. à proprement parler, seul habilité à publier des articles originaux. Néanmoins, cette décision fut surtout prise compte tenu de « l'énorme accroissement de la littérature systémique dans les années 1970 »³. Et plus profondément, l'hypothèse évoquée plus haut manque pour plusieurs raisons de cohérence. La première est que les intérêts en question pouvaient plus directement s'exprimer dans des revues telles que *Management sciences* ou le *Journal of operational research*. Le fait est surtout que la ligne éditoriale de *Behavioral science* ne varia guère au cours des ans jusqu'aux années 1980. Définie par un bureau dont tous les membres appartenaient aussi à la S.G.S.R., elle resta tout-à-fait conforme au manifeste fondateur de la société aussi bien qu'à l'esprit de la ligne éditoriale de *General systems*, les problématiques traitées dans les articles publiés semblant d'ailleurs effectivement suivre une distribution similaire à celle étudiée plus haut quant aux *yearbooks*. On y relève certes l'accent mis sur le travail expérimental et observationnel ainsi que sur la testabilité des modèles, aussi bien qu'un encouragement explicite à des applications spécifiques : il y avait là une différence qui aurait en principe pu être significative avec *General systems*. Mais elle n'est guère manifeste dans les faits, à ceci près qu'une représentativité légèrement moindre des constructions purement abstraites que dans *General systems* semble pouvoir être observée dans *Behavioral science*. On lisait ainsi en 1978 encore sur la première page de cette revue :

Behavioral sciences publie des articles originaux sur de nouvelles théories, de la recherche expérimentale et des applications concernant tous les niveaux de systèmes, vivants ou non-vivants. Le critère majeur de recevabilité des articles est le potentiel de généralisation à deux niveaux ou plus: cellules, organes, organismes, groupes, organisations, sociétés et systèmes supranationaux. Les articles devraient contenir une présentation détaillée spécifique de généralité. Les généralisations d'une nature implicite ne sont pas acceptables. Les éditeurs veulent particulièrement des manuscrits d'une nature théorique ou empirique ayant de larges implications interdisciplinaires que l'on ne trouve pas dans un journal voué à une seule discipline. Les articles doivent être fondés sur des observations précises et des données quantitatives, et présenter des hypothèses testables à plus d'un niveau. Ce journal est particulièrement intéressé par les efforts de simulation et de modélisation qui peuvent mener à la vérification de théories générales applicables à tous les niveaux des systèmes vivants et non-vivants. De plus, les éditeurs encouragent les applications de la théorie des systèmes généraux et les modèles de simulation développés dans des domaines spécifiques d'application tels que le soin médical, les processus social-cognitifs ou les modèles-monde [*world modeling*]⁴.

Même s'il est vrai aussi que l'« Institut des sciences du management » (T.I.M.S.) eut dès les années 1960 le statut de « parrain » [*cosponsor*] de *Behavioral science*, ce n'est donc pas dans cette revue que se manifesta l'influence importante des « sciences du management » et de la « recherche opérationnelle » dans la S.G.S.R., qui contribua à inciter Rapoport à démissionner.

¹ Hammond D. (2003), p. 178.

² Ericson R.F., in *General systems bulletin*, vol. IV, n°1, April 1973 et Vickers G., in *General systems bulletin*, vol. VII, n°1, Autumn 1976.

³ Vickers G., in *General systems bulletin*, vol. VII, n°1, Autumn 1976, p. 5 ; Klir G.J., in *General systems yearbook* (1979), p. iv; Ragade R.K., in *General systems* (1980), p. vii.

⁴ *Behavioral science*, vol. 23, n°3, May 1978.

C'est en fait non vers le *contenu*, mais vers le *contexte* de publication de cette revue, vers ses arrière-plans institutionnels et la finalité des travaux réalisés par ailleurs par bon nombre de ses contributeurs, qu'il faut se tourner pour comprendre le malaise de Rapoport et, aussi bien, celui de Bertalanffy et de Boulding. Un clivage s'instaura en effet dès les premières années de la S.G.S.R. entre une tendance incarnée par ces derniers d'une part, et par Miller et Gerard d'autre part. Ce clivage emblématique de l'histoire du projet « systémologique » compte tenu de leurs statuts de fondateurs respectifs explique probablement en partie le manque d'investissement de Gerard et Miller dans la S.G.S.R. Si le M.H.R.I. resta, sous la responsabilité de Rapoport et de Meier, le siège social de cette société et le centre de publication de *General systems*, l'institut n'en devint pas moins rapidement aussi un lieu où les idéaux de Bertalanffy, Rapoport et Boulding quant à la nature et aux fonctions de la « recherche sur les systèmes généraux » furent mis à mal ; un lieu où s'enracine l'influence importante dont purent jouir les « chercheurs opérationnalistes », les « scientifiques du management » et les « analystes des systèmes » au sein de la S.G.S.R. et où une certaine subversion du projet « systémologique » général originel prit sa source, qui contraignit sans cesse par la suite ses fondateurs à lutter pour faire valoir ses spécificités, et à en développer la conception.

Une première étape de ce processus fut la formation en novembre 1957, à la demande de Richard M. Nixon (alors vice-président des États-Unis), d'un comité national placé sous l'égide de l'académie nationale des sciences et destiné à étudier les actions à entreprendre afin d'assurer que « l'intérêt national soit adéquatement servi par le développement et l'application des sciences à l'homme ». Cette décision fut largement suscitée par le récent succès spatial obtenu par les Soviétiques avec leur lancement des deux premiers vols *Spoutnik* (*Spoutnik 2* avait permis de mettre en orbite le premier être vivant, la chienne Laïka, le 3 novembre). Selon le témoignage de Miller, Nixon exprima la vive inquiétude que les États-Unis accusent par rapport aux Soviétiques un même retard pour les « sciences du comportement » que pour la conquête spatiale. Le conseil, dirigé par Miller, incluait entre autres Gerard, Kluckhohn, Tyler et Simon. Les discussions autour du rôle que les « sciences du comportement » étaient amenées à jouer tant du point de vue politique qu'académique aboutirent en février 1958 à la rédaction d'un rapport qui mena entre autres à la création d'un « comité pour les sciences du comportement » au sein de l'académie nationale des sciences¹.

La seconde étape du processus discuté ici, immédiatement consécutive, fut la création de forts liens institutionnels entre le M.H.R.I. et ce pôle de la recherche systémique que constituaient la « recherche opérationnelle », les « sciences du management » et l'« analyse des systèmes ». Ces liens, noués à la fin des années 1950, se manifestèrent de maintes manières : outre le « parrainage » de T.I.M.S. à *Behavioral science*, on peut citer l'association de Miller et Gerard au « comité sur les systèmes adaptatifs » de l'institut des sciences et technologies du Michigan ; l'adhésion à T.I.M.S. et à l'O.R.S.A. (« Société américaine de recherche opérationnelle ») du mathématicien (théoricien des jeux) Merrill M. Flood, membre du M.H.R.I. (... et de la R.A.N.D. depuis 1950) ; la fonction d'éditeur associé de la revue *Operations research* prise par cet autre mathématicien du M.H.R.I. qu'était Horvath ; ou encore l'organisation, *via* Horvath et Rapoport, de séminaires communs avec le groupe de « recherche opérationnelle » établi par Ackoff au *Case Institute of Technology*. Ackoff, très probablement du fait de son ouverture à la philosophie et de ses velléités généralisatrices, joua un rôle important à cette époque pour convaincre Rapoport de s'intéresser à ce pôle de la recherche systémique et de favoriser son intégration à la S.G.S.R.².

Mais une vive polarisation se marqua parallèlement, en grande partie du fait de positions prises par Miller et Gerard. Une réflexion ultérieure de ce dernier, qui s'inscrivait en fait naturellement dans la continuité des tendances technocratistes et scientistes précoces de ces deux chercheurs relevées aux 3-2-2 et 3-2-4, résume bien l'esprit radical de ces positions, qui ne pouvait que heurter les sensibilités de Rapoport :

S'il est de la moindre manière éthique de manipuler l'univers, il est éthique d'apprendre comment manipuler ses composants humains et de le faire réellement³.

¹ *op. cit.*, pp. 178-179.

² *op. cit.*, p. 154 et p. 179.

³ Gerard R.W. (1972), in *op. cit.*, p. 147.

La première manifestation explicite de cette orientation semble être un article publié en juillet 1960 par Miller dans le bulletin mensuel du M.H.R.I. Il y présenta en effet une liste de domaines privilégiés où les « sciences du comportement » étaient selon lui applicables, dans laquelle on peut relever pêle-mêle la publicité, l'administration des affaires, le gouvernement, l'« ingénierie humaine », les relations au travail, la « recherche opérationnelle », la sélection du personnel et les relations publiques. Miller prophétisa que l'organisation industrielle ou militaire future nécessiterait « des hommes rigoureusement sélectionnés, profondément entraînés et techniquement compétents » qui devraient « opérer dans des équipes étroitement soudées en conjonction avec des machines extraordinairement complexes » ; le rôle de l'homme au cours de la seconde moitié du vingtième siècle serait promis à devenir « de plus en plus celui d'un gestionnaire d'information et un décideur », imposant donc d'ores et déjà de réfléchir aux « conditions d'une sélection efficace » et à « l'entraînement d'individus à la prise de décision »¹. Miller argumenta sur cette base l'importance stratégique des « sciences du comportement », qui ne furent peut-être jamais aussi clairement que dans son article érigées en « sciences de la manipulation » (ou « de la domination », pour reprendre Debord).

Quelques semaines plus tard, Dwight D. Eisenhower (président en exercice des États-Unis) prit la décision de charger une délégation de « scientifiques du comportement » de se rendre en U.R.S.S. L'objectif premier était manifestement de mesurer l'état d'avancement de la recherche soviétique dans ce domaine. Miller en fut le directeur. Gerard et Rapoport firent partie de cette délégation, le second certainement en partie pour des raisons linguistiques. Le voyage eut lieu en mai 1961 et se concrétisa par un colloque soviéto-américain organisé dans le cadre de l'« Académie soviétique des sciences pédagogiques »². Ce moment fut à double titre important dans l'histoire du « mouvement systémique ». Il le fut d'abord en ce qu'il contribua significativement à la connexion entre systémiciens occidentaux et systémiciens du « bloc de l'Est ». Du point de vue de Rapoport, il n'y a guère de doute qu'il s'agissait là d'une rencontre positive non seulement sur les plans scientifique et philosophique, mais aussi dans la perspective de l'instauration d'un dialogue pacifique entre « superpuissances » en lieu et place d'une absurde « guerre froide ». Mais cette rencontre eut aussi un aspect radicalement antithétique à ses espoirs, qui inaugura une sourde et durable tension au sein de la S.G.S.R. : l'alliance entre les « sciences du comportement » et le complexe militaro-industriel, qui émergea en conjonction avec ce voyage en U.R.S.S. Une bonne part des financements de recherche du M.H.R.I. vint dès cette époque de l'armée de l'air qui, en connexion avec la R.A.N.D., assurait aussi des financements considérables au développement de l'« analyse des systèmes » à des fins purement militaires. Miller et Gerard furent en parallèle affectés à des positions élevées dans des agences gouvernementales (le second fut ambassadeur scientifique en U.R.S.S., où il fit plusieurs séjours dans les années 1960)³.

3-4-2-6 – Les attaques précoces par Rapoport, Bertalanffy et Boulding des tendances technocratiques et scientistes au sein du « mouvement systémique »

Quoique par des moyens très différents, Rapoport, Boulding et Bertalanffy réagirent très vite avec force à ces évolutions qu'ils percevaient comme des perversions de la recherche systémique, les deux derniers n'ayant pas même attendu qu'elles se concrétisent de cette manière pour critiquer le potentiel technocratique des courants de cette recherche auxquels Miller et Gerard s'étaient ralliés.

La stratégie de Rapoport consista à focaliser ses travaux sur le développement d'approches mathématiques alternatives à celles alors en vogue dans les cercles d'« analystes des systèmes » travaillant pour le compte du complexe militaro-industriel, qu'il accusa d'« intellectualiser la guerre » au lieu de mettre leur intelligence au service de la paix : telle fut en particulier la motivation profonde de ses travaux dans la période 1957-1960, consacrés à la théorie des jeux et au traitement analytique de la « course aux armements »⁴. Le mathématicien n'attaqua toutefois jamais directement les « analystes des systèmes », et encore moins Miller et Gerard. Il semble n'avoir développé aucune animosité personnelle envers ses collègues, et ils poursuivirent leur collaboration jusqu'en 1964 au

¹ *op. cit.*, p. 179.

² *op. cit.*

³ *op. cit.*, p. 50 et p. 145.

⁴ Rapoport A. (1957), (1959) et (1960a). Voir aussi Hammond D. (2003), p. 160.

M.H.R.I. en dépit de leurs profondes divergences¹. Il faut toutefois dire que cette collaboration restait tout-à-fait cohérente abstraction faite de ces divergences, puisque Miller et Gerard inscrivent toujours fidèlement leurs recherches dans l'optique théorique de la « systémologie générale ». On peut d'ailleurs voir Miller réaffirmer en 1971 encore la spécificité de celle-ci par rapport à la plupart des travaux fournissant la substance de la littérature systémique :

Il y a à chaque niveau des scientifiques qui appliquent la théorie des systèmes [*systems theory*] dans leurs recherches. Ce sont des théoriciens des systèmes, mais pas nécessairement des théoriciens des systèmes généraux. Ils n'appartiennent à cette dernière catégorie que s'ils acceptent la position plus osée et controversée selon laquelle, en dépit de l'unicité de tout être vivant et de chaque niveau, des identités formelles importantes d'une grande généralité existent entre les niveaux².

Bien différentes de celle de Rapoport furent les attitudes de Boulding et de Bertalanffy, auxquels l'absence de liens institutionnels avec le M.H.R.I. donnait une totale liberté critique.

Les premières attaques vinrent de Bertalanffy. On peut en relever une première dès 1955, qui fut publiée aux États-Unis et dont les suivantes ne furent que des variations, à ce détail important près que les chercheurs visés par ses critiques furent de plus en plus explicitement certains « scientifiques du comportement » et autres systémiciens. Dans cette première critique se perçoit clairement la volonté de Bertalanffy, dont il a déjà été question, de dissocier son projet « systémologique » de toute velléité totalitariste dans le champ idéologique et de réaffirmer ce qui constituait une valeur fondamentale inhérente à son idéalisme : la dignité irréductible de l'individu. Le fait qu'il l'ait rédigée au tout début de l'année 1955, dans le contexte du C.A.S.B.S. et après la formation de la S.A.G.S.T., suggère qu'il avait déjà au contact de chercheurs tels que Gerard perçu la menace potentielle que les « scientifiques du comportement » pourraient faire peser sur l'actualisation de son projet. Pour d'évidentes raisons « diplomatiques », il ne les visait toutefois pas encore explicitement :

[Un argument entendu est que] si nous avons une science bien développée de la société humaine et une technologie correspondante, nous disposerions d'une voie hors du chaos et de l'imminente destruction de notre monde. Ceci semble plausible et n'est en fait qu'une version moderne du précepte platonicien selon lequel l'humanité ne serait sauvée que si ses dirigeants sont des philosophes. Il y a toutefois un accroc dans l'argument. Nous avons une idée tout-à-fait précise de ce à quoi ressemblerait un monde scientifiquement contrôlé. Dans le meilleur des cas, il ressemblerait au *Meilleur des mondes* d'Aldous Huxley et dans le pire, à celui d'Orwell dans *1984* [...] En fait, tel est peut-être le plus grand danger des systèmes du totalitarisme moderne qu'ils soient de manière si alarmante aussi bien à jour non seulement dans les technologies physique et biologique, mais aussi dans la technologie psychologique. Les méthodes de suggestion de masse, de libération des instincts de la bête humaine, de conditionnement des réflexes et de contrôle de la pensée sont développées avec l'efficacité la plus haute, et précisément parce que le totalitarisme moderne est si terriblement scientifique, il fait apparaître l'absolutisme des périodes antérieures comme dilettante et, en comparaison, comme un pis-aller inoffensif. Le contrôle scientifique de la société n'est pas une autoroute vers l'Utopie [...] Les valeurs réelles de l'humanité ne sont pas celles qu'elle partage avec des entités biologiques, la fonction d'un organisme ou une communauté d'animaux, mais celles qui sont issues de l'esprit individuel. La société humaine n'est pas une communauté de fourmis ou de termites, gouvernée par l'instinct héréditaire et contrôlée par les lois du tout sur-ordonné ; elle est fondée sur les réalisations de l'individu, et est condamnée si l'individu est transformé en simple rouage de la machine sociale. Tel est, je crois, le précepte ultime d'une théorie de l'organisation : non un manuel permettant aux dictateurs quels qu'ils soient de dominer des êtres humains avec plus d'efficacité par l'application de lois d'airain scientifiques, mais l'avertissement que le Léviathan de l'organisation ne peut pas avaler l'individu sans inévitablement sceller sa propre condamnation³.

Bertalanffy précisa un peu plus ses cibles en 1956, dans une critique publiée à la fois en anglais dans une grande revue américaine (*Scientific monthly*) et dans un journal allemand, puis réitérée à l'identique en 1958 dans un ouvrage collectif publié en Allemagne. Réactualisant pour l'occasion son attachement à l'idéal de la *Bildung* (et son affection pour Ortega y Gasset), Bertalanffy y dénonça cette fois l'avènement d'une « science du comportement humain » au service de « méthodes

¹ Hammond D. (2003), p. 164.

² Miller J.G. (1971), in Ericson R.F., *General systems bulletin*, vol. IX, n°2, Winter 1979, p. 29.

³ Bertalanffy L. von (1955a), p. 82.

modernes de propagande » détruisant la dignité humaine (définie comme l'aptitude à un « comportement dirigé par l'anticipation symbolique d'un but ») au profit d'un « retour au réflexe conditionné », dont le résultat ultime serait « l'homme-masse ». Sa critique s'adressait en fait avant tout à l'application de la psychologie behavioriste dans les stratégies de conditionnement (publicitaires ou politiques), accusées d'assimiler et en fin de compte de transformer leurs cibles en « chiens de Pavlov ». Mais si l'on prend en compte l'une des principales sources de l'inspiration originelle du programme de Miller (les suggestions de Fermi et Szilard), on peut voir dans l'allusion au projet Manhattan une subtile mise garde adressée aux « scientifiques du comportement », dont il connaissait bien les perspectives à l'issue de son année passée au C.A.S.B.S. :

La nouveauté dans les méthodes modernes de propagande est qu'elles sont appliquées scientifiquement et systématiquement, de sorte qu'elles ont un pouvoir sans précédent. Les médias modernes de communication de masse, journaux, radio, télévision, etc. sont capables d'établir une contrainte psychologique presque sans interruption dans le temps, atteignant tous les individus dans l'espace avec un maximum d'efficacité [...] Précisément à cause de la prédominance des techniques psychologiques, la compréhension des forces motrices du comportement humain devient d'autant plus importante. Là se trouve la responsabilité de la science du comportement humain. À côté de la la menace de la technologie physique, les dangers de la technologie psychologique sont souvent sous-estimés. Or, peut-être plus dangereuses même que l'existence matérielle des bombes atomiques sont les forces psychologiques qui peuvent conduire à les larguer¹.

Si l'attaque restait là encore feutrée, elle devint beaucoup plus vigoureuse dans la « psychopathologie du scientisme » que Bertalanffy publia en 1960 aux États-Unis. Il s'y accordait avec la critique du scientisme par von Hayek² tout en se référant à la déjà fameuse dénonciation par Vance Packard des « persuadeurs clandestins » publiée trois ans plus tôt, dans laquelle le sociologue et journaliste américain avait révélé au grand public la manière dont les techniques telles que la « recherche motivationnelle » et les suggestions subliminales, raffinant à l'extrême l'art de l'« obsolescence psychologique », étaient exploitées dans la publicité et la propagande politique³. L'important ici est surtout que les *behavioral sciences* étaient explicitement visées, accusées de contribuer à une « extermination de masse de l'esprit individuel », à un « abrutissement de la race humaine » par sa « réduction progressive à une collection d'automates ou d'idiots » – ce que Bertalanffy appelait un « menticide » :

Le scientisme, qui fut largement un problème théorique et offrait un programme utopiste, est de nos jours devenu un fait et nous pose donc des problèmes pratiques d'une importance considérable [...] Condorcet, avant la révolution française, soutint l'idée que l'homme et la société humaine pourraient être étudiées avec les méthodes des sciences de la nature et à la manière dont nous étudions les sociétés de castors ou d'abeilles. Le postulat et la prophétie de Condorcet ont été accomplis avec vengeance. Non seulement nous décrivons théoriquement l'homme et la société de cette manière dans les récents développements des sciences du comportement [*behavioral sciences*], mais nous faisons toujours plus ressembler la société humaine à celles des castors et des abeilles [...] Aujourd'hui en Amérique, le fait économique le plus fondamental apparaît être le maintien d'une économie d'abondance par des moyens artificiels tels que les persuadeurs clandestins, l'obsolescence psychologique, etc.⁴

Pour Bertalanffy, les « scientifiques du comportement » obligeaient à mettre à jour la critique du scientisme de von Hayek, à en modifier le concept même. Si l'on songe que son article fut publié juste après celui de Miller cité plus haut (l'article de 1960 dans le bulletin du M.H.R.I.), on ne peut s'empêcher d'y voir une réponse cinglante au fondateur des « sciences du comportement ». L'ironie est toutefois que Bertalanffy dénonçait ici un scientisme avec lequel nous l'avons vu au 3-1-4-5 être lui-même tenté de flirter une dizaine d'années plus tôt :

Hayek était parfaitement conscient du fait que le scientisme mène à « la planification consciente des phénomènes sociaux ». Néanmoins, il pouvait à cette époque [1952] seulement se référer à l'ingénierie politique et sociale et, en particulier, à la planification économique [...] Depuis, le

¹ Bertalanffy L. von (1956a), p. 40, (1956f) et (1958a), pp. 20-21.

² Hayek F. von (1952, 1953) et (1952, 1955). Cette critique a déjà été évoquée au 2-2-1-6.

³ Packard V. (1957).

⁴ Bertalanffy L. von (1960a), p. 205. Voir pp. 212-213 en ce qui concerne le « menticide ».

nouveau développement de « l'ingénierie humaine » a émergé [...] La critique du scientisme n'apparaît plus devoir viser la mauvaise application de la science dans des champs qui ne lui appartiennent pas ; au cours des dernières années, des scientifiques sont au contraire devenus trop compétents dans la science sociale et du comportement [*behavioral and social science*] et dans son application technologique [...] Le credo scientifique peut être grossièrement résumé comme suit : notre connaissance des lois de la physique est excellente, et notre contrôle technologique de la nature inanimée est en conséquence presque sans limite. Notre connaissance des lois biologiques n'est pas autant avancée, mais suffit pour permettre une technologie étendue en médecine moderne et en biologie appliquée. Notre connaissance des lois du comportement humain et de la société reste sous-développée [...] Et si nous avons une science bien développée du comportement humain et de la société avec une technologie correspondante, nous serions libérés des problèmes personnels, sociologiques et politiques de notre temps. Il semble toutefois que l'attitude scientifique soit capable de mener à la destruction d'une société libre et de la science elle-même¹.

Et Bertalanffy de s'attaquer dans la foulée à la « survalorisation » contemporaine de la science appliquée par rapport à la science fondamentale, en dénonçant ces scientifiques « en mal de prestige et de récompense financière » dont aucune grande découverte ne saurait être attendue² : s'il ne citait pas ici explicitement les systémiciens qui, tels Miller et Gerard, faisaient précisément à cette époque carrière dans les officines gouvernementale et financer leurs recherches par des groupes d'intérêt politique ou économique, l'enchaînement de ses critiques suggère irrésistiblement qu'ils étaient visés (certes parmi d'autres).

Les premières critiques de Boulding intervinrent quant à elles dans la même période, avec cette spécificité d'avoir fait l'objet d'un article publié en 1961 dans *General systems*, intitulé « Implications politiques de la recherche sur les systèmes généraux ». Que cet article ait de surcroît reproduit à l'identique le discours que Boulding avait tenu en décembre 1958 (en tant que président) à la réunion annuelle de la S.G.S.R. montre que même les problèmes sensibles soulevés par les évolutions contemporaines du « mouvement systémique » furent discutés dans la société. L'économiste y releva le changement radical introduit par la recherche systémique dans les possibilités offertes aux décideurs pour la conduite des affaires politiques ou économiques : de prises de décision fondées sur une connaissance essentiellement empirique, on était selon lui en train de passer *via* les nouvelles « sciences de systèmes » à des décisions fondées sur des « structures théoriques plus élaborées, plus explicites et 'sophistiquées' » et sur une « collecte d'informations plus spécialisée ». On peut observer comment Boulding tint alors à dissocier non seulement l'inspiration spécifique qui le guidait aux côtés de Rapoport et Bertalanffy en direction d'une « systémologie générale », mais aussi leur création commune, la S.G.S.R. elle-même, de toutes les composantes du « mouvement systémique » que la société avait certes initialement eu vocation à intégrer, mais dont les orientations instrumentalistes apparaissaient désormais non conformes à ses idéaux fondateurs et, en tout état de cause, très préoccupantes du point de vue politique :

Nous avons vu une tendance persistante de la « recherche » [appliquée] – c'est-à-dire une activité professionnellement orientée de nature scientifique présumée – à s'étendre de la chimie, l'ingénierie et les « sciences de production » [*production sciences*] vers la recherche sur le marketing, la recherche opérationnelle, la recherche organisationnelle etc., qui affectent beaucoup plus directement les fonctions fondamentales de prise de décision des directeurs responsables. Au cours des dix dernières années, nous avons vu l'avènement de quelque chose diversement appelé « science du management » ou « science administrative », qui importe une théorie mathématique très sophistiquée au cœur même des enceintes sacrées de ces processus de décision ultimes jusqu'à présent considérés comme le mystère particulier et la prérogative du patron lui-même [...] À ce stade de la discussion, on pourrait me demander : « tout cela est très bien, mais s'agit-il de systémologie générale [*general systems*] ? ». Dans la mesure où la systémologie générale est un espoir plutôt qu'une réalité, la réponse est bien sûr négative. Néanmoins, il y a quelque chose qui pourrait être appelé un « mouvement systémique » [*systems movement*], dont la S.G.S.R. n'est qu'un aspect, voire peut-être même seulement un symptôme ! Ce mouvement est reflété dans de nouveaux journaux tels que *Management science*, l'*Administrative science quarterly*, le *Journal of operational research* et le *Journal of conflict resolution* ; il se reflète dans des institutions telles que le M.H.R.I. et la R.A.N.D. ; dans la nouvelle industrie des ordinateurs ; dans des développements

¹ *op. cit.*, pp. 206-207. Bertalanffy énonça en fait le « credo scientifique » dans les mêmes termes dès (1955a), p. 82, sans le nommer ainsi.

² Bertalanffy L. von (1960a), p. 207.

intellectuels tels que la théorie des jeux, la théorie de la décision et les diverses ramifications de la recherche opérationnelle. C'est ce « mouvement systémique » plus large qui me préoccupe ici, et je veux montrer que ses conséquences politiques peuvent être très grandes, les questions politiques qu'il pose étant de première importance¹.

De la démonstration de Boulding, je ne retiendrai ici que le principal résultat, qui s'accordait pour l'essentiel aux réflexions de Bertalanffy. On ne peut qu'apprécier la pertinence pour notre propre temps de cette critique – comme de celles qui précèdent. Si l'on prend acte du fait que son discours fut prononcé devant une assemblée de systémiciens dont bon nombre étaient directement visés, on conviendra que les vocations intégratrices de la S.G.S.R. étaient dès 1958 mises à mal, l'ambiance au sein de la société étant plutôt... tendue :

Plus pressant que jamais est devenu le problème de savoir comment le « peuple » contrôle les spécialistes, dont le langage est si ésotérique qu'il ne peut être compris que par une poignée d'élus [...] Des décisions politiques majeures affectant profondément non seulement la vie des citoyens d'un pays, mais celle de toute l'espèce humaine, doivent être prises dans une circonstance où seul l'expert comprend le langage dans lequel les décisions doivent être formulées. Il est peu surprenant que l'attitude publique soit celle d'une désespérante apathie. Quiconque assiste à une conférence en recherche opérationnelle ou en sciences du management se trouve toutefois dans un monde qui, pour l'étranger, est aussi ésotérique que celui du physicien atomiste [...] La majeure partie de ce que l'on peut appeler la théorie démocratique « ordinaire » suppose que le type de connaissance requise pour prendre des décisions politiques et, plus important encore, pour les juger, n'est pas « rare », i.e. pas en la seule possession d'une classe spécialement entraînée, et qu'elle est accessible à tous ceux qui prennent la peine d'acquérir une éducation raisonnablement générale. Mais supposez qu'une décision repose sur la solution d'un ensemble d'équations si compliqué que seul un puissant ordinateur peut le traiter et que seul un docteur peut en comprendre la solution lorsqu'elle est livrée : comment cela peut-il être réconcilié avec des institutions démocratiques ? Dans des moments de sombres pensées, on imagine un nouvel Age Obscur, avec la science comme église, les militaires comme roi et les gens du peuple comme des pions impuissants menés par le bout du nez par des décisions auxquelles ils ne peuvent prendre part, parce qu'ils ne peuvent comprendre les processus ou images sur lesquelles elles sont fondées. Pire, on visualise un âge sombre de la société manipulatrice, dans laquelle les instruments de formation du caractère et de l'opinion (forgés, bien sûr, par la science sociale !) sont si fermement entre les mains d'une élite dirigeante que leur tyrannie est inébranlable. Même si la tyrannie était bienveillante, elle resterait une tyrannie, et si elle était malveillante, elle resterait inébranlable. C'est un cauchemar politique dont on aimerait bien se réveiller en hurlant. L'arbre de la connaissance, lorsqu'il croît et se ramifie en branches et systèmes toujours plus complexes, deviendra-t-il jamais l'arbre de la vie, ou restera-t-il toujours un arbre de la mort et de la destruction, donnant toujours plus de pouvoir au mal et rendant la corruption toujours plus efficace ?

Boulding reprochait en particulier à tous ceux qui, en général en connexion avec la R.A.N.D., mettaient leurs constructions systémiques au service des stratèges du Pentagone sans même comprendre qu'ils s'engageaient ainsi dans « des institutions et systèmes sociaux que leurs propres découvertes auraient pu rendre obsolètes ». Dans le prolongement de Bertalanffy, ce chantre du pacifisme reprochait avec force à ces systémiciens de préférer vendre leur âme de scientifique au « diable » militaire plutôt que de la mettre au service du Bien, égratignant au passage aussi un système contraignant de toute façon effectivement le scientifique à se prostituer auprès des lieux de pouvoir pour assurer son existence en tant que scientifique :

Il est hautement probable aujourd'hui que la défense nationale qui, pour beaucoup de générations de l'humanité, a au moins fourni des flots provisoires de sécurité dans un monde en proie à la confusion, n'est plus désormais possible en tant que système mondial. Pourtant, la plupart des scientifiques persistent à adhérer à la défense nationale comme système et, s'ils ne le font pas, trouveront difficile de continuer à être des scientifiques. De tous les gens, les scientifiques devraient pourtant être les plus susceptibles d'apporter de nouvelles connaissances sur les systèmes sociaux. La naïveté est une vertu instable ; comme la virginité, une fois perdue, elle l'est pour toujours².

¹ Boulding K.E. (1958, 1961), p. 4.

² *op. cit.*, pp. 6-7.

Il serait toutefois réducteur de croire que Boulding ne visait de manière obsessionnelle que l'alliance avec le complexe militaro-industriel. Dans un essai intitulé « L'impact de la science sociale » qu'il publia quelques années plus tard, en 1966, il attaqua plus en profondeur et plus directement encore les « sciences du management » et la « recherche opérationnelle » en critiquant l'illusion de certitude que leur conféraient leurs techniques mathématiques sophistiquées, illusion qui les amenait à clore prématurément des analyses de situations de décision dont le degré d'incertitude requiert au contraire une approche flexible. Attirant l'attention sur les valeurs et présupposés implicites dans leurs modèles, inscrits dans le choix de leurs variables, la définition de leurs relations et la détermination des fins à optimiser, Boulding avança l'argument qui est peut-être le plus dévastateur (et le plus actuel !) : quand bien même les décisions prises sur la base de ces modèles étaient bénéfiques aux décideurs concernés, ces décisions se faisaient le plus souvent au détriment de la société dans son ensemble. C'est ce que Boulding appela avec une ironie mordante la « sous-optimisation » : la tendance parmi les « chercheurs opérationnels » et « analystes de systèmes » à passer leur temps à trouver la meilleure manière de faire quelque chose qui devrait absolument être évité, parce qu'ils échouent à prendre en compte le contexte plus large dans lequel s'inscrit la problématique qu'ils considèrent, le plus souvent avec des conséquences désastreuses¹. En d'autres termes, ces « systémiciens » étaient dénoncés par Boulding pour leurs approches trop réductrices, pas assez « systémiques » pour pouvoir être pertinentes et, par là-même, d'autant plus dangereuses qu'elles avançaient parées du masque de la sophistication scientifique.

3-4-2-7 – *La recherche « systémologique » générale, courant spécifique d'un « mouvement systémique » traversé par de multiples clivages*

Les critiques de Bertalanffy, Boulding et Rapoport semblent avoir eu un effet très modéré au sein du « mouvement systémique » que la S.G.S.R. visait à intégrer. Les présidences de John F. Kennedy (1961-1963) et de Lyndon B. Johnson (1963-1968), dont la seconde fut marquée par la guerre du Vietnam, firent en effet les beaux jours des systémiciens aux inclinations technocratiques, dans l'ensemble des hautes sphères de l'administration américaine en général et sous l'égide du département de la défense en particulier. Cette tendance s'attira en 1971 une critique acerbe et aussi violente que celles de Bertalanffy et de Boulding, qui venait il est vrai d'un spécialiste de l'éducation extérieur à la S.G.S.R. :

L'« approche systémique » n'est pas nouvelle dans la littérature de l'éducation professionnelle. Néanmoins, la plus grande partie de cette littérature tend à s'enraciner quelque part entre le Département de la défense et l'Office de l'éducation, avec une portion substantielle émanant des anciens élèves, réels ou conceptuels, du premier. Aussi peut-on s'attendre à ce que les conceptions mécanistiques qui envahissent l'entraînement militaire et la psychologie stimulus-réponse, bien qu'habillées dans une nouvelle terminologie, soient incorporées dans les approches systémiques fondées sur cette littérature [...] Nos suspicions deviennent des appréhensions lorsque nous sommes informés que la raison d'être de l'« approche systémique » est l'objectif du système et son accomplissement le plus efficace, particulièrement lorsque nous ne sommes pas informés quant à la source du but (sans doute le concepteur du système). Nous ne nions pas l'efficacité du renforcement d'une voie critique finalisée vers un système politique totalitaire, démontrée par Herr Goebbels, ni celle du conditionnement des rats et des pigeons démontrée par les behavioristes ; mais nous mettons en question une perspective qui présume que le système éducatif est seulement un système avec un ensemble de buts dérivés d'une source externe à l'étudiant, lequel est conceptualisé comme un « produit » mesuré par rapport à des « objectifs comportementaux spécifiques »².

Le coup d'arrêt (partiel) à l'alliance entre systémiciens et politiques vint en fait non de critiques internes, mais de conflits opposant les systémiciens concernés aux militaires et d'une désillusion croissante quant à la valeur de leurs constructions lorsqu'elles s'appliquaient aux questions sociales ou économiques. Une désillusion qui s'exprima politiquement en 1969 : dès son accès à la présidence, Nixon coupa les crédits gouvernementaux de la plupart des programmes de recherche des « analystes des systèmes » et « chercheurs opérationnalistes »³. Le fait remarquable est que cette mise à

¹ Boulding K.E. (1966b).

² Points R.C. (1971).

³ Hammond D. (2003), p. 55.

distance ne refroidit pas les ardeurs des systémiciens engagés dans une conception de la mission de la S.G.S.R. que Bertalanffy, Rapoport et Boulding réprovaient dans ses modalités d'expression, certes sans renoncer à leurs propres visions respectives de la vocation praxéologique de la « recherche sur les systèmes généraux ». Ericson put ainsi affirmer dix ans plus tard encore, dans son discours présidentiel annuel devant la société intitulé « quel programme pour notre second quart de siècle ? » :

Je crois profondément que s'impose désormais à cette société une sorte d'impératif moral pour *focaliser ses efforts sur l'utilisation des concepts et conceptualisation systémiques généraux par les politiques, les administrateurs et les décideurs dans toutes les sortes d'organisations à grande échelle*. C'est seulement lorsque les politiques de nos institutions façonnant l'environnement seront conçues et appliquées avec une compréhension adéquate de leurs ramifications macro-systémiques que nous pourrons mettre en lumière une formulation des problèmes qui sera pertinente pour la création d'un système viable du monde [...] Je réalise bien sûr que *ce que je propose rencontrera des résistances chez ceux qui pensent que la société devrait rester une communauté de savants dont le but primordial est de chercher à « comprendre la réalité » à partir d'une perspective systémologique générale*. Je suggère néanmoins [...] qu'il est temps pour la société de regarder en face ses obligations sociales. Dans notre monde orienté vers l'information, ce pourrait être un nouveau péché cardinal que d'avoir accès à une connaissance qui pourrait être d'un grand bénéfice pour l'humanité et de ne pas chercher à l'introduire dans les affaires quotidiennes de l'homme. Je ne me fais certainement pas l'avocat de la moindre activité politique directe, ce que je demande est que nous démontrions la valeur pratique de la recherche sur les systèmes généraux au cours du dernier quart de siècle de la manière la plus efficace possible [...] En suggérant un grand *changement stratégique de la focalisation sur la recherche pour elle-même vers une recherche orientée vers l'action*, je propose un programme pour le second quart de siècle qui s'accorde avec les développements contemporains [...] Je vous préviens que j'en suis venu à ressentir un sens missionnaire [...] Cette société a un besoin considérable de renouvellement¹.

Ericson attesta par-là même une nouvelle fois du fait que des résistances significatives à son point de vue perdurèrent jusqu'à la fin des années 1970. Les principaux fondateurs de la S.G.S.R. étaient donc loin d'être isolés : la société restait un lieu de pluralité de positions au moins du point de vue du clivage entre d'une part une recherche orientée vers l'interprétation théorique et la compréhension, et d'autre part une recherche orientée vers l'application pratique et l'action dans le champ social, économique et politique. Ce qui n'exclut pas, bien au contraire, que la seconde orientation persista jusqu'au début des années 1980 à peser significativement au sein de la société, avec d'importantes conséquences :

Puisqu'une branche de la recherche sur les systèmes généraux tend vers l'applicabilité pratique, les « scientifiques » des systèmes généraux, afin d'assurer des résultats utiles et la perpétuation d'une demande de leurs services, inciteront cette recherche à bifurquer vers des lignes soutenant une application, telles que les exigences de l'ingénierie. Une tendance est ainsi discernable, qui se développe vers une préoccupation pour des procédures d'obtention de réponses factuelles à des questions ouvertes par le *design* systémique, l'analyse des systèmes, l'évaluation d'impact des systèmes, le futur des systèmes, le management des systèmes et le contrôle des systèmes. En comparaison, de moindres efforts semblent être accomplis en direction de la création théorique, ou vers les problèmes théoriques concernant la maturation scientifique de la recherche sur les systèmes généraux. On peut donc prévoir une plus grande focalisation sur la recherche de réponses à des questions portant sur des classes spécialisées de systèmes – qui tend à fragmenter cette recherche en divers camps de domaines d'application – plutôt que sur une dépense d'efforts pour créer des réponses systémiques générales [...] Cette tendance partielle loin de la science et de la théorie, vers l'ingénierie et la technique, reflète simplement les circonstances pratiques et l'environnement sociétal contemporains au sein desquels se trouve la théorie des systèmes généraux².

On relève finalement une ligne de fracture majeure au sein de la S.G.S.R. Plusieurs déclinaisons scientifico-philosophiques en ont été rencontrées, qui se retrouvaient inmanquablement combinées dans les débats polémiques autour de la « recherche sur les systèmes généraux » et conduisirent très justement en 1976 l'éditeur des actes de la réunion annuelle de la société à comparer

¹ Ericson R.F (1979), p. 42, p. 44, p. 46 et p. 49.

² Joseph E.C. (1981), p. 1.

la « recherche sur les systèmes généraux » à un « Janus »¹ : orientation essentiellement théorique contre orientation essentiellement pratique, visée interprétative contre visée instrumentale, efforts de compréhension du monde contre contributions directe à la transformation du monde social, économique et politique (non pas du point de vue de la structure du pouvoir, mais du point de vue de l'optimisation fonctionnelle, donc en ce sens dans un esprit fondamentalement conservateur). Cette ligne de fracture avait d'autres déclinaisons à caractère idéologique, intimement connectées aux précédentes : d'un côté une éthique pacifiste plus ou moins critique de l'ordre socio-politique contemporain, soucieuse de la dignité propre du monde des valeurs, de la liberté de l'individu et de celle de la recherche scientifique, et promouvant une décentralisation des lieux de pouvoir, un modèle coopératif, participatif et démocratique de prise de décision et de développement à tous les niveaux d'organisation ; de l'autre un pragmatisme plus ou moins scientifique et technocratiste, disposé à la manipulation des destins individuels, soucieux d'entrer en intelligence avec les lieux de prise de décision dans les instances gouvernementales et l'industrie et de conditionner la recherche scientifique à cette intelligence, impliqué dans le complexe militaro-industriel, et promouvant un modèle hiérarchique de prise de décision et de développement à tous les niveaux d'organisation.

Des clivages d'ordre épistémologique se superposaient aux précédents tout en entrant bien souvent en résonance avec eux. Relevons d'abord une concurrence entre problématiques, modèles et schèmes d'explication : schèmes déterministes contre schèmes spontanéistes d'évolution systémique, problématique du contrôle des systèmes et du comportement imposé contre « auto-organisation », modèle cybernétique de régulation par rétroaction négative contre modèle « organismique » de régulation dynamique, résistance homéostatique au changement contre boucles de rétroaction positive ou « fonctions d'échelon » comme facteurs de changement, modélisation des systèmes observants (ainsi une « seconde cybernétique » prenant en compte l'observateur, qui émergea notamment sous l'impulsion de Heinz von Foerster à la fin des années 1960) contre modélisation des systèmes observés (ainsi la « première cybernétique », qui n'effectuait pas cette prise en compte)...

La « recherche sur les systèmes généraux » fut aussi traversée par le contraste entre d'une part une tendance à la focalisation unitariste sur les isomorphismes (exprimée au mieux par la recherche permanente chez Miller et Gerard d'une formulation d'« hypothèses trans-niveaux » et de leur mise en œuvre dans la création de modèles systémiques²), et d'autre part une tendance à l'insistance primordiale sur le principe d'émergence (ou d'autonomie relative des niveaux d'organisation) et sur le respect de la diversité des « strates du réel » (ou des « niveaux de discours »), telle qu'on peut l'observer chez Boulding, Laszlo et Bunge³.

On repère par ailleurs certaines divergences entre compréhensions des vertus et du rôle des mathématiques dans la « recherche sur les systèmes généraux », plus particulièrement dans les « sciences du comportement ». Face à des systémiciens tels que les « chercheurs opérationalistes » habillant leurs hypothèses d'une débauche de mathématiques plus ou moins sophistiquées et novatrices (théorie des jeux, théorie des réseaux, théorie des files d'attente, etc., en sus des programmations linéaire et non linéaire), Bertalanffy fut lui-même conduit en 1962 à mettre en garde contre « un enthousiasme pour les nouveaux outils mathématiques et logiques disponibles » ayant selon lui « conduit à une fièvre pour la construction de modèles comme but en soi et souvent sans égard pour le fait empirique »⁴. Quant à Boulding, il jugea bon dès la fin 1955, dans un séminaire portant sur l'application des mathématiques aux sciences sociales, d'attirer l'attention sur « les limites des mathématiques à la fois comme outil et comme langage, surtout eu égard aux possibles distorsions de la connaissance qui pourraient résulter de l'inclination à se reposer exclusivement sur des outils mathématiques » : (1) le « biais du côté de la délicatesse et de l'exactitude » face à un univers empirique qui reste en soi souvent de « texture grossière », particulièrement en sciences sociales ; (2) le « biais vers la rigidité » – la mathématisation, comparée à une « machine à saucisses », étant une sorte de programmation d'opérations abstraites dont l'ajustement aux processus « réels » reste souvent problématique ; (3) le coût d'acquisition des compétences mathématiques et la compulsion à les utiliser qu'il suscite chez bon nombre de modélisateurs ; (4) une exposition particulière de ceux qui

¹ White J.D. (ed.) (1976), p. i.

² Voir surtout Miller J.G. (1965).

³ Voir en particulier : Boulding K.E. (1956b), Laszlo E. (1972a) et (1972b), et Bunge M. (1968) et (1979b).

⁴ Bertalanffy L. von (1962a), p. 11.

maîtrisent les mathématiques à « la tentation constante du culte de l'inintelligibilité », à l'édification d'une « barrière linguistique qui s'auto-perpétue » et limite drastiquement leur communication avec le monde extérieur à leur communauté restreinte¹. Cavallo put témoigner en 1979 encore de ces antagonismes, en parlant même de « schisme » :

L'une des plus malheureuses conséquences du développement que notre structure éducative orientée vers la spécialisation a engendrée est le schisme existant [dans la recherche systémique] entre ceux qui s'engagent dans une compréhension et une appréciation raisonnables du rôle nécessaire que jouent l'abstraction et les mathématiques, et ceux qui sont plus influencés par les abus souvent pathétiques (et parfois potentiellement dangereux) de ce rôle².

Une variante de cet antagonisme très importante du point de vue spécifique de la compréhension du projet de « systémologie générale », sur laquelle je reviendrai dans ma prochaine partie, fut la controverse entre Bertalanffy et Ashby entre 1958 et 1962 autour de ce que le second décrit comme « deux principales lignes » méthodologiques dans l'approche de ce projet : une méthode « empirico-inductive » consistant à chercher à dégager des régularités entre entités empiriques étudiées comme systèmes et à induire de ces régularités des lois systémiques générales ; et une méthode « axiomatique-déductive » procédant dans l'autre sens, qui consiste à « considérer l'ensemble de tous les systèmes concevables et à le réduire ensuite à une taille plus raisonnable », celle du « sous-ensemble très particulier des systèmes dont l'étude est jugée pertinente par le scientifique », et surtout à « développer une logique rigoureuse des systèmes qui formerait une structure dans laquelle toutes les formes réelles pourraient trouver leurs places et leurs relations naturelles »³.

Notons enfin que les clivages et rivalités s'exprimèrent directement entre les diverses composantes scientifiques de la S.G.S.R. en tant que telles. Ce fut surtout le cas lorsque se fit jour la tendance, que Bertalanffy jugea bon dès 1962 de critiquer, à identifier le projet de « systémologie générale » à d'autres composantes telles que l'« analyse des systèmes » et surtout la cybernétique⁴. Cette tendance, particulièrement marquée en Europe, fut renforcée dans les années 1970 – une époque où la « Société américaine de cybernétique » (A.S.C.) était peu active – lorsque bon nombre d'éminents cybernéticiens tels que Beer, Pask et von Foerster rejoignirent la S.G.S.R. et cherchèrent à s'annexer la « théorie des systèmes généraux » : la confusion fut de manière récurrente dénoncée par d'autres membres de la société après Bertalanffy⁵. Dans son discours présidentiel de 1979, Ericson jugea d'ailleurs nécessaire de rappeler les deux raisons majeures invalidant ces diverses identifications – les vocations scientifico-philosophiques, épistémologiques et méthodologiques englobantes dont la « systémologie générale » (au « sens large ») était porteuse, et les schèmes conceptuels et valeurs spécifiques qui lui étaient attachés :

Il y en a parmi nous qui expriment le point de vue selon lequel « systèmes généraux » et « cybernétique » sont réellement deux manières d'identifier ce qui revient au même ensemble de perceptions. D'autres voient une évolution de la théorie « classique » des systèmes à la Bertalanffy vers la cybernétique, la théorie de l'information et le structuralisme. Selon moi, de telles tentatives intégratives manquent une bonne part de l'esprit de la recherche sur les systèmes généraux telle qu'elle s'est manifestée dans la société et dans les annales [i.e. les *yearbooks*]. Je prétends qu'il a été et continue d'être significatif de différencier l'approche systémologique générale de la cybernétique d'un côté, et de l'analyse des systèmes de l'autre. Et pour moi les distinctions sont d'importance primordiale parce que cette société a cherché depuis ses débuts à fournir un cadre conceptuel permettant de traiter la totalité du phénomène des systèmes, dont la cybernétique et l'analyse des systèmes ne sont que des composantes [...] En outre, au moins pour le non initié, la cybernétique semble inévitablement charrier avec elle des images allant des robots servomécanistiques des usines d'ingénierie aux prothèses anatomiques. En tout état de cause, la

¹ Boulding K.E. (1955).

² Cavallo R. (1979), p. 30.

³ Ashby W.R. (1958), p. 2 et Bertalanffy L. von (1962a), pp. 4-5.

⁴ Bertalanffy L. von (1962a), pp. 6-8.

⁵ *General systems bulletin*, vol. III, n°2, December 1971 : « Quelque chose doit être dit au sujet de la fréquence de l'utilisation du terme 'cybernétique' en lieu et place de 'systèmes généraux'. Il apparaît qu'en Grande Bretagne et en Europe continentale, beaucoup de gens considèrent que ces deux termes sont plus ou moins interchangeables. Mon impression est que la plupart d'entre nous dans ce pays [États-Unis] ne le font pas ». Des polémiques entre Klir et Beer à ce sujet étaient toutefois évoquées. Voir aussi Hammond D. (2003), pp. 252-254.

cybernétique véhicule apparemment presque toujours des images qui sont loin de l'essence de ce que la plupart d'entre nous, je pense, comprennent par systèmes généraux¹.

Reste finalement l'image d'une S.G.S.R. d'emblée et tout au long de son existence confrontée à la difficulté de maintenir une coexistence et un dialogue constructifs entre des orientations à maints égards très diverses. Et surtout l'image d'un projet de « systémologie générale » qui, de fer de lance de cette société, en fut rapidement réduit à l'horizon d'un simple courant. Tout indique que ce projet fut certes constamment représenté avec une force d'inspiration significative, mais qu'il le fut très vite de manière minoritaire et au prix de perpétuelles réaffirmations de sa spécificité ; lesquelles eurent toutefois cette vertu de conduire ses promoteurs, qu'il s'agisse de Bertalanffy, Rapoport et Boulding ou d'autres tels que Rosen et Klir, à élaborer plus substantiellement ce projet que ne l'avait initialement fait Bertalanffy.

C'est en m'appuyant sur ces élaborations menées entre la fin des années 1950 et celle des années 1970 (dont bon nombre ont en fait déjà été partiellement évoquées tant dans cette troisième partie que dans la seconde lorsqu'il fut question au 2-2 du concept perspectiviste de « système ») que je vais achever le présent travail. La quatrième partie qui va suivre aura en effet comme objectif de dresser un portrait du projet de « systémologie générale » tel qu'il fut au mieux précisé et actualisé dans des constructions spécifiques par ses artisans. Il va s'agir d'y élaborer et d'y justifier un schème systématique visant à rendre compte de l'organisation structurale et fonctionnelle de ce projet.

¹ Ericson R.F. (1979), pp. 28-29.

Quatrième partie

Maturation et postérité de l'« herméneutique systémologique » Un essai de systématisation

La période d'existence de la S.G.S.R. (1956-1988), notamment la quinzaine d'année qui s'étend de sa constitution à la mort de Bertalanffy, peut être vue comme une période de maturation du projet de « systémologie générale ». Actualisé dans la plupart des activités de cette société scientifique et dans bon nombre de publications de certains de ses membres, il fit en effet l'objet de réflexions approfondies quant à ses fondements et à ses vocations. Il ne s'agissait dès lors plus, en fait, du projet initialement formulé par Bertalanffy, mais d'un projet commun dont celui qu'il élaborait entre 1937 et 1953 se révèle *a posteriori* n'avoir été qu'une ébauche. Je vais toutefois montrer ici que son inspiration initiale, loin d'être dénaturée ou dévoyée, fut au contraire approfondie.

Mes analyses de la théorie de la connaissance sous-jacente aux travaux de Bertalanffy m'ont permis d'aboutir au 2-2-3-10 à une première justification de ma proposition de caractériser sa « systémologie générale » comme une herméneutique, en tant que matrice conceptuelle et méthodologique d'une interprétation systémique disciplinée du « réel » permettant de fusionner « compréhension » et recherche de significations d'une part, et raisonnement hypothético-déductif d'autre part. Cette proposition fut alors avancée à l'issue de la considération de certains traits récurrents des modes de pensée holistiques et, surtout, des significations perspectivistes qui furent assignées au concept de système et au principe de stratification du « réel » tant par Bertalanffy que par la quasi-totalité des systémiciens impliqués dans l'actualisation du projet « systémologique ». Je dois dans cette quatrième partie parachever la justification de cette proposition. Outre Bertalanffy, un nombre restreint de chercheurs seront principalement convoqués : ceux qui formèrent à ses côtés ce que j'estime être le « noyau dur » de la « systémologie générale ». En dépit de divergences parfois significatives qui seront discutées, il s'agit de ceux qui me semblent avoir œuvré le plus fidèlement à son élaboration dans ses diverses dimensions : Rapoport, Boulding, Rosen et Klir, auxquels il faut ajouter Mihajlo D. Mesarović et Jean-Louis Le Moigne. Le problème est que si chacun d'entre eux contribua à cette élaboration, aucun n'articula *tous* les moments que Bertalanffy incluait dans sa « systémologie générale ». Lui-même ne les articula d'ailleurs que de manière éparse, trop souvent fugitive et surtout programmatique, sans clairement montrer comment ils pouvaient être *intégrés* dans une construction cohérente. Ma quatrième partie va justement aussi viser à reconstruire la cohérence de ce projet, en complétant les analyses menées dans mes premières parties au moyen de certaines réflexions de ces chercheurs qui n'ont pas encore été considérées.

Cette esquisse de systématisation, qui va s'appuyer sur un schéma de la structure et du fonctionnement de ce que j'appelle l'« herméneutique systémologique », sera l'occasion d'évoquer les contributions à la « systémologie générale » que je juge les plus caractéristiques de sa période de maturation – en particulier bien sûr celles de Bertalanffy. Elle sera prolongée par une discussion de la postérité de ce projet, c'est-à-dire de ce qu'il en advint au cours des quatre dernières décennies, la question de son héritage étant en particulier posée.

4-1 – La maturation de l'« herméneutique systémologique » – Essai de systématisation

Une entreprise de systématisation du projet de « systémologie générale » peut apparaître vaine une fois parcourus les écrits des systémiciens dans l'objectif d'y découvrir une réponse à la question apparemment élémentaire de sa nature. Car si Klir put parler d'une « systémologie générale polyphonique »¹, il est tentant de voir dans ces écrits une cacophonie d'autant plus paradoxale que l'on prend acte de leur inspiration « unitarienne ». Doit-on se rallier au jugement formulé par Delattre, selon lequel il est « superflu de se lancer dans des discussions byzantines pour définir avec précision » ce à quoi réfère l'expression « systémologie générale »² ? N'aurait-on pas en fin de compte affaire à une construction fantomatique analogue au Saint-Graal, qui « n'a pas besoin d'exister, l'objectif de la recherche pouvant en soi être très fécond »³ ? Ma réponse à ces deux questions est négative : je veux commencer ici par montrer que les divers jugements portés sur la « systémologie générale » par ses principaux promoteurs permettent d'en repérer plusieurs « pôles » (ou dimensions) qui n'ont *a priori* rien de contradictoire. Ce travail préalable justifiera la structuration de mon premier chapitre, voué à étudier les pôles en question, à établir leur complémentarité et la possibilité de leur unité systématique, tout en mettant en évidence quelques contributions significatives à leurs explorations respectives.

4-1-1 – *Un schéma systématique de l'« herméneutique systémologique »*

Commençons par observer dans la littérature systémique des expressions particulièrement typiques du caractère problématique de la définition de la nature de la « systémologie générale », en particulier quant à son statut scientifique.

4-1-1-1 – *La définition problématique de la nature du champ « systémologique »*

La première question qui peut être adressée à la « systémologie générale » est celle de sa scientificité. Un commentateur avoua typiquement sa « confusion » quant au problème de savoir s'il s'agit d'une science, d'une philosophie, ou d'autre chose :

Certains théoriciens des systèmes se réfèrent sans détour à la systémologie générale comme à une « science », tandis que d'autres s'y réfèrent comme à une « philosophie perspectiviste ». J'imagine que la solution au problème de cette différence apparente des termes est seulement qu'elle est une « science de sciences », ce qui s'accorde à la définition de la « philosophie »⁴.

Cette confusion put effectivement trouver matière à se nourrir, à une époque où un Mesarović crut par exemple nécessaire de réaffirmer face à Bertalanffy lui-même qu'il voyait la « systémologie générale » non pas comme une « philosophie scientifique », mais comme une « entreprise scientifique », tout en reconnaissant son impact sur la philosophie en général et sur l'épistémologie en particulier⁵. Klir jugea néanmoins à juste titre nécessaire de préciser, en en fournissant la raison fondamentale, que si l'on pouvait bien la comprendre comme une « science des systèmes », c'était en un sens hétérodoxe donné au terme « science » :

En dépit de toutes ses caractéristiques similaires à celles d'une science, la science des systèmes n'est pas une science au sens ordinaire, mais plutôt *une nouvelle dimension de la science*. Chaque système développé comme un modèle d'un certain phénomène dans l'une quelconque des sciences traditionnelles représente une connaissance appartenant à cette science. La connaissance en science des systèmes n'est pas de ce type. Il s'agit plutôt d'une *connaissance concernant les structures de la connaissance, i.e. certaines catégories spécifiques de systèmes*. Ainsi, les objets expérimentaux de la science des systèmes ne sont pas des objets du monde réel, mais plutôt des *abstractions*⁶.

¹ Klir G.J. (1972).

² Delattre P. (1980, 1982), p. 21.

³ Gaines B.R. (1978), p. 15.

⁴ Livesey L.J. (1972), p. 148 et p. 153.

⁵ Mesarović M.D. (1972), p. 252. Voir aussi Mesarović M.D. & Takahara Y. (1975), p. 2.

⁶ Klir G.J. (1988), p. 156. Les italiques me sont propres.

Le caractère métascientifique de la « systémologie générale » étant ainsi pointé, faudrait-il en conclure, comme le fit le systémicien français Jacques Eugene, qu'il était dans la nature de cette « théorie universelle des systèmes » (c'est-à-dire des « universaux » systémiques) d'être « l'interface de la philosophie et de la science » dont les mathématiques seraient le « moyen de codage », et de l'inscrire tout entière à ce titre dans le domaine de l'épistémologie en l'identifiant à la « partie formelle » de cette dernière¹ ? Cette caractérisation apparaîtra réductrice, mais il est certain que la « systémologie générale », sans pour autant se réduire non plus à une philosophie de la science, participait aussi bien de la philosophie que de la science, en prétendant renouveler les deux. Il ne pouvait en être autrement du fait même de l'argument avancé par Klir. L'épistémologue Mario Bunge eut d'ailleurs une formule bien inspirée lorsqu'il appela en ces termes à assumer les conséquences ultimes de la profonde remise en cause des philosophies traditionnelles des sciences constitutive de la « systémologie générale » :

Se faire appeler philosophe est le prix que le praticien de la systémologie générale doit payer pour pouvoir s'autoproclamer scientifique².

Une question liée à la précédente est celle du statut « théorique » de la « systémologie générale », dont l'incertitude s'incarna dans l'ambivalence du terme allemand *Lehre* (« doctrine » ou « théorie ») utilisé initialement par Bertalanffy pour la nommer, et dans l'embarras où le mit sa traduction par le terme *theory*. Le Moigne fut justifié à affirmer que le projet de Bertalanffy, pas plus que le *Discours de la méthode* cartésien auquel il le compara, ne constitua une « théorie au sens le plus courant du terme »³. Bertalanffy et Boulding reconnurent eux-mêmes dans les années 1960 que le qualificatif de « théorie » utilisé dans l'expression « *general system(s) theory* » restait inadéquat :

Il serait en l'état actuel présomptueux de prétendre qu'existe un corps clairement identifiable de théorie que l'on pourrait identifier avec l'expression « systèmes généraux »⁴.

Aucune théorie compréhensive des systèmes n'existe à présent⁵.

Rapoport n'hésita pas à affirmer que « d'une certaine manière », la « *general system theory* » était « trompeuse quant à son nom », au sens où « seules des trivialités peuvent être dites de tous les systèmes » et où « il n'y a pas de 'lois systémiques générales' » à proprement parler⁶. Du milieu des années 1960 à celui des années 1980, Rapoport ne cessa de répéter qu'il faut distinguer plusieurs sens du terme « théorie » et que la « systémologie générale » n'était « pas une 'théorie' au sens où le sont la plupart des théories scientifiques », c'est-à-dire une construction établissant des connexions entre événements d'une classe relativement spécifique et des conditions nécessaires et suffisantes pour leur occurrence ; surtout si l'on entend le terme « théorie » au sens « exact », c'est-à-dire logique, d'une collection d'énoncés logiquement dépendants, dérivables de postulats et susceptibles d'être empiriquement testés :

La principale signification de la systémologie générale est que ce n'est pas une théorie au sens étroit, i.e. une collection de propositions (théorèmes) liés par des chaînes déductives et inductives, mais plutôt une *théorie au sens large*, un *répertoire de concepts servant de schème intellectuel et fournissant la nourriture à des théories (au sens étroit) qui traitent de la complexité organisée*⁷.

Klir développa à la même époque une conception presque identique :

La systémologie générale au sens le plus large réfère à une *collection de concepts, de principes, d'outils, de problèmes, de méthodes et de techniques généraux associés aux systèmes*⁸.

¹ Eugene J. (1981), p. 13 et p. 107. Voir aussi p. 20.

² Bunge M. (1977b), p. 37.

³ Le Moigne J.L. (1977), p. xi.

⁴ Boulding K.E. (1964), pp. 25-26.

⁵ Bertalanffy L. von (1967a), p. 71.

⁶ Rapoport A. (1969b), p. 195. Voir aussi (1986, 1988), p. 223.

⁷ Rapoport A. (1974), p. 247. Les italiques me sont propres. Voir en des termes presque identiques : (1958), p. 29 ; (1972a), p. 44 ; (1972b), pp. 28-29 ; et (1986, 1988), p. 223.

⁸ Klir G.J. (1972a), p. 1. Les italiques me sont propres.

Bertalanffy les avait en fait devancés tous les deux lorsqu'il parla à partir de 1962 de la « systémologie générale au sens large », et surtout lorsqu'il commença à partir de 1968 à la décrire (en invoquant Kuhn) comme un « nouveau paradigme scientifique » :

L'expression « *general system theory* » fut introduite par l'auteur de manière délibérément éclectique. On peut bien sûr la limiter à sa signification « technique » au sens de « théorie mathématique » (comme c'est fréquemment fait), mais cela semble être peu judicieux parce qu'il y a beaucoup de problèmes « systémiques » exigeant une « théorie » qui n'est pas actuellement présente en termes mathématiques. L'expression « *general system theory* » peut donc être utilisée en un sens large, d'une manière similaire à celle de « théorie de l'évolution », qui comprend presque tout, de la recherche de fossiles et de l'anatomie à la théorie mathématique de la sélection ; ou à celle de « théorie du comportement », qui s'étend de l'observation ornithologique aux théories neurophysiologiques sophistiquées. C'est l'introduction d'un nouveau paradigme qui importe¹.

Même si Bertalanffy fit un usage du terme « paradigme » qui fut plus vague du point de vue conceptuel que ne le fut celui de Kuhn, le premier expliqua l'avènement même de ce « paradigme systémique » dans la droite lignée des thèses du second sur le « *Gestalt switch* » et la « structure des révolutions scientifiques » :

La science « normale » au sens de Kuhn, c'est-à-dire la science telle que conventionnellement pratiquée, était peu adaptée pour traiter des « relations » dans les systèmes [...] Telle est la raison pour laquelle, bien que les problèmes de « système » soient anciens et connus depuis des siècles, ils restèrent « philosophiques » et ne devinrent pas « scientifiques ». Il en était ainsi parce que les techniques mathématiques manquaient et que les problèmes exigeaient une nouvelle épistémologie ; toute la force de la science « classique » et de son succès au travers des siècles militait contre tout changement dans le paradigme fondamental de la causalité unidirectionnelle et de la résolution en unités élémentaires².

Comme Bertalanffy, Rapoport jugeait que le soit disant « paradigme systémique » était « construit sur de nouveaux développements portant la promesse de rétablir les approches holistiques de la connaissance sans abandonner la rigueur scientifique »³. Une conception aussi large de la « systémologie générale » les amena à s'accorder avec celle de Boulding et Weinberg qui, en contrepied des tentations scientistes et des focalisations sur la « technologie des systèmes », l'identifiait à un simple ensemble de « points de vue » ou de « manières de voir le monde »⁴ :

La systémologie générale [*general system theory*] est un modèle de certains aspects généraux de la réalité. Mais c'est aussi une manière de voir des choses qui furent auparavant négligées ou évitées : elle est en ce sens une maxime méthodologique⁵.

La « systémologie générale » subsume une perspective ou une méthodologie plutôt qu'une théorie au sens assigné à ce terme en science. Le trait saillant de cette perspective est, comme son nom l'implique, une insistance sur les aspects d'objets ou d'événements qui dérivent de propriétés générales de systèmes plutôt que d'un contenu spécifique⁶.

La systémologie générale fournit « méta-scientifiquement » une nouvelle manière de voir le monde. Aucune *hubris* n'est impliquée ; elle est l'une des « perspectives » que les êtres humains sont capables de former ; vraisemblablement plus riche et meilleure que les paradigmes de la conception mécaniciste ou de la psychologie du robot, mais en aucun cas exclusive ou un remède universel aux maux de l'individu et de la société⁷.

4-1-1-2 – *Premières tentatives de classifications de la « systémologie générale »*

Même et peut-être surtout tardivement, Rapoport et Bertalanffy furent explicites sur leur vision englobante, compréhensive, de ce que représentait la « systémologie générale ». Le premier

¹ Bertalanffy L. von (1968a), pp. xiv-xv et (1972a), p. 29. Voir aussi (1972e), p. 186.

² Bertalanffy L. von (1972a), pp. 25-26. Voir aussi (1972b), p. 4.

³ Rapoport A. (1968), p. xxi.

⁴ Boulding K.E. (1964), pp. 25-26 et Weinberg G.M. (1972), p. 99.

⁵ Bertalanffy L. von (1972a), p. 38.

⁶ Rapoport A. (1966a), p. 3. Voir aussi (1986, 1988), p. 223.

⁷ Bertalanffy L. von (1972e), p. 186.

écrivit ainsi en 1986 que l'on devrait voir son rôle comme celui de « rassembler dans un schème de pensée unifié les divers développements » de la recherche systémique¹. Quant à Bertalanffy, il la présenta à la fin de sa vie sous la forme d'une classification très grossièrement systématique des divers domaines de cette recherche, loin donc de l'idée d'un unique paradigme².

Systémologie générale [<i>General system theory</i>]		
Philosophie des systèmes	Science des systèmes	Technologie des systèmes
Epistémologie des systèmes	Principes systémiques généraux	Technologie physique (robotique, informatique)
Ontologie des systèmes	Théorisations de « systèmes généraux »	Technologie sociale, économique et politique
Axiologie (théorie des valeurs)	Modèles théoriques systémiques spécifiques	

La première classification de ce type est en fait antérieure d'un an à celle de Bertalanffy : elle est due au systémicien soviétique Vadim N. Sadovsky. Mais elle n'identifiait pas la « systémologie générale » (la « *general system theory* » dont parlait Bertalanffy) à l'ensemble de ce que Sadovsky appelait la « recherche sur les systèmes » ou l'« approche système » : elle la distinguait, sous le nom de « théorie générale des systèmes », comme la branche théorique de cette recherche, vouée aux tâches suivantes : (1) la définition du concept de système et des concepts qui lui sont liés ; (2) la classification des systèmes et la découverte des lois se rapportant aux systèmes en général et aux classes particulières de systèmes ; (3) la construction de modèles de divers degrés de généralité de la conduite (fonctionnement, développement) des systèmes ; (4) l'élaboration d'un appareil formel spécial permettant d'accomplir les tâches précédentes et la création des fondements théoriques généraux pour les conceptions de systèmes spécifiques³.

Recherche sur les systèmes (« approche système »)			
Aspects philosophiques de la recherche sur les systèmes	Logique et méthodologie de la recherche sur les systèmes	Théorie générale des systèmes	Conceptions et théories spécifiques concernant les systèmes

Une classification encore différente (dite de l'« approche systèmes »), qui ne mentionnait même plus explicitement la « systémologie générale », fut publiée en 1984 par Richard Mattessich, un théoricien des « sciences du management ». On peut l'assimiler à une combinaison de celles de Bertalanffy et de Sadovsky, à ceci près qu'elle n'intégrait pas l'axiologie au champ de l'« approche systèmes »⁴.

« Approche systèmes » [<i>systems approach</i>]			
Philosophie des systèmes	Analyse des systèmes	Recherche systémique empirique	Ingénierie des systèmes
Ontologie	Théories mathématiques de systèmes	Études de comportements systémiques	Construction de systèmes artificiels
Épistémologie	Conception de modèles systémiques	Tests de lois et de modèles systémiques	(ingénierie, management, recherche opérationnelle)
Méthodologie		Simulations fondées sur ces modèles	

Chacune de ces classifications est contestable. Les lignes de division entre recherches théoriques systémiques spécifiques et « technologie des systèmes » correspondent en effet parfois à des différences de degré plutôt que de nature. On observe surtout la place incertaine de la logique et de la méthodologie, qui semble osciller entre philosophie des systèmes et science théorique des

¹ Rapoport A. (1986, 1988), p. 226.

² Bertalanffy L. von (1968a), pp. xv-xix et (1972a), pp. 28-38.

³ Sadovsky V.N. (1971), pp. 547-550.

⁴ Mattessich R. (1984), pp. 29-32.

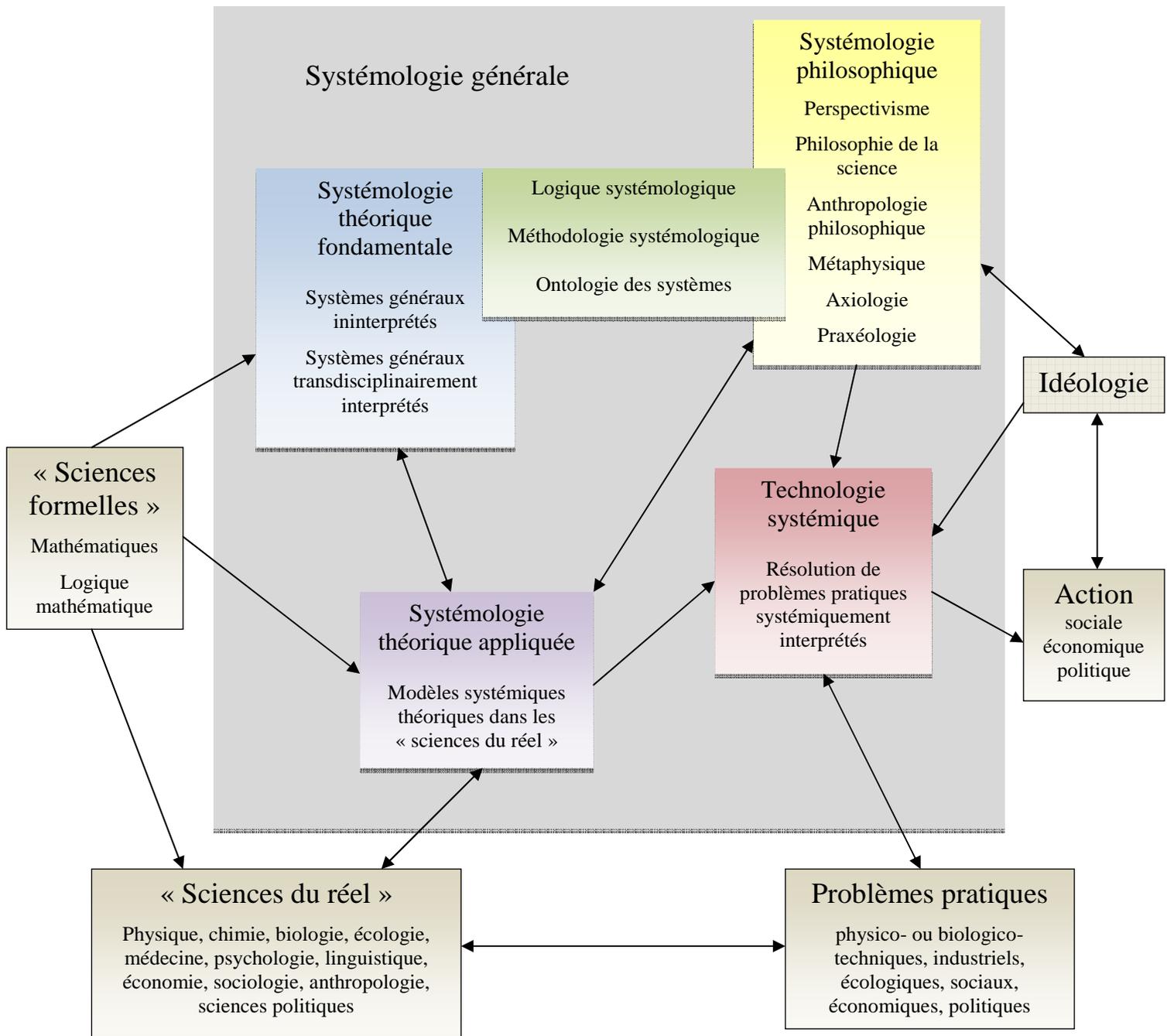
systèmes ; une place que Bertalanffy n'avait d'ailleurs pas définie explicitement, et pour cause : il va apparaître qu'un trait typique du projet de « systémologie générale » était de régler les questions d'ontologie, de logique et de méthodologie à l'interface entre science et philosophie – Eugene ayant à cet égard vu très juste malgré le caractère réducteur de sa caractérisation. Je propose ici un schéma du « système herméneutique de la systémologie générale » qui me semble plus complet et pertinent que les précédents, et donc mieux à même de guider la compréhension du projet initié par Bertalanffy.

4-1-1-3 – *Un schéma du « système herméneutique de la systémologie générale »*

Contrairement aux classifications trop statiques et cloisonnées qui viennent d'être considérées, ce schéma m'apparaît susceptible de rendre compte de l'ensemble des aspects de la « systémologie générale » sur lesquels ses promoteurs et artisans ont, en fonction de sensibilités et de centres d'intérêt divers, jugé bon d'insister dans leurs écrits. J'ai cherché à ce qu'il présente l'avantage de ne trahir aucune des conceptions développées par les systémiciens concernés – en particulier celles de Bertalanffy – tout en fournissant un cadre susceptible de révéler leur complémentarité, leur unité et leur dynamisme d'ensemble. Après avoir introduit ce schéma, je vais dans le reste de ce chapitre détailler les principes structuraux et fonctionnels de ce « système herméneutique », en considérant les contributions effectives les plus typiques à son élaboration et à sa mise en œuvre après 1955.

Dans ce schéma présenté sur la page suivante, chaque flèche doit se lire comme « informe ». La « systémologie générale » y apparaît structurée en quatre pôles interconnectés : la « systémologie philosophique », la « systémologie théorique fondamentale », la « systémologie théorique appliquée » et la « technologie systémique ». La logique, la méthodologie et l'ontologie ne doivent pas être comprises dans ce schéma comme constituant un pôle à part entière, mais plutôt comme participant simultanément de deux d'entre eux : elles y sont en fait présentées comme l'interface entre « systémologie philosophique » et « systémologie théorique fondamentale », dans la mesure où les questions qu'elles traitent ressortissent aussi bien de la problématique de la construction théorique de « systèmes généraux » que de la théorie de la connaissance, de la philosophie de la science et, dans une moindre mesure, des autres domaines de la « systémologie philosophique ».

Les deux pôles scientifiques de la « systémologie générale » ont un caractère théorique, mais ils doivent être distingués par leurs niveaux d'abstraction et leurs vocations respectives. En effet, la « systémologie théorique appliquée » peut être vue comme l'interface entre « sciences du réel » et « systémologie théorique fondamentale ». Celle-ci n'a pas de connexion directe avec les « sciences du réel » : ses matériaux de construction sont déjà des modèles systémiques théoriques élaborés avec plus ou moins de sophistication dans le champ de la « systémologie théorique appliquée » à partir de problématiques et de connaissances issues des « sciences du réel ». La fonction de la « systémologie théorique fondamentale » est d'abord de repérer les isomorphismes entre ces modèles théoriques, de construire des « systèmes généraux » les regroupant par classes d'équivalence, puis de dégager des concepts, des principes voire des lois applicables à ces diverses classes, en s'appuyant sur des outils élaborés dans les « sciences formelles ». Elle est la « théorie des systèmes généraux » proprement dite, constituant à ce titre tant une logique, une méthodologie et une ontologie qu'une matrice de la théorisation systémique. Sa fonction est en effet aussi d'informer en retour la « systémologie théorique appliquée » en lui fournissant un cadre général permettant de guider et de structurer la construction de modèles systémiques théoriques, de raffiner les modèles déjà existants aussi bien que d'en élaborer de nouveaux. Ses productions théoriques peuvent être regroupées en deux classes. D'une part les « systèmes généraux ininterprétés » : purement formels bien que diversement et inégalement formalisés du point de vue mathématique, ces systèmes ne se rapportent à aucun domaine phénoménal particulier et ne sont donc *a priori* rattachés à aucune discipline scientifique spécifique, ni même à plusieurs, tout en étant susceptibles d'être interprétés et de permettre de tels rattachements. D'autre part, les « systèmes généraux transdisciplinairement interprétés », qui sont construits sur la base de concepts et de modèles spécifiques développés dans plusieurs champs disciplinaires déterminés, champs dans lesquels ils sont destinés à s'appliquer en retour.



Le schéma vise aussi à mettre en évidence le rôle de pivot joué par la « systémologie théorique appliquée ». Ses « objets-modèles » sont construits en rapport avec des problématiques issues des « sciences du réel », mais se nourrissent aussi bien des « systèmes généraux », voire de considérations axiologiques ou métaphysiques. Ses modélisations, qui ont vocation à être guidées par des théorisations de « systèmes généraux », sont élaborées en étroite relation avec les « sciences du réel » tout en puisant directement certaines ressources dans les « sciences formelles ». La « systémologie théorique appliquée » informe en retour tant son homologue « fondamentale » (en lui fournissant sa « substance ») que les « sciences du réel » (auxquelles elle a pour vocation d'offrir des aperçus théoriques inédits). Elle a aussi pour fonction d'informer la « systémologie philosophique » en maintenant ouvert et vivant le contact de cette dernière avec les « sciences du réel », que ce soit en fournissant la matière d'une métaphysique « inductive » des systèmes ou en permettant aux réflexions épistémologiques, philosophico-scientifiques, anthropologiques, axiologiques et praxéologiques de se développer sur la base d'exemples fondés et pertinents.

La « systémologie théorique appliquée » informe enfin ce quatrième pôle de la « systémologie générale » qu'est la « technologie systémique ». Celle-ci est en effet vouée à résoudre certains problèmes pratiques en les interprétant comme des problèmes systémiques, et elle ne peut y parvenir qu'en disposant des outils théoriques nécessaires à cette interprétation. La « technologie systémique » se nourrit toutefois directement aussi de considérations axiologiques et praxéologiques entreprises dans le cadre de la « systémologie philosophique », ainsi que de considérations idéologiques qui ne sont pas caractéristiques des développements propres à cette dernière et qui contribuent d'ailleurs aussi pour leur part à informer directement ses composantes métaphysique, axiologique et praxéologique. La fonction ultime de la « technologie systémique » est de rendre possible et efficace une action conforme aux concepts, principes et résultats théoriques ainsi qu'aux préceptes axiologiques et praxéologiques élaborés dans les autres pôles de la « systémologie générale ».

Je vais dans le reste de ce chapitre développer cette esquisse concernant la structure et le fonctionnement de l'« herméneutique systémologique ». Parce que certains aspects, notamment ceux concernant le pôle de la « systémologie philosophique », ont déjà été largement discutés dans les différentes parties de cette thèse, je me limiterai à leur sujet à mettre en évidence quelques illustrations caractéristiques dans les réflexions postérieures à 1955 des artisans du projet de « systémologie générale ». D'autres aspects seront discutés plus en détails, car il s'agit de développements originaux postérieurs à 1955, qui touchent aux fondements de l'« herméneutique systémologique » ou expriment et illustrent typiquement son fonctionnement et ses vocations.

4-1-2 – *Le pôle de la « systémologie philosophique »*

Il s'agit de prendre pleinement en compte le pôle philosophique de la « systémologie générale ». Son importance essentielle pour Bertalanffy ne fait aucun doute. Elle se marque par la place qu'il lui accorda dans sa discussion de sa classification (près de 40 %, soit trois fois plus que celle de la « technologie des systèmes ») ; et plus profondément par la place considérable occupée par les questions relevant de ce pôle dans ses écrits à partir du milieu des années 1950 ; une période qui s'inaugure avec son essai sur la théorie perspectiviste de la connaissance et atteint son apex avec l'inscription de son essai majeur de 1967 dans le domaine de la « philosophie naturelle »¹. La vocation philosophique de la « systémologie générale » a été bien résumée par Rapoport lorsqu'il évoqua ce qu'il voyait comme ses « deux niveaux d'application » : « l'influence d'un *mode de pensée* particulier sur le développement de la pensée » (donc l'aspect « paradigmatique » déjà relevé), et « l'application effective de cette *nouvelle forme* de pensée »². Weinberg, qui la comprenait comme « une tentative pour aider l'esprit humain à appréhender un monde trop complexe pour cet esprit », jugea dans la même veine que « le travail majeur du théoricien des systèmes généraux est de *changer les schèmes de pensée* des gens, et non de publier des 'résultats' »³. On peut encore observer que la « systémologie générale » fut décrite par un autre systémicien comme « une sorte de sagesse qui illumine toutes les

¹ Bertalanffy L. von (1955b) et (1967a), pp. 53 sq.

² Rapoport A. (1986, 1988), pp. 223-224.

³ Weinberg G.M. (1972), p. 99 et p. 138. Les italiques me sont propres.

disciplines et ne prétend toutefois pas être complète »¹. Et relever le fait que d'autres identifiaient comme ses « traits fondamentaux » les « intérêts explicites » de la « recherche sur les systèmes généraux » pour la métaphysique, l'épistémologie et la méthodologie².

L'objectif sera, en se concentrant sur les aspects qui n'ont jusqu'à présent pas été discutés ou seulement brièvement évoqués, de considérer les diverses composantes de la « systémologie philosophique » ; il s'agira de mettre en évidence leurs relations et leur cohérence globale. Comme il apparaît dans mon schéma, il faut selon moi distinguer clairement ces composantes, notamment afin de pouvoir rendre compte des rôles originaux joués par l'épistémologie et la méthodologie dans la « systémologie générale ». Dans les commentaires de sa classification, Bertalanffy identifiait l'« épistémologie des systèmes » à la théorie perspectiviste de la connaissance³. Compréhensible au vu du constructivisme qui caractérisait son perspectivisme, cette réduction me paraît toutefois gêner la compréhension de la dynamique de la théorisation « systémologique » à laquelle participait la résolution des questions logiques, méthodologiques et ontologiques. L'ontologie pouvant en particulier se décliner tant sur le mode métaphysique ou celui de la théorie constructiviste de la connaissance que sur le mode de la construction théorique, formalisée ou non, de « systèmes généraux » (voir le 4-1-3-1). Bien qu'aucune des classifications évoquées plus haut ne l'ait mentionné, il faut aussi prendre en compte le fait qu'au moins aux yeux de Bertalanffy et de Rapoport, la métaphysique avait une place de plein droit dans la sphère « systémologique ». Et il est tout autant indispensable d'y voir opérer une philosophie de la science (des systèmes) réfléchissant à la nature de ses productions, à ses missions, à son unité, mais aussi à ses fonctions éthiques et sociales. Une philosophie en effet inséparable de composantes axiologiques et praxéologiques assumées, qu'il ne faut pas négliger faute d'apercevoir ce que je vais montrer être la visée ultime de la « systémologie philosophique » dans son ensemble : constituer un humanisme original, fondé sur les mathématiques.

4-1-2-1 – *Le perspectivisme, philosophie « systémologique » de la connaissance*

Que l'on puisse tenir le perspectivisme tel que Bertalanffy en développa les grandes lignes pour la théorie « systémologique » de la connaissance, j'en ai fourni tous les arguments au 2-2. J'observerai seulement ici sa manière d'opérer dans le reste du « système herméneutique » et ne vais, dans la présente sous-section, que citer quelques illustrations supplémentaires particulièrement saisissantes du fait que les vues perspectivistes de Bertalanffy étaient bien loin d'être idiosyncrasiques.

Ce dernier reste certes le seul systémicien à avoir développé, principalement entre 1937 et 1955, tous les thèmes perspectivistes que j'ai discutés au 2-2, et le seul aussi à avoir fourni les éléments permettant de reconstruire sa cohérence et sa fonction « systémologique », celle de fonder une ontologie et une méthodologie constructivistes des systèmes qui préservent par la voie d'un structuralisme « mathématisé » un concept d'objectivité et se gardent de dériver vers un conventionnalisme, un pur pragmatisme et un relativisme radical. Outre une compréhension perspectiviste du concept de système dont j'ai mis en évidence la quasi-généralité chez les systémiciens au 2-2-3, on peut néanmoins repérer dans la littérature ultérieure à 1955 plusieurs appropriations typiques des thèmes bertalanffiens chez les contributeurs du projet « systémologique » les plus enclins à la réflexion philosophique.

Il en va ainsi au premier chef de Boulding, dont le projet d'« eiconique » fut formulé et développé en 1956 sur la base d'un « schéma unique et transdisciplinaire » qu'il appelait l'« image ». Ce concept référait à la « structure subjective de la connaissance » que « tout individu ou organisation » aurait de son environnement. Le « schéma fondamental de formation » en serait celui d'un « filtrage de messages par un système de valeurs » et le comportement de l'entité concernée serait à comprendre non pas comme une simple réponse à des stimuli, mais comme une réponse à « la détermination de l'effet des messages » induite par ce filtrage. L'« eiconique » de Boulding rejoignait Bertalanffy aussi bien dans l'idée que toute connaissance est interprétative que dans le refus simultané de la confiner sous ce prétexte au domaine de la subjectivité :

¹ Livesey L.J. (1972), p. 154.

² Voir Reckmeyer W.J. (1981), p. i et Lenk H. (1978), pp. 255-256.

³ Bertalanffy L. von (1968a), p. xviii et (1972a), p. 37.

Nous ne percevons pas nos données des sens de manière brute ; elles sont médiatisées par un processus hautement sophistiqué d'interprétation et d'acceptation [...] Il n'y a pas de « faits ». Il n'y a que des messages filtrés par un système modifiable de valeurs [...] Ce qui ne signifie toutefois pas que toute connaissance soit simplement subjective¹.

Laszló estima nécessaire une quinzaine d'années plus tard encore de revenir sur ce dernier point, pour contrer le relativisme pur ; ce qu'il fit en reprenant impeccablement les arguments de Bertalanffy :

On peut tenir pour établie l'affirmation générale de l'importance des catégories cognitives *a priori* (quelque chose comme les schémas transcendants de Kant, bien qu'ils ne soient pas logiquement nécessaires, mais sujets à l'évolution empirique) [...] Le pas est alors court à franchir pour conclure au relativisme culturel [...] selon lequel il n'y a aucun critère de « vérité » et de « réalité », aucune manière de décider entre les variétés d'expérience cognitive humaine. Mais bien que fondée sur de puissants arguments, cette conclusion est trop hâtive [...] Tous les hommes, indépendamment de leur culture, sont équipés de récepteurs sensoriels analogues, ont des schèmes analogues de réponse et utilisent des schèmes de pensée obéissant à des lois ou régularités très semblables. En d'autres termes, il apparaît qu'il existe des traits « universels » sous-jacents aux relativités culturelles-cognitives [...] La théorie détermine comment l'observation doit être « vue » [...] La nature fournit les limites des schèmes perceptuels interprétables, et la science fournit leur interprétation².

On peut ailleurs voir réitéré par un autre systémicien les arguments perspectivistes justifiant le concept d'isomorphisme, plus de vingt ans après leur première formulation par Bertalanffy :

Qu'il doive y avoir des cas d'isomorphisme entre théories me semble être une conséquence naturelle du fait qu'un nombre limité de degrés de liberté dans le monde physique restreint le nombre des structures possibles ; que le nombre de possibilités est encore réduit si l'on ajoute à la structure en question une fonction (telle que la croissance, l'homéostasie, la réplication, etc.) car cela a pour effet d'éliminer la grande majorité des degrés de liberté disponibles pour cette structure dans son état non fonctionnel ; et que les limitations naturelles de notre intellect restreignent le nombre de types de systèmes théoriques que nous sommes capables de construire³.

Quant à Klir, lui aussi dans la pure lignée de Bertalanffy, il estima en 1969 nécessaire de conclure la logique et la méthodologie des « systèmes généraux » qu'il venait d'élaborer en insistant en ces termes sur le fondement de part en part perspectiviste de toute son entreprise :

L'un des résultats les plus fondamentaux de l'épistémologie est la découverte du fait qu'il existe nécessairement certaines limites à la connaissance. La théorie des systèmes généraux [*general systems theory*] telle qu'esquissée ici est essentiellement fondée sur ce résultat [...] Ses traits ayant une signification pour l'épistémologie sont [...] sa démonstration claire de l'ambiguïté de l'explication scientifique ; de la dépendance du type d'explication scientifique (causale, téléologique, déterministe, probabiliste, etc.) à la fois au système étudié et au point de vue du chercheur ; et du fait qu'aucune explication scientifique permanente ne peut s'accomplir seulement sur la base de données empiriques : pour déterminer une telle explication, des hypothèses *a priori* conformes aux circonstances respectives doivent être formulées⁴.

Il revient à Ungerer le mérite d'avoir, dans l'hommage à son vieux compagnon de route récemment décédé qu'il rédigea en 1973, rappelé aussi clairement que possible l'originalité de ce fondement perspectiviste du projet « systémologique » qu'il avait formulé :

Von Bertalanffy a conçu [sa systémologie : *system theory*] non comme un simple accomplissement « empirique » établi par observation, mais comme le reflet d'une « perception créative » [...] Sa systémologie n'est pas une « théorie du réel » au sens de Driesch [i.e. une ontologie réaliste des « totalités »], mais plutôt une « théorie de l'ordre » : la réalité, au sens métaphysique, n'est pas perçue, mais reflétée dans des modèles plus ou moins adéquats ; von Bertalanffy réfère à cette vision du monde comme étant perspectiviste⁵.

¹ Boulding K.E. (1956a), p. 14. Voir aussi p.11, p. 39, p. 43, p. 50, p. 139 et p. 148.

² Laszló E. (1972a), pp. 199-200.

³ Caws P. (1966, 1968), pp. 6-7.

⁴ Klir G.J. (1969), pp. 269-270.

⁵ Ungerer E. (1973), pp. 104-105.

Dans son propre hommage, Laszló fut parfaitement justifié à remarquer la convergence à cet égard entre Bertalanffy et le mouvement structuraliste francophone :

[La systémologie comme le structuralisme] sont des cadres théoriques sophistiqués qui ne prétendent pas simplement décrire des phénomènes observables ni pénétrer leur essence. Ils construisent plutôt des modèles de certains traits perspectivistes des phénomènes, en faisant de ces modèles des objets d'étude et de comparaison¹.

4-1-2-2 – *L'anthropologie philosophique « systémologique »*

Si le perspectivisme de Bertalanffy fut largement repris – en connaissance de cause ou non – par bon nombre de systémiciens, il n'en va pas de même du cadre anthropo-philosophique dans lequel il l'inscrit dès l'immédiat après-guerre et dont les différents aspects ont été examinés au 2-1-2. On ne peut guère compter que Boulding et Rapoport parmi les promoteurs de la « systémologie générale » ayant significativement fait leur la philosophie de l'homme comme « animal symbolique », en tant que tel créateur d'univers mus par une logique intrinsèque et dont la « productivité » et la « vie autonome » sont justiciables de concepts et de principes systémiques, voire plus spécifiquement « organismiques ».

Boulding le fit dès 1956 dans sa « théorie de l'image » et dans un article inspiré de ses discussions récentes avec Bertalanffy. Il y exposa en effet la « structure emboîtée de niveaux d'organisation » constitutive de ce que j'appelle un « *cosmos* systémique », dont il sera plus largement question au 4-1-2-4 au sujet de la composante ontologique de la « systémologie philosophique » : les trois derniers des neuf « niveaux de discours théoriques » qu'il distingua, le « niveau humain caractérisé par les phénomènes du langage et du symbolisme », le « niveau de l'organisation sociale » et celui des systèmes « transcendants », s'y ajustaient parfaitement à la vision de Bertalanffy de la spécificité humaine et de ce que celui-ci appelait « l'auto-transcendance des manifestations les plus hautes de la culture », c'est-à-dire « la réalisation de valeurs au-delà de l'individu » ; mais aussi à son idée essentielle et proprement « systémologique » selon laquelle « l'insertion du monde très 'réel' des symboles, des valeurs, des entités sociales et des cultures dans un ordre cosmique de hiérarchies est en mesure de combler l'opposition des 'deux cultures' » dont avait parlé Snow : « science et humanités, technologie et histoire, sciences de la nature et sciences sociales »².

Quant à Rapoport, ses connexions précoces avec le mouvement de « sémantique générale » le prédisposèrent naturellement à considérer lui aussi que les conceptions philosophico-anthropologiques de Bertalanffy faisaient partie intégrante de la « systémologie générale ». Ainsi put-il insister avec force en 1976 encore sur l'idée que « l'homme vit dans un environnement symbolique ou sémantique aussi réel que l'environnement physico-chimique » et que cet environnement doit être vu comme « un système qui maintient son identité, résiste au changement et néanmoins évolue »³.

Néanmoins, l'anthropologie philosophique bertalanffienne agit pour l'essentiel de manière diffuse dans les travaux de Boulding et Rapoport : elle y fut beaucoup moins développée que chez Bertalanffy, certains aspects tels que les fondements biologiques de la spécificité humaine et les considérations psychogénétiques n'y étant même pas discutés. C'est en définitive indéniablement Bertalanffy qui contribua le plus à l'élaboration de cet aspect de la « systémologie philosophique ».

4-1-2-3 – *La philosophie « systémologique » de la science*

La fonction de l'anthropologie « systémologique » dans cette herméneutique était double : justifier la légitimité d'une approche systémique des « niveaux d'organisation » spécifiques à l'homme et offrir un cadre explicatif à la théorie perspectiviste de la connaissance. Celle-ci avait quant à elle pour vocation de légitimer l'interprétation systémique du « réel » et, de part sa représentation elle-même systémique de la production de la connaissance, d'étendre cette interprétation aux fondements de l'épistémologie en général. Ces deux premières composantes de la « systémologie philosophique » fournissaient aussi les bases d'une philosophie de la « science des systèmes » comportant elle-même

¹ Laszló E. (1973), p. 144.

² Bertalanffy L. von (1968a), pp. xxii-xxiii et (1972f), p. xx pour cette citation. Voir aussi (1971c), pp. 38-41. En ce qui concerne Boulding, voir (1956a), pp. 19-28 et (1956b), surtout pp. 14-18.

³ Rapoport A. (1976), p. 15.

plusieurs composantes. En premier lieu la définition des missions proprement scientifiques de la « systémologie générale », qu'il s'agisse de ses objectifs théoriques spécifiques ou de son rôle allégué dans l'organisation de la recherche et de la connaissance scientifiques : ce sont ces aspects qui seront discutés dans la présente sous-section. En second lieu, le traitement purement philosophique des questions d'ordre ontologique, logique et méthodologique, qui feront successivement les objets des trois sous-sections suivantes.

Là encore, c'est surtout vers Bertalanffy, Rapoport et Boulding qu'il faut se tourner afin de voir explicitée au mieux la définition des missions scientifiques de la « systémologie générale » dans la période de maturité considérée ici. La contribution de leurs réflexions à ce sujet par rapport à celles menées par Bertalanffy au cours de la période antérieure à la formation de la S.G.S.R. ne tient certes pas à leur contenu, pour l'essentiel identique ; mais il concerne indéniablement leur forme, plus précise et synthétique – même chez Bertalanffy.

Il en va au premier chef ainsi de la justification de la légitimité et de la nécessité d'une « science des systèmes ». L'argument majeur, développé par Boulding en 1956, était celui de la faiblesse des outils théoriques disponibles dès lors que les « niveaux supérieurs » d'organisation (non purement physico-chimiques) sont concernés, l'« inadéquation » patente de ces outils même aux niveaux biologiques les plus élémentaires étant pointée¹. En d'autres termes, la « systémologie générale » était présentée comme le cadre indispensable afin d'être en mesure de penser la « complexité organisée » ; c'est-à-dire, selon Rapoport et Horvath, de théoriser les systèmes « trop complexes pour qu'une analyse méthodique de leurs composants en effets superposables » puisse être entreprise avec succès². Rapoport précisa très bien les termes de cette problématique, sur la base de la classification effectuée par Weaver :

La « complexité » réfère au nombre de traits de la situation qui doivent être pris en compte pour sa description et sa compréhension. « Organisée » réfère au degré d'interdépendance parmi ces traits [...] La vision théorético-systémique représente une tentative de contournement des difficultés associées à l'extension de la méthode analytique aux objets ou situations organisés ou semi-organisés de manière complexe. Elle se focalise sur les propriétés émergentes que ces objets ou classes d'événements possèdent en vertu de le caractère de systèmes, i.e. sur ces propriétés qui émergent de l'organisation même de la complexité [...] On peut néanmoins développer des théories traitant de certaines portions du monde qui sont trop complexes pour être entièrement comprises en termes de modèles analytiques. Elles dépendent pour leur développement d'approches synthétiques ou holistiques plutôt que d'approches analytiques. Le but de la systémologie générale est alors de développer de telles approches³.

Rosen, qui formula plus précisément encore que Rapoport la compréhension perspectiviste qu'il conviendrait d'avoir de la notion de « système complexe »⁴, fit comme Bertalanffy de l'histoire de la mécanique statistique un parfait exemple pour décrire la vocation de l'approche « systémologique », en pointant le fait que les lois macroscopiques de systèmes physiques dont cette mécanique peut rendre compte sur la base des propriétés cinétiques de microsystèmes sous-jacents n'auraient jamais pu être découvertes par son seul moyen, et que ces lois furent en réalité découvertes avant qu'elle ne soit élaborée⁵. Bertalanffy fut quant à lui plus clair dans les années 1960 qu'il ne l'avait été auparavant quant à la légitimité et aux vocations de la « systémologie générale » en tant que projet scientifique « s'efforçant d'élaborer de nouveaux schémas de pensée pour appréhender les systèmes à nombreux composants manifestant des traits d'ordre tels que l'organisation, la totalité, l'interaction, la concurrence ou la détermination finalisée [*Zielstrebigkeit*] »⁶ et par là-même de « rendre scientifiquement accessibles » les « entités holistiques qui, en conséquence du biais mécaniciste,

¹ Boulding K.E. (1956a), pp. 29-31.

² Rapoport A. & Horvath W.J. (1959), p. 89.

³ Rapoport A. (1973c), pp. 437-439. Voir déjà (1959b), p. 89.

⁴ Rosen R. (1977a) : « Un système complexe est un système avec lequel nous pouvons interagir efficacement de beaucoup de manières différentes, chacune requérant un mode particulier de description systémique [...] C'est-à-dire encore s'il nous permet de discerner beaucoup de sous-systèmes, selon la manière dont nous choisissons d'interagir avec lui [...] La complexité n'est pas une propriété intrinsèque des systèmes, mais surgit plutôt du nombre de manière dont nous pouvons (ou désirons) interagir avec un système ».

⁵ Rosen R. (1967b), pp. 185-188.

⁶ Bertalanffy L. von (1965b), p. 294.

furent exclues comme non-scientifiques, vitalistes ou métaphysiques »¹. Il énuméra la liste suivante des « motifs menant au postulat d'une théorie générale des systèmes [*general theory of systems*] » :

- (1) La prédominance dans les champs biologiques, comportementaux et sociologiques de problèmes qui n'étaient pas entrés dans les considérations de la science classique, tels que le maintien par un changement continu, la régulation ou la directivité du comportement ;
- (2) L'avènement dans ces champs de besoins théoriques pressants qui demeuraient insatisfaits ;
- (3) La nécessité, sans pour autant ériger de frontières étanches entre niveaux d'organisation et s'opposer au réductionnisme de principe par un biais opposé tout aussi métaphysique, de reconnaître la légitimité d'une élaboration d'outils conceptuels appropriés à chaque niveau ;
- (4) L'urgence d'une extension des schèmes conceptuels, de l'introduction de nouvelles catégories et de nouveaux modèles pour traiter de manière pertinente et féconde des champs et problèmes à variables multiples de « complexité organisée », où une application de la physique n'est pas suffisante ni même envisageable en vue de l'explication et de la prédiction².

Les vocations scientifiques de la « systémologie générale » en découlaient :

La systémologie générale [*general system theory*] doit développer des concepts, modèles et lois couvrant des aspects longtemps négligés de la réalité, et ceci implique : (1) des développements mathématiques pour formuler le concept de « système » et en dériver des traits caractéristiques des systèmes en général ou de sous-classes déterminées ; (2) l'application de considérations systémiques à des entités empiriques et la découverte de leurs lois³.

La meilleure expression de ces vocations par Bertalanffy se trouve selon moi dans un texte de 1967 consacré aux relations entre « systémologie générale » et psychiatrie ; s'y manifeste en effet non seulement l'orientation « organismique » dont il investissait cette « systémologie », mais aussi une compréhension plus large que celle qu'il avait eue dans les années 1940 et 1950 de la manière dont on peut faire opérer les modèles élaborés dans son cadre :

Tel est le but de l'approche systémique [*systems approach*] : étudier les caractéristiques organismiques de la vie, du comportement, de la société ; les prendre au sérieux et non les contourner ou les dénier ; trouver des outils conceptuels pour les traiter ; développer des modèles pour les représenter dans des constructions conceptuelles ; faire opérer ces modèles selon les voies scientifiques de la déduction logique, de la construction d'analogues matériels, de la simulation par ordinateur, etc. ; et parvenir ainsi à améliorer nos compréhension, explication, prédiction et contrôle de ce qui fait fonctionner un organisme, la psyché ou une société⁴.

Bertalanffy comme Rapoport n'eurent par ailleurs de cesse d'insister après 1956 sur l'intime connexion entre la « pensée exacte » et le projet « systémologique » en tant que cadre de la théorisation scientifique. La portée de cette connexion était double. Elle visait en effet d'abord ce que l'on peut bien appeler une réforme des modes holistiques de pensée :

La question qui se pose à nous est de savoir si nous pouvons prévoir les outils conceptuels qui doivent être ajoutés afin d'étendre les méthodes théoriques rigoureuses systématiques à la « complexité organisée » qui préoccupe les holistes⁵.

La systémologie générale est une direction méthodologique visant à étendre les méthodes rigoureuses d'analyse à des objets et situations caractérisées par la complexité organisée⁶.

Pour que les idées synthétiques, holistiques, puissent être réintroduites en science, il faudrait qu'elles soient couchées dans un langage aussi discipliné que celui de la science analytique. Certaines formulations de la systémologie générale sont des tentatives pour atteindre cet objectif⁷.

Mais comme les problèmes théoriques des sciences aux prises avec la « complexité organisée » étaient par définition caractérisés comme des problèmes de type holistique, la conséquence « naturelle », sur

¹ Bertalanffy L. von (1967a), p. 70.

² Bertalanffy L. von (1962a), pp. 1-2 et (1965c), p. 1099.

³ Bertalanffy L. von (1967a), p. 71.

⁴ Bertalanffy L. von (1967c), pp. 35-36. Les italiques me sont propres.

⁵ Rapoport A. & Horvath W.J. (1959), p. 89.

⁶ Rapoport A. (1973c), p. 437.

⁷ Rapoport A. (1972a), p. 44.

laquelle Bertalanffy avait insisté dès ses premiers discours, en était aussi que la « systémologie générale » avait pour vocation majeure de rendre les sciences non-physiques accessibles à la détermination nomothétique « exacte » :

Jusqu'à récemment, le corpus des lois de la nature était presque identique à la physique théorique. Peu de tentatives de formuler des lois exactes dans les champs non physiques ont gagné une reconnaissance universelle. Pourtant, l'impact et le développement des sciences biologiques, comportementales et sociales semble rendre nécessaire une extension de nos schèmes conceptuels afin de permettre des systèmes de lois dans des champs où l'application de la physique n'est pas suffisante ou possible [...] La systémologie générale pourrait être un important moyen d'atteindre une théorie exacte dans les champs non physiques de la science¹.

Lui était d'ailleurs selon Rapoport posée cette question centrale :

Dans quelle mesure l'approche théorético-systémique *hard* [i.e. mathématique] peut-elle être étendue à des systèmes autres que physiques ?²

Le troisième volet, enfin, de la définition des missions scientifiques générales de la « systémologie », concernait la problématique de l'unité de la recherche et de la connaissance scientifique, avec un souci particulier porté aux questions de la communication et de la formation « généraliste » des chercheurs. L'approche de cette problématique y était conditionnée par ce que Bertalanffy décrivit comme « l'exigence essentielle [*hauptsächliches Anliegen*] de la systémologie [*Systemtheorie*] » : « mettre en relief la correspondance logique des principes d'organisation et des lois dans différents domaines » et élaborer sur cette base des « constructions généralisées » à caractère transdisciplinaire³. Les finalités du point de vue de la problématique discutée ici étaient aussi ambitieuses qu'essentielles pour les promoteurs de la « systémologie générale ». Bertalanffy les énuméra en 1955 aux côtés des fonctions évoquées plus haut dans la liste des objectifs primordiaux assignés à la « systémologie » :

- (1) Servir de centre de gravité d'une « intégration des différentes sciences, de la nature et sociales », qui, « en développant des principes unificateurs traversant 'verticalement' les univers des sciences individuelles, nous rapproche du but de l'unité de la science » ;
- (2) Être par là-même aussi en mesure de « mener à une intégration de l'éducation scientifique dont le besoin [était] fortement ressenti »⁴.

Dans son article inspiré de ses discussions avec Bertalanffy, Boulding distingua quant à lui l'année suivante pour la « systémologie » en tant qu'entreprise scientifique deux « niveaux d'ambition » et, en raison inverse, « de confiance », le plus élevé du point de vue de l'ambition (donc aussi le plus spéculatif) étant rien moins qu'une structuration systématique de l'ensemble de la connaissance scientifique sur la base de schèmes systémiques :

Quelque part entre le spécifique qui n'a aucune signification et le général qui n'a pas de contenu, il doit y avoir, pour chaque but et à chaque niveau d'abstraction, un degré optimal de généralité. Telle est l'affirmation de théoricien des systèmes généraux que ce degré optimal de généralité dans la théorie n'est pas toujours atteint par les sciences particulières. Les objectifs de la systémologie générale [*general systems theory*] peuvent alors être fixés avec des degrés divers d'ambition et de confiance. À un bas niveau d'ambition mais avec un degré élevé de confiance, elle vise à pointer les similitudes entre constructions théoriques de diverses disciplines, où elles existent, et à développer des modèles théoriques ayant une applicabilité dans au moins des champs différents d'étude. À un degré supérieur d'ambition, mais avec peut-être un degré moindre de confiance, elle espère développer quelque chose comme un « spectre » de théories – un système de systèmes qui pourrait accomplir la fonction d'une « gestalt » dans la construction théorique. De telles « gestalts » dans des champs spécifiques ont été de grande valeur en dirigeant la recherche vers les lacunes qu'elles révèlent [...] La systémologie générale est le squelette de la science au sens où elle vise à fournir un cadre ou une structure de systèmes sur lequel peuvent être suspendus la chair et le sang des disciplines particulières et des sujets d'étude particuliers, dans un corpus ordonné et cohérent de

¹ Bertalanffy L. von (1955a), pp. 75-76.

² Rapoport A. (1970), p. 19.

³ Bertalanffy L. von (1965b), p. 297 et (1965c), p. 1099.

⁴ Bertalanffy L. von (1955a), p. 76.

connaissance. Elle a toutefois aussi quelque chose d'un squelette dans un placard – le placard étant dans ce cas le manque de volonté de la science d'admettre le niveau très bas de ses succès dans la systématisation, et sa tendance à fermer la porte aux problèmes et sujets d'étude qui n'entrent pas facilement dans des schèmes mécaniques simples¹.

Songeant plus particulièrement aux sciences sociales, Boulding précisa une quinzaine d'années plus tard en ces termes sa compréhension de la vocation unificatrice du processus de restructuration supposé s'accomplir autour de ce « squelette » compris comme un axe transdisciplinaire permettant d'interconnecter les différentes disciplines établies, de les enrichir et de les élargir tout en préservant leur existence et leur autonomie. Par quoi se manifeste aussi l'intime connexion entre cette ambition « unitarienne » et une ontologie des « niveaux de systèmes » dont l'examen est incontournable :

Ce qui semble se produire de nos jours est une certaine tendance des frontières traditionnelles à se briser dans toutes les sciences. C'est particulièrement remarquable dans les sciences sociales. Il est devenu de plus en plus difficile d'identifier la discipline de quelqu'un qui travaille aux frontières de la connaissance. Seul le futur dira si ce processus aura pour résultat la restructuration des présentes disciplines. Les disciplines existantes ont une forte dynamique propre et un fort ensemble d'intérêts propres, qui leur confèrent une forte tendance à l'auto-perpétuation. Il se pourrait par conséquent que l'un des rôles de ce que l'on pourrait appeler les systèmes sociaux généraux sera de fournir une matrice plus large à l'intérieur de laquelle les disciplines existantes pourront exister sans créer beaucoup de dommages. Dans ce cadre on peut peut-être aussi prévoir le développement d'une nouvelle structure disciplinaire qui traverse les disciplines plus anciennes, divisant les sujets d'étude selon les niveaux de systèmes impliqués [...] La restructuration des disciplines selon des niveaux de systèmes plutôt que selon les accidents historiques ou des formes particulières d'abstraction ne remplacera vraisemblablement pas la structure existante des disciplines et des départements [de recherche], mais si elle peut être déployée au travers de l'ancienne structure, elle enrichira grandement le cadre conceptuel présent².

4-1-2-4 – Composante ontologique de la « systémologie philosophique »

En tant qu'ontologie, la « systémologie philosophique » se caractérise comme ce que j'appellerai une « cosmologie systémique » réinterprétant dans un cadre perspectiviste la « vision monadologique du monde » qui avait fourni dans sa jeunesse à Bertalanffy la matière de ses réflexions, avec déjà l'ambition de la « réhabiliter sur un mode critique ». Cette ontologie de « l'unité au travers de la diversité » se déployait simultanément en deux moments complémentaires : d'une part un « arrangement du réel » en « niveaux de discours » systémiques ; d'autre part le développement, dans le prolongement de celui élaboré dans les années 1930 par Bertalanffy, d'un concept parfaitement transdisciplinaire de « système organisé » fournissant la base d'une interconnexion de ces « niveaux de discours », un schème d'intégration des sciences particulières voué à y structurer la théorisation.

Bertalanffy, Rapoport et surtout Boulding insistèrent particulièrement sur le premier moment dans la seconde moitié des années 1950, celui de la diversité. Même s'ils étaient farouchement attachés à la notion de « niveau d'organisation », il ne s'agissait pas pour eux de s'engager dans une métaphysique émergentiste de la stratification, en particulier de soutenir la thèse d'une irréductibilité et d'une imprédictibilité de principe des lois d'un niveau à un autre. Leur attitude, aussi pragmatique qu'inspirée par leur anthropologie philosophique et soucieuse de considérations axiologiques dont il sera question plus loin, consistait à distinguer des « niveaux de complexité » en vue de développer des « cadres conceptuels », des « niveaux d'abstraction » appropriés à chacun³, sans préjuger de la pertinence de distinguer des niveaux intermédiaires ni de la possibilité de réduire les uns aux autres. Elle se justifiait par le caractère apparemment insurmontable *en pratique* des difficultés posées par la « complexité organisée », par l'échec patent des approches *a priori* réductionnistes de cette dernière et par la nécessité d'élaborer de nouveaux outils pour l'appréhender :

¹ Boulding K.E. (1956b), p. 11 et p. 17.

² Boulding K.E. (1973), pp. 964-965.

³ Boulding K.E. (1956b), p. 13.

Chaque niveau peut être traité par un cadre théorique qui lui est approprié, et les niveaux impliquant des champs étendus de vision (ayant un faible pouvoir de résolution) n'ont pas besoin d'être encombrés par les concepts des niveaux de plus grand pouvoir de résolution¹.

Boulding exposa en 1956 dans cette optique le cadre d'« un arrangement de systèmes et de constructions théoriques en une hiérarchie de complexité correspondant grossièrement à la complexité des 'individus' des différents champs empiriques », qu'il considérait être un pas vers le « système de systèmes » à l'élaboration duquel il vouait la « systémologie générale »². Chacun des ces niveaux était identifié par des caractéristiques déterminées et était conçu comme « incorporant » les précédents, le nombre de disciplines scientifiques impliquées se raréfiant au fur et à mesure de l'ascension de la « hiérarchie » ainsi construite (toutes l'étant au premier niveau).

Niveau	Caractéristiques	Exemples
1 – Structures statiques (« niveau des cadres »)	« Géographie et anatomie de l'univers »	Structure des atomes, molécules, gènes, cellules, plantes
2 – Systèmes dynamiques simples (« niveau des horloges »)	Mouvements prédéterminés, nécessaires des parties Systèmes dynamiques (éventuellement stochastiques) menant à un équilibre simple	Système solaire Machines à vapeur
3 – Systèmes cybernétiques (« niveau du thermostat »)	Transmission et interprétation d'information Mécanismes de rétroaction	Thermostats Homéostasie en physiologie
4 – Systèmes ouverts (« niveau de la cellule »)	Equilibres de flux Capacités d'autorégulation et d'auto-reproduction	Cellules
5 – Systèmes « génétiques-sociétaux »	Différenciation et interdépendance entre parties Différenciation entre génotype et phénotype Traitement rudimentaire de l'information	Plantes
6 – Systèmes conscients non réflexifs [<i>aware</i>] (« niveau animal »)	Mobilité accrue Traitement élaboré de l'information (rôle structurant prépondérant de l'« image ») Comportement téléologique	Animaux
7 – Systèmes conscients réflexifs [<i>self conscious</i>] (« niveau humain »)	Organisation complexe de l'information Langage et symbolisme Image élaborée du temps et conscience de la mort	Individus humains considérés comme des systèmes
8 – Organisations sociales	Structure de rôles liés par des canaux de communication Relations de pouvoir, d'échange et de coopération	Sociétés humaines
9 – Systèmes transcendants	Produits de la conscience humaine	Religions

¹ Rapoport A. (1959), p. 55. Voir aussi Bertalanffy L. von (1956a), p. 33.

² Boulding K.E. (1956a), pp. 19-24 ; (1956b), pp. 14-17; (1958, 1961), p. 2.

Selon Boulding, un premier avantage d'une telle « hiérarchie de systèmes » serait qu'elle permet de « donner une idée des lacunes contemporaines dans la connaissance aussi bien théorique qu'empirique ». Il considérait que les modèles théoriques adéquats restaient confinés aux quatre premiers niveaux (et même presque exclusivement aux deux premiers) et que la connaissance empirique était « déficiente à pratiquement tous les niveaux ». Bertalanffy, Rapoport, Miller et Gerard mirent eux aussi en avant en leurs propres termes ce schème de stratification (le dernier parlant par exemple d'un « axe vertical de niveaux d'entités matérielles, chacun englobant des niveaux subordonnés »)¹. La plus grande valeur de ce schème était aux yeux de Boulding qu'il « évite d'accepter comme final un niveau d'analyse théorique se situant en-deçà du niveau du monde empirique étudié ». Remarquons qu'il en fit un motif pour mettre en garde les représentants des sciences économiques et surtout des « *management sciences* » quant à leur tendance à oublier que leurs modèles théoriques, en dépit de leur vocation à appréhender le huitième « niveau d'abstraction », ne dépassaient guère, en fait, les troisième et quatrième niveaux.

Le second moment ontologique de la « systémologie philosophique », celui de l'unité, a trait à la discussion de ce qu'il faut entendre par « système ». Les aspects de cette discussion ressortissant de la théorie perspectiviste de la connaissance ayant déjà été largement discutés au 2-2-3, je me focaliserai seulement ici sur ceux concernant la légitimation de ce que Rapoport appela en 1970 « un schème unifié parmi les diverses sciences particulières » : celui du « système organisé »². Boulding, Gerard et surtout Miller et Bertalanffy consacrèrent après 1955 une bonne part de leurs travaux à des constructions théoriques centrées sur ce schème, sur lesquelles je reviendrai aux 4-1-3 et 4-1-4 puisqu'elles sont des productions typiques des « systémologies théoriques ». Mais c'est surtout à Rapoport que l'on doit les réflexions les plus claires à son sujet, entreprises principalement à partir de 1966. Elles sont révélatrices des motifs du biais « organismique » que Bertalanffy avait d'emblée imprimé à son projet « systémologique » général et que partageaient en fait ses principaux promoteurs. Nous avons vu au 2-2-3-4 le mathématicien distinguer une définition « dure » d'un système (en tant que « portion du monde » caractérisée par les valeurs de certaines quantités variables qu'un « ensemble de règles » permet de « dériver d'une information partielle » sur un état donné) et une définition « douce » (en tant que « portion du monde perçue comme une unité et capable de maintenir son 'identité' en dépit des changements qui y surviennent » et des « influences perturbatrices »). Rapoport considérait cette dernière définition comme « une sorte de généralisation de celle d'un organisme » qui, bien que ne satisfaisant pas les critères de rigueur mathématique, est « richement suggestive » afin d'appréhender « les systèmes trop complexes pour être décrits en termes de succession d'états ou par des modèles mathématiques », en particulier les « systèmes humains »³. Il la considérait même comme *nécessaire* en vue de toute interprétation systématique du « réel » :

Dans presque toute définition d'un système se cache quelque chose comme une idée de la constance dans le changement [...] C'est le réseau des relations entre éléments, et non la nature des éléments, qui définit quelque chose comme un système d'un type donné. De ce point de vue, la constance dans le changement se réfère à la conservation du réseau, même lorsque les éléments sont remplacés par d'autres [...] Elle est un principe fondamental de la « systémicité » [...], et ce pour deux motifs. En premier lieu parce que lorsqu'une chose n'est pas caractérisé par la persistance au cœur du changement, elle n'est pas *reconnue* comme un système. Et en second lieu parce que lorsque qu'elle ne développe aucun mécanisme maintenant son organisation interne en présence de perturbations, elle cesse d'être un système. La contribution de la systémologie générale à cette formulation « tautologique » consiste à élargir considérablement les catégories que l'on range sous l'idée de « mécanismes de maintien de l'identité »⁴.

À cet égard, les promoteurs de la « systémologie générale » n'avaient pas moins que Piaget, Delattre et Le Moigne le souci aigu de dépasser l'opposition entre structuralisme et évolutionnisme, pour les faire

¹ Bertalanffy L. von, lettre à Hempel C.G. du 11/06/1950 (*Archives du B.C.S.S.S.*) et (1953a), p. 237. Rapoport A. (1968), p. xxii. ; Gerarrd R.W. (1964), pp. 122-123 et (1969) ; Miller J.G. (1978) .

² Rapoport A. (1970), p. 22.

³ Rapoport A. (1970), p. 22 ; (1968), p. xx et (1976), p. 13.

⁴ Rapoport A. (1986, 1988), pp. 78-79 et p. 119.

coexister¹. Ce souci s'exprima dans un schème conceptuel du « système organisé » que Gerard fut le premier, en 1957, à caractériser par ces trois moments essentiels, ou « propriétés fondamentales des systèmes », que sont la *structure* (l'« être », la morphologie, la constance architecturale dans le temps), la *fonction* (le « comportement », l'« agir », les changements réversibles dans le temps) et l'*évolution* (le « devenir », l'histoire, les changements irréversibles dans le temps). Ces trois moments introduiraient une même division selon un « axe horizontal » à chaque « niveau » de « l'axe vertical » que Gerard voyait aller des molécules aux sociétés d'organismes ; ils traduisaient selon lui une sorte de « spirale ascendante de causes et d'effets » entre ces niveaux, du « devenir » à un niveau donné à l'« être » au niveau immédiatement supérieur jusqu'au « comportement » au niveau encore supérieur, selon le cycle : « l'histoire produit la structure, qui produit la fonction, qui produit l'histoire, etc. »² ; plus précisément, dans les termes de Rapoport :

Les processus constituant la genèse déterminent la structure ; la structure fixe les limites et les potentialités du comportement ; et le comportement, à son tour, i.e. les interactions d'un système avec son environnement, peut induire des changements dans la structure, particulièrement dans la structure d'un système plus large dans lequel le système en question est emboîté³.

Rapoport fut en plusieurs occasions explicite sur le fait que les « systèmes organisés » caractérisés de la sorte constituaient l'objet propre de la « systémologie générale », laquelle se trouvait donc focalisée non pas sur un concept absolument général de système, mais sur l'étude de la possibilité d'« élargir » suffisamment le concept d'organisme afin d'embrasser l'ensemble des problèmes touchant à la « complexité organisée », y compris lorsqu'ils ne sont pas justiciables d'un traitement mathématique – mais en prenant toujours garde de ne pas s'abandonner à de vagues analogies :

Seule une classe limitée d'objets ou de phénomènes peuvent être décrits comme des systèmes au sens rigoureux du terme [...] Dès lors que les exigences d'une définition « *hard* » d'un système sont assouplies, un beaucoup plus grand nombre de choses peuvent être vues comme des systèmes⁴.

Les systèmes qui sont « vivants » au sens commun ou biologique du terme partagent beaucoup de traits avec des systèmes qui ne le sont pas ; et ces traits communs dérivent de la manière dont tous ces systèmes sont organisés [...] Tout système organisé, vivant ou non, peut être vu selon trois perspectives qui englobent le domaine le plus large d'une systémologie générale [*general system theory*] [...] Une fois que l'on a reconnu que structure, fonction et évolution (ou *être*, *agir* et *devenir*) sont des aspects fondamentaux de tous les systèmes organisés, le concept d'organisme peut être suffisamment élargi pour inclure, par exemple, tous les complexes d'organismes vivants plus les artefacts fonctionnellement reliés à leur structure, comportement et développement⁵.

Au lieu d'être centrée sur le *contenu* des événements examinés, la systémologie générale est primordialement concernée par les *structures* des systèmes telles que définies par les relations entre leurs parties, par la manière dont ces relations déterminent le comportement dynamique du système (son passage d'un état à un autre), et par l'histoire du système, i.e. son propre développement en tant que résultat de ses interactions avec son environnement. Une systémologie générale mathématique [*mathematical general system theory*] fournit des descriptions de ces trois aspects des systèmes, à savoir structure, comportement et évolution, dans un langage mathématique abstrait⁶.

L'organisation est explicitement ou non contenue dans toutes les définitions d'un système [...] Elle est un thème central de la systémologie, [...] qui], en tant que théorie de l'*organisation*, traite des propriétés générales des « totalités organisées » et est en grande partie déductive ou mathématique, [...] par opposition à] la théorie *des organisations*, des associations d'humains dont les activités sont coordonnées et qui cherchent à atteindre des buts déterminés, laquelle est orientée empiriquement⁷.

¹ Piaget J. (1968), pp. 10-11 ; Delattre P. (1971, 1985), p. 7. Voir aussi Le Moigne J.L (1977), p. 37-40 : « Le système général décrit un objet qui, dans son environnement, doté de finalités, exerce une activité et voit sa structure interne évoluer au fil du temps, sans qu'il perde pourtant son identité unique [...] La trialectique de l'*Être*, du *Faire*, du *Devenir*, est sans doute le sésame de la représentation, sinon de la connaissance [systémique] de l'objet. La définition d'un objet se fait par triangulation : elle pondère une définition fonctionnelle (ce que l'objet fait), une définition ontologique (ce que l'objet est) et une définition génétique (ce que l'objet devient) ».

² Gerard R.W (1957), pp. 432-433 ; (1964), pp. 122-123 et (1969), p. 227.

³ Rapoport A. (1973c), p. 458.

⁴ Rapoport A. (1970), p. 22.

⁵ Rapoport A. (1968), p. xx.

⁶ Rapoport A. (1966a), p. 9.

⁷ Rapoport A. (1986, 1988), p. 120.

Le schème conceptuel du système organisé a une valeur heuristique en ce qu'il focalise l'attention sur d'importants problèmes surgissant dans l'étude des systèmes. La question est de savoir comment de tels problèmes peuvent être posés et résolus, et comment la fonction unificatrice de la systémologie générale peut être concrètement servie¹.

Eu égard à cette fonction unificatrice, Gerard et, à sa suite, Rapoport, proposèrent justement à la fin des années 1950 la classification du système des sciences concernées par la problématique de la « complexité organisée », qu'ils désignèrent comme la « représentation schématique de la systémologie 'organismique' [*'organismic' system theory*] »².

Niveau	Aspect		
	Structure (être)	Fonction (agir)	Évolution (devenir)
Société	Sociologie, anthropologie culturelle	Sociologie, économie, anthropologie culturelle	Histoire
Institution	Théorie de l'organisation	Science politique, sociologie politique, théorie de l'entreprise	Science politique, histoire, anthropologie culturelle
Groupe	Psychologie sociale	Psychologie sociale	
Individu	Anatomie	Psychologie, éthologie	Psychologie du développement, biographie
Organe	Anatomie	Physiologie	Embryologie, théorie de l'évolution
Cellule	Histologie	Physiologie cellulaire, biochimie	

4-1-2-5 – Composante logique de la « systémologie philosophique »

Les considérations d'ordre ontologique relatives aux « niveaux d'organisation » systémique, à ce qu'il convient d'appeler un système et aux spécifications de ce concept devant concentrer les attentions des artisans de la « systémologie générale » se prolongèrent naturellement par d'importants efforts logiques, principalement entrepris dans la seconde moitié des années 1950 et les années 1960. Une part de ces efforts, dans la mesure où ils étaient orientés vers la formalisation des concepts systémiques ou des procédures « systémologiques » de théorisation de « systèmes généraux », était constitutive de ce que j'appelle la « systémologie théorique fondamentale », au même titre que l'ontologie des systèmes généraux : cette part de la « logique systémologique » sera discutée au 4-1-3. Je me focaliserai ici sur sa « branche » purement philosophique, caractérisée par les problématiques suivantes : (1) la critique de la structure conceptuelle des constructions théorético-systèmeiques déjà élaborées ; (2) l'explicitation du statut logique de la « systémologie générale » du point de vue de sa position dans l'entreprise de théorisation scientifique ; (3) l'élaboration de définitions « verbales », non formalisées mais aussi précises que possible des concepts systémiques, voire une systématisation de ces derniers ; (4) l'explicitation de la position des problèmes reconnus comme systémiques et la classification de leurs modes de description. Il s'agit donc ici de la généralisation de l'approche scientifico-philosophique que Bertalanffy, dans l'esprit de clarification voire de purification des concepts qui avait été typique des philosophes néo-kantiens ou néo-positivistes contemporains de sa jeunesse, avait pris soin de commencer par appliquer à la biologie avant d'entreprendre l'élaboration d'une biologie théorique « au second sens » qu'il assignait à cette expression – c'est-à-dire nomothétique et « exacte ».

La première problématique s'exprima largement entre la fin des années 1950 et le milieu des années 1970 dans bon nombre d'écrits des systémiciens majeurs, par exemple dans les critiques que s'adressèrent réciproquement Bertalanffy, Ashby et Ackoff³, dans les réflexions épistémologiques approfondies de Rapoport et Klir sur les procédures de construction de modèles systémiques

¹ Rapoport A. (1973c), p. 458.

² Gerard R.W. (1957) et Rapoport A. (1970), p. 23.

³ Ashby W.R. (1955/1956) et (1958) ; Bertalanffy L. von (1962a) ; Ackoff R.L. (1963).

spécifiques ou de théories de « systèmes généraux »¹, ou encore dans les séries d'essais de systémiciens du « bloc de l'Est » voués à pointer aussi bien les limites que les mérites des travaux de leurs collègues américains².

En ce qui concerne la définition du statut logique de la « systémologie générale » en tant que cadre de la théorisation scientifique, elle était fondée chez ses artisans sur ce qu'il faut comprendre (dans le cadre perspectiviste) comme un postulat régulateur :

La principale profession de foi du théoricien des systèmes généraux est que l'ordre du monde empirique a lui-même un ordre que l'on peut appeler un *ordre du second degré*. S'il se plaît à trouver une loi, il est en extase lorsqu'il trouve une *loi à propos de lois*. S'il voit les lois comme un bien, les lois à propos de lois lui sont simplement délicieuses et constituent ses objets de recherche les plus dignes d'éloges³.

C'est probablement à Laszló que l'on doit la meilleure formulation du statut métathéorique qui fut dès lors assigné à la « systémologie générale », celui de cadre de la construction de « modèles (du second ordre) de modèles (du premier ordre) » du monde empirique ; mais aussi de la connexion de ce statut avec la « profession de foi » évoquée par Boulding :

Les nombreuses sciences et disciplines traitant d'aspects du monde expérimenté construisent des « modèles » de leur domaine particulier d'expérience [...] Ces modèles donnent autant de perspectives de ce qui pourrait être un noyau commun sous-jacent d'événements. La tâche de la systémologie générale est de découvrir ce noyau. À défaut d'une connexion directe avec une réalité objective, elle ne peut y parvenir qu'au travers des modèles existants. Une simple analyse de ces modèles fournit indubitablement une vision clarifiée mais toujours unilatérale et non coordonnée du monde ; aussi doit-elle être complétée par la synthèse. Et celle-ci n'est pas nécessairement une procédure arbitraire consistant à déclarer qu'un concept est « le même qu'un autre ». La synthèse peut plutôt suivre essentiellement la même procédure que la construction de modèle dans les sciences empiriques, en se plaçant toutefois à un *méta-niveau du « second ordre »*. Je suggère que *la synthèse systémologique générale est la construction de modèles de modèles*. Ses procédures peuvent être contrôlées et explicites, et elle n'a pas à être moins rigoureuse dans son but et ses attentes que n'importe quelle science empirique. Sa principale spécificité est donnée par le fait que *les données de la synthèse systémique sont des théories – des modèles de « premier ordre » du monde expérimenté – et non des expériences elles-mêmes. Son hypothèse fondamentale est que les modèles de premier ordre réfèrent à un noyau commun sous-jacent appelé « réalité », et que ce noyau est généralement ordonné*. Ainsi les ordres particuliers élucidés par les nombreux modèles de niveau empirique servant pour elle de données peuvent-ils être intégrés dans un schème d'ordre général, que l'on pense caractériser une réalité plus large étudiée par le modèle de second ordre⁴.

La majeure partie de la composante logique de la « systémologie philosophique » fut toutefois consacrée à la définition des concepts systémiques. La tâche consistait, selon les termes de trois systémiciens soviétiques, à « élaborer des moyens conceptuels adéquats permettant de représenter des objets comme des 'systèmes' » et à « développer un appareil visant à décrire les plus importantes caractéristiques des objets » ainsi représentés⁵. Dès 1941, donc avant même que Bertalanffy n'ait publié ses réflexions sur la « systémologie générale », Angyal avait souligné la nécessité de développer une logique adaptée à la pensée systémique, seule à même selon lui d'« offrir la base d'une formulation mathématique exacte des connexions holistiques ». Il avait pointé l'inadéquation des logiques disponibles qui, d'Aristote aux logiques formelles sophistiquées des années 1930, étaient certes taillées sur mesure pour l'analyse de connexions réductibles à des relations entre paires de *relata*, mais restaient justement de ce fait incapables de structurer une pensée vraiment systémique, contribuant au contraire à soutenir le « ferme enracinement » d'une pensée méristique⁶. En dépit des

¹ Rapoport A. (1956c) ; (1957) ; (1959a) ; (1960a) ; (1966a) ; (1972a) et (1973c) ; Klir G.J. (1968), (1969), (1970) et (1972).

² Lektorsky V.A. & Sadvosky V.N. (1960) ; Kamaryt J. (1961) ; Bendmann A. (1963) ; Shchedrovitzky G.P. (1966) ; Sadvosky V.N. ((1971) et 1972) ; Blauberger I.V., Sadvosky V.N. & Yudin E.G. (1973) et (1980).

³ Boulding K.E. (1964), p. 27. Les italiques me sont propres.

⁴ Laszló E. (1972a), pp. 19-20. Les italiques me sont propres.

⁵ Blauberger I.V., Sadvosky V.N. & Yudin E.G. (1973), p. 253 et p. 261.

⁶ Angyal A. (1941, 1969), en particulier pp. 17-19.

efforts entrepris après Angyal afin de répondre à ce besoin¹, les systémiciens soviétiques mentionnés plus haut purent en 1973 encore relever « l'absence d'une logique spécialement développée pour la recherche systémique et le fait que les chercheurs dans ce domaine doivent recourir à de vieux moyens logiques développés pour résoudre des problèmes différents » de ceux auxquels ils sont confrontés, une situation qui « affect[ait] directement l'efficacité de leurs recherches » ; ils constataient la pressante actualité du besoin de développement de « catégories systémiques spécifiques », leur absence expliquant la multiplicité ahurissante des terminologies utilisées dans la recherche systémique et, selon eux, le « caractère amorphe » de cette dernière².

Plusieurs travaux postérieurs à 1955 méritent par contre d'être distingués pour leurs contributions aussi typiques que significatives à l'entreprise de clarification logique des concepts systémiques. Maintes fois cité dans la littérature, celui publié en 1956 dans le premier volume de *General systems* par Arthur D. Hall et Robert E. Fagen fut le premier dans le genre. Après avoir défini les concepts d'« objet », d'« attribut » et de « relation » puis défini avec eux celui de « système » (en tant que réunion d'un « ensemble d'objets et de relations entre ces objets et leurs attributs »), ces auteurs s'efforcèrent d'explicitier (sans toutefois chercher à formaliser leurs définitions au moyen des outils offerts par les mathématiques ou par la logique mathématique) leur compréhension de concepts pour la plupart chers à Bertalanffy tels que l'« environnement » d'un système, un « sous-système » et un « ordre hiérarchique », la « totalité » et l'« indépendance » (ou « sommativité »), la « ségrégation progressive », la « systématisation progressive », la « centralisation », les « systèmes fermés » et les « systèmes ouverts », les « systèmes adaptatifs », les « systèmes stables », les « systèmes à rétroaction », et les « systèmes à état déterminé »³. Il y eut tout au long des années 1960 et 1970 plusieurs travaux similaires entreprenant de définir de tels concepts systémiques⁴, certains se focalisant même entièrement sur la discussion d'un concept particulier tel que celui de « structure hiérarchique »⁵. Un symptôme caractéristique du foisonnement des concepts et des définitions dans toute la littérature systémique de la fin des années 1940 au début des années 1960, mais aussi du besoin de classification et de systématisation que ce foisonnement suscitait, se manifesta dans un article publié dans le *General systems yearbook* de 1964. Son auteur s'y consacra à un examen global des types de concepts et de « polarités » conceptuelles qui avaient été élaborés au cours des deux décennies précédentes par une quarantaine de systémiciens majeurs afin de décrire, expliquer et prédire le comportement d'un « système général »⁶. Il divisa ces concepts en quatre grandes catégories : (1) facteurs systémiques et descriptifs⁷ ; (2) régulation et conservation⁸ ; (3) dynamique et changement⁹ ; (4) déclin et destruction¹⁰. Cette étude systématique de la littérature déboucha sur une matrice des concepts et polarités conceptuelles effectivement utilisés par les auteurs retenus dans cette étude. Elle permit de manifester le manque d'intérêt porté à la quatrième catégorie au profit de la seconde, mais aussi de dresser une sorte de « palmarès » des systémiciens en fonction de la richesse de leur répertoire conceptuel. Elle mit en évidence l'homogénéité de ces répertoires chez ceux qui

¹ Tels que l'analyse logique des connexions par Aleksandr A. Zinoviev et G.P. Shchedrovitzky ; l'étude par V.N. Kostyuk de la résolution de problèmes de raisonnement inductif et de simplification dans le cadre de concepts systémiques développés au moyen de la théorie des ensembles ; l'élaboration par H. von Foerster d'une « bio-logique » et de règles de composition non additives applicables à l'étude des systèmes vivants ; ou encore l'application par Wiener, McCullough et d'autres d'une logique multivalente à la résolution de problèmes systémiques. Voir Blauberger I.V., Sadovsky V.N. & Yudin E.G. (1980), p. 11.

² Blauberger I.V., Sadovsky V.N. & Yudin E.G. (1973), p. 258 et pp. 260-261.

³ Hall A.D. & Fagen R.E. (1956).

⁴ Tels que Ackoff R.L. (1960), pp. 2-5 ; Blauberger I.V., Sadovsky V.N. & Yudin E.G. (1973), pp. 256-257 et 261-265 et (1980), pp. 13-14..

⁵ Voir Whyte L.L. & al. (1969). Cet ouvrage collectif est une riche collection de réflexions sur les différents aspects du concept de « structure hiérarchique », compris au sens très général d'« ensemble de niveaux ordonnés ».

⁶ Young O.R. (1964).

⁷ Les concepts regroupés dans cette catégorie traitant des types de systèmes, de leur organisation interne et de leurs relations avec leur environnement. La liste comprenait : systèmes ouverts et systèmes fermés ; systèmes organismiques et systèmes non organismiques ; sous-systèmes (à but général ou particulier) ; systèmes à état déterminé ; équilibre ; frontières et environnement ; champ ; ordres d'interaction ; isolement et interaction ; interdépendance et indépendance ; intégration et différenciation ; centralisation et décentralisation.

⁸ Les concepts regroupés dans cette catégorie traitant de la régulation, du contrôle et de la stabilisation des systèmes : stabilité (systèmes ultrastables ou multistables) ; équilibre (stable ou instable) ; rétroaction ; homéostasie et autorégulation ; maintien en équilibre de flux ; contrôle ; entropie négative ; réparation et reproduction ; communication.

⁹ Les concepts regroupés dans cette catégorie traitant des problèmes de changement non brutal, des réponses aux variations environnementales et des processus de changement générés par le fonctionnement interne : adaptation (rétroaction, plasticité, élasticité) ; apprentissage ; croissance (simple, populationnelle, structurale) ; changement (réversible ou non) ; téléologie, but ; dynamisme et dynamique.

¹⁰ Les concepts regroupés dans cette catégorie traitant des problèmes de rupture : stress, perturbation, surcharge, entropie positive, déclin.

occupaient les premières places de ce « palmarès », en dépit de l'hétérogénéité de leurs disciplines d'origine – à savoir, dans l'ordre : Ashby, Deutsch, Parsons, Bertalanffy, Wiener, Meier et Rapoport.

Mais par-delà cet examen de la littérature, il fallut en fait attendre les années 1970 pour voir publiés ce que l'on peut bien appeler des travaux de systématisation de concepts systémiques. Le fait qu'ils furent simultanément les témoins d'un besoin persistant et, pour tout dire, insatisfait, se marque par plusieurs appels lancés au cours de cette même décennie ; de celui d'Ackoff en 1971 (invitant à l'élaboration d'un « système de concepts systémiques ») à celui du biologiste (et directeur de l'*Institute for advanced systems studies* de Californie) Len R. Troncale en 1978 :

Les concepts et termes communément utilisés pour parler des systèmes n'ont pas été eux-mêmes organisés en système¹.

La plupart des monographies sur les systèmes sont des *compendia* de contributions séparées décrivant différents systèmes, ou des discours philosophiques ayant une relation discutable aux systèmes empiriques réels, ou des listes partielles de concepts systémiques qui sont expliqués mais inadéquatement connectés [...] Nous avons particulièrement besoin d'un système unifié liant des concepts systémiques afin de fournir un meilleur paradigme pour la recherche systémologique générale [*general systems theory research*] future et ses applications [...] Un tel système pourrait aider à accomplir pour les systèmes ce que la vision « complète » des éléments chimiques dans le tableau périodique de Mendelév a réalisé pour la chimie. Il pourrait souligner les lacunes considérables dans notre connaissance, qui exigent plus de travail².

Le plus important travail de systématisation fut sans nul doute la « théorie générale des systèmes vivants » [*general living systems theory*] à laquelle Miller consacra ses publications majeures entre la seconde moitié des années 1960 et 1978. Alfred Kuhn y vit avec raison « plus une technique de découverte que d'explication » (c'est-à-dire une heuristique relativement systématique posant des problèmes plutôt qu'elle n'en résout). Elle n'en cherchait pas moins à recenser et à définir les concepts jugés fondamentaux pour toute recherche sur les « systèmes organisés » (information, composant, structure, etc.), tout en montrant leur pertinence aux sept, puis neuf « niveaux d'organisation » distingués par Miller (cellule, organe, organisme, groupe d'organismes, organisation sociale, société et système supranational) et aux dix-neuf « sous-systèmes » invariants dont il discernait les manifestations homologues à chacun de ces niveaux³. Ce schème d'interprétation systémique du « réel » établissait une multitude de relations entre les concepts en question au travers de 173 « hypothèses trans-niveaux » prétendant s'appliquer à au moins deux « niveaux d'organisation » distincts (que Miller qualifia pour cette raison aussi d'« hypothèses théorético-système-générales »)⁴. Ce travail fut très critiqué (notamment par Boulding, Rapoport et Parsons) pour avoir négligé le caractère évolutif des systèmes, pour son physicalisme (revendiqué), pour son absence totale de prise en compte des processus symboliques aux « niveaux d'organisation supérieurs » et, en définitive, pour le caractère illusoire de ses prétentions à l'extrême généralité⁵. Outre les travaux plus formalisés (en particulier ceux de Klir) qui ne seront considérés qu'au 4-1-3, l'autre contribution majeure à l'effort de systématisation devant d'être mentionnée ici fut publiée par Troncale en 1978. Tout en cherchant à esquiver les difficultés du système de Miller, elle était d'esprit similaire et s'y référait. Troncale lista 57 concepts systémiques fondamentaux qu'il organisa en 11 « groupes de focalisation »⁶, puis formula 142 « propositions de liens » entre ces concepts et groupes de concepts. Comme celles de Miller, ces « propositions » ne firent toutefois que définir le cadre d'une heuristique de la recherche systémique qui relevait très largement de la « métaphysique inductive »⁷.

¹ Ackoff R.L. (1971), p. 661.

² Troncale L.R. (1978), p. 30 et p. 48.

³ Par exemple le sous-système de reproduction (« génital »), le sous-système de distribution (« vasculaire »), le sous-système moteur, etc.

⁴ Un exemple typique de telles hypothèses est la seconde : « plus un système a de types structurellement différents de composants, plus y existe une ségrégation des fonctions ».

⁵ Voir Miller J.G. (1965a), (1965b), (1965c), (1978) et (1980) ; ainsi que Boulding K.E. (1980), Kuhn A. (1980), Parsons T. (1980) et Rapoport A. (1980) pour les controverses autour de ces travaux.

⁶ À savoir : (1) Concept et définition d'un système ; (2) interactions et interrelations systémiques ; (3) processus de rétroaction ; (4) processus et états d'équilibre ; (5) processus cycliques ; (6) flux d'énergie ; (7) structure hiérarchique ; (8) évolution ; (9) processus de croissance et de développement ; (10) processus de déclin ; (11) flux d'information.

⁷ Troncale L.R. (1978), en particulier pp. 35-44.

La composante logique de la « systémologie philosophique » comportait enfin une quatrième branche, consacrée quant à elle à la discussion de la position des problèmes systémiques et de leurs modes de description. Bien que Bertalanffy, Rapoport, Boulding et d'autres après eux¹ aient apporté des contributions substantielles à la réflexion sur les « objectifs et difficultés spécifiques » associés à la recherche « systémologique », c'est chez les systémiciens soviétiques Blauberger, Sadovsky et Yudin que l'on trouve certainement la liste la plus synthétique et complète à cet égard, à savoir : (1) le « problème de la dérivation des caractéristiques du tout à partir de celles des éléments » et le problème réciproque ; (2) celui de la structure hiérarchique des systèmes et des caractéristiques spécifiques des connexions entre niveaux des objets systémiques conformément à cette structure ; (3) celui du contrôle en tant que « voie spécifique de gestion des connexions entre différents niveaux du système » ; (4) celui de l'« individualisation des objets systémiques » (qui implique d'admettre qu'ils ont différentes caractéristiques et degrés de liberté) ; (5) celui de l'inadéquation des explications purement déterministes ou causales de la structure et de l'activité des systèmes, et la nécessité d'élargir en conséquence le spectre des notions utilisées ; (6) le problème de l'intégrité de la description des systèmes et de la description des conditions de leur existence ; (7) celui de la prise en compte sérieuse du fait qu'un « matériel » ou une « substance » identique peuvent être présents dans un système (éventuellement à tous ses niveaux) sous des formes et avec des caractéristiques différentes².

La question des divers modes de description systémique fit quant à elle l'objet de multiples réflexions au cours des années 1960 et 1970, structurées autour de plusieurs grandes distinctions bien souvent interconnectées du fait même des formalismes mathématiques sous-jacents à leurs expressions respectives. Une première, maintes fois opérée à la suite de Bertalanffy³ notamment par Boulding et Rapoport⁴, était celle entre modèles *statiques* (tels ceux fondés sur la théorie des jeux ou sur celle des graphes) et modèles *dynamiques* (tels ceux fondés sur des équations différentielles), c'est-à-dire supposant que l'ensemble des valeurs des variables retenues dans l'étude du système demeurent ou non temporellement constantes. Une seconde distinction importante concernant les modèles dynamiques, discutée notamment par Rapoport et Klir⁵, fut celle entre systèmes *déterministes* (dont la connaissance de l'état présent permet de dériver l'état futur ou l'état passé) et systèmes *stochastiques* (où cette même connaissance ne permet de dériver qu'une distribution de probabilité des états futurs ou passés). Une troisième distinction, qui fut naturellement l'objet récurrent des réflexions de Bertalanffy, fut celle opérée entre les systèmes *ouverts* aux échanges de composants avec leur environnement et les systèmes *fermés* à de tels échanges. Nous avons vu aux 3-3-3-2 et 3-4-2-7 que se trouvait là une source de clivage entre les courants « organismique » et cybernétique du mouvement systémique organisé par la S.G.S.R., en raison de la divergence entre les manières de penser la régulation et l'« auto-organisation » des systèmes.

Une quatrième distinction, plus importante encore car susceptible d'englober toutes les précédentes, nourrissait en particulier le clivage précédent et fut surtout discutée par Bertalanffy et Ashby⁶. Il s'agit de celle entre modes de description « interne » et « externe ». Bertalanffy décrit le premier comme « essentiellement structural » et le second comme « essentiellement fonctionnel » tout en remarquant avec raison que cette distinction « coïncide largement » avec une autre : celle entre description au moyen de variables *continues* et description au moyen de variables *discrètes*. Dans le mode de description « interne-structural » (pour lequel Bertalanffy ne cachait pas sa prédilection et dont l'expression mathématique typique est le système différentiel), il s'agit de décrire le comportement du système à partir de relations d'interdépendance entre les variables d'état retenues pour son étude (relations qui sont symbolisées sur le schéma ci-dessous par les flèches entre rectangles intérieurs) ; le comportement du système est en ce sens appréhendé comme l'expression d'une dynamique intrinsèque (même si, comme dans la théorie des systèmes ouverts, ses interactions avec son environnement sont prises en compte).

¹ Par exemple, et pour ne prendre les plus importantes : Bertalanffy (1955a) et (1962a) ; Rapoport A. (1966a), (1968), (1970), (1972b) et (1973c) ; Boulding K.E. (1956b), (1964) et (1973) ; Ashby W.R. (1958) ; Ackoff R.L. (1960) et (1963) ; Klir G.J. (1972).

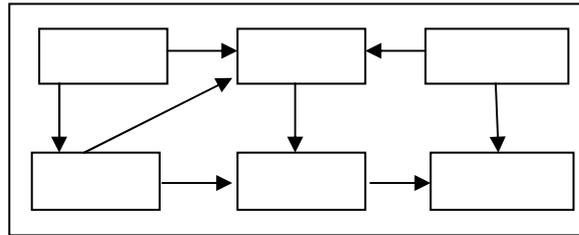
² Blauberger I.V., Sadovsky V.N. & Yudin E.G. (1973), pp. 254-256.

³ Voir notamment Bertalanffy L. von (1951c), pp. 27-31.

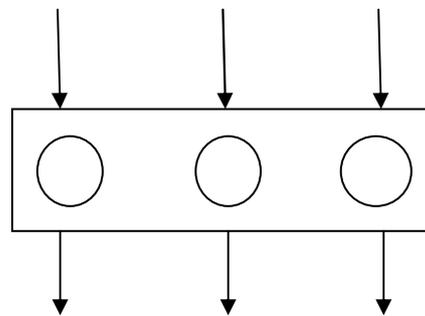
⁴ Boulding K.E. (1962), p. 2 et Rapoport A. (1972a), pp. 49-56 et pp. 61-73.

⁵ Par exemple Rapoport A. (1972a), p. 49 et Klir G.J. (1968), p. 15.

⁶ Pour ce qui suit immédiatement, voir surtout Ashby W.R. (1958), pp. 2-4 et Bertalanffy L. von (1972a), pp. 31-34 et (1972b), p. 12..



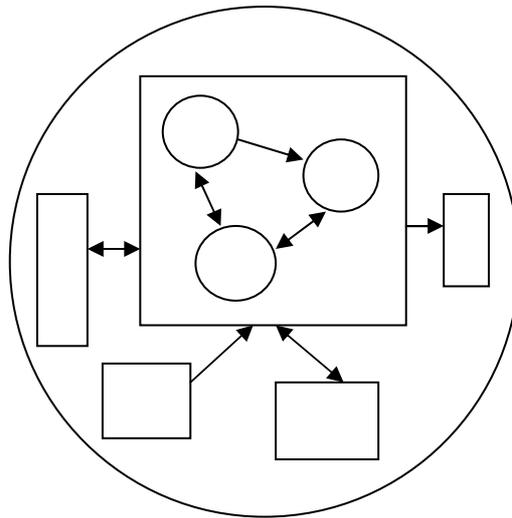
Tandis que dans le mode de description « externe », typiquement représenté par le modèle de la « boîte noire » et caractéristique de l'approche néo-behavioriste de cybernéticiens tels qu'Ashby et Wiener, le comportement du système est appréhendé exclusivement à partir de relations entre ses intrants (qui sont symbolisés par les flèches de la partie supérieure sur le schéma ci-dessous) et ses extrants (symbolisés par les flèches de la partie inférieure), relations dont la forme générale est celle de fonctions de transfert prenant un ensemble discret de valeurs : la description, qui s'effectue ici en termes de communication et de contrôle (rétroaction), se fonde exclusivement sur les interactions entre le système et son environnement, en vue de tirer *a posteriori* des informations sur ses états internes (symbolisés sur le schéma par les cercles)¹.



La distinction entre les deux modes de description évoqués ne saurait toutefois être radicale : elle se comprend comme celle d'idéaux-types. Bertalanffy remarqua lui-même que les « langages adaptés à leurs buts respectifs » (ceux des fonctions continues ou discrètes) sont « liés » et peuvent dans certains cas être traduits l'un en l'autre². Son propre modèle du « système ouvert général », particulièrement sa déclinaison sous la forme de son modèle théorique de la croissance animale globale, combinait d'ailleurs ces deux modes fondamentaux de description systémique. Il faut de surcroît observer que ces derniers ne réalisaient pas à eux seuls une partition. Un troisième mode fondamental coexistait avec eux, qui opéra justement lui aussi dans le modèle « organismique » bertalanffien : il s'agit du mode *hiérarchique* de description, qui consiste à penser le système (symbolisé par le principal rectangle sur le schéma ci-dessous) comme une intégration de sous-systèmes interagissant (symbolisés par les cercles intérieurs à ce rectangle), ce système étant lui-même constitutif d'un système d'ordre « supérieur » (symbolisé par le cercle circonscrit) à l'intérieur duquel il interagit avec d'autres systèmes (symbolisés par les rectangles secondaires).

¹ Ashby W.R. (1958), pp. 3-4 : « Le problème du chercheur est de faire ce qui lui plaît aux intrants et de faire les observations qui lui plaisent sur les extrants, puis de déduire ce qu'il peut du contenu de la boîte [noire] [...] Des connexions fonctionnelles à l'intérieur de la boîte noire peuvent être déduites d'observations faites de l'extérieur sans exiger de l'ouvrir [...] Mais tout ne peut être déduit des connexions internes par cette voie ». La raison de cette limitation étant que toute déduction sur la nature de la « boîte noire » s'assimile essentiellement à un « recodage » des redondances (ou contraintes) du protocole expérimental suivi, lequel circonscrit l'étendue des informations accessibles.

² Bertalanffy L. von (1972a), p. 34. Il souligna le fait qu'une fonction de transfert peut sous certaines conditions être traduite en une équation différentielle linéaire d'ordre multiple dont les termes sont assimilables à des « variables d'état » purement formelles dont la signification physique reste indéfinie. Bertalanffy donna aussi l'exemple du modèle de réseau de neurones formels de McCulloch et Pitts, pour lequel peut-être établie l'équivalence entre description par des fonctions continues dans le cadre de la théorie des systèmes dynamiques et description par des analogues digitaux dans le cadre de la théorie des automates. Il donna aussi celui du modèle de système biocénétique à deux variables de Lotka-Volterra, qui put en 1970 être exprimé en termes de circuits cybernétiques de rétroaction.



Ropohl mena en 1978 une réflexion approfondie sur ces trois modes de description coexistant certes, mais sans véritable unité systématique chez Bertalanffy. Il reconnut la nécessité de les synthétiser afin de parvenir à un concept vraiment général de système, qui « englobe en lui les concepts fonctionnel, structural et hiérarchique ». Le philosophe allemand chercha à dépasser la tendance à mettre en avant de manière plus ou moins unilatérale l'un ou l'autre de ces modes de description, en élaborant un tel concept synthétique aussi bien en termes purement « verbaux » qu'en termes de logique formelle¹.

Une contribution complémentaire du même Ropohl à la clarification logique des modes de description systémique et des problématiques associées fut la construction d'une « systématique morphologique des systèmes ». Celle-ci distinguait douze caractères fondamentaux qu'elle déclinait en deux ou trois modalités. Elle englobait l'ensemble des distinctions précédemment discutées tout en les complétant par d'autres². Cette contribution achevait en fait un cycle de près de deux décennies initié en 1961 par Forrester, marqué par une succession d'entreprises de classification typologique des approches systémiques, dont Le Moigne a répertorié en 1977 une dizaine de sortes³ et dont les études de Klir sur les procédures de « définition d'un système sur un objet », dont il sera question au 4-1-3, constituèrent certainement la plus sophistiquée et la plus systématique⁴.

4-1-2-6 – Composante méthodologique de la « systémologie philosophique » – De la place et des fonctions des « sciences formelles » en « systémologie théorique »

Indissociable de sa composante logique, la composante méthodologique de la « systémologie philosophique » fut principalement explorée par Bertalanffy, Ashby, Rapoport, Klir et Mesarović entre la fin des années 1950 et les années 1970, autour de deux grands axes : (1) la discussion de deux grands types d'approches dans la construction d'une « systémologie théorique fondamentale », articulée autour d'une dichotomie largement revisitée entre « empirique-inductif » et « axiomatique-déductif » ; (2) la défense de la pleine légitimité des entreprises de mathématisation des systèmes complexes, en particulier sociaux.

¹ Ropohl G. (1978), pp. 14-31 pour l'élaboration de ce concept synthétique. En particulier p. 31 : « Un système est une totalité qui (a) manifeste des relations entre attributs déterminés, qui (b) est constituée de parties ou de sous-systèmes lié(e)s les un(e)s aux autres et qui (c) se distingue respectivement à un rang déterminé de son entourage et d'un sur-système ».

² *op. cit.*, pp. 33-39. Les caractères et leurs déclinaisons respectives étaient les suivants : (1) domaine ontologique (concret, abstrait) ; (2) mode de formation (naturel, artificiel) ; (3) comportement vis-à-vis de l'entourage (fermé, relativement isolé, ouvert) ; (4) dépendance temporelle (fonction) (statique, dynamique) ; (5) distribution temporelle des valeurs d'attributs (continue, discrète) ; (6) type de fonctions (linéaires, non-linéaires) ; (7) degré de détermination (déterministe, stochastique) ; (8) dépendance temporelle (structure) (rigide, flexible) ; (9) quantité de sous-systèmes (simple, compliqué) ; (10) quantité de relations (simple, complexe, extrêmement complexe) ; (11) forme de comportement (instable, stable, ultrastable) ; (12) forme structurale (sans rétroaction, avec rétroaction).

³ Le Moigne J.L. (1977), pp. 217-220. À savoir des typologies : (1) par la nature des intrants (matière, énergie, information) ; (2) par la nature de la régulation spatiale assurée par le système (régulation ou non de la frontière du système) ; (3) par les conditions d'équilibre assurées par le système (annulation du travail virtuel des forces appliquées au système, maximisation de l'entropie, minimisation de la production d'entropie, etc.) ; (4) par la nature et la taille de la structure (ordonnée ou organisée) du système ; (5) par la nature des objets décrits ; (6) par la nature du modèle établi ; (7) par le nombre de niveaux et les buts du système ; (8) par la liberté d'évolution du système ; (9) par la nature des fonctions ; (10) selon la liberté du système de finalisation.

⁴ Klir G.J. (1965), (1968) et (1969).

J'ai fait allusion au 3-3-4-3 à ce qui constitue une controverse précoce entre les promoteurs du projet de « systémologie générale » : celle qui opposa Bertalanffy et Ashby quant à l'« approche » (ou « méthode générale ») la plus adéquate dans la recherche « théorético-systémologique ». Rappelons qu'Ashby ouvrit les hostilités en 1955 en opposant au développement du projet « systémologique » tel qu'exposé par son collègue la nécessité d'un « divorce résolu de la physique et de la chimie » et d'un développement primordialement « dans l'abstrait ». L'opposition d'Ashby se précisa en 1958, dans ce bilan tiré de l'émergence de la « systémologie générale » en tant que « nouvelle discipline » :

Deux lignes principales se distinguent facilement. L'une, déjà bien développée dans les mains de von Bertalanffy et de ses collaborateurs, consiste à prendre le monde tel que nous le trouvons, à examiner les divers systèmes qui s'y présentent – zoologiques, physiologiques, etc. – et à élaborer ensuite des propositions relatives aux régularités qui ont été observées à leur sujet. Cette méthode est essentiellement empirique. La seconde méthode consiste à commencer par l'autre bout. Au lieu d'étudier d'abord un système, puis un second, puis un troisième et ainsi de suite, elle commence à l'autre extrême, considère l'ensemble de « tous les systèmes concevables » et réduit ensuite cet ensemble à une taille plus raisonnable. C'est la méthode que j'ai récemment suivie.

Ashby, conscient du caractère « quelque peu spéculatif » de l'approche qu'il promouvait, prit l'exemple de la cristallographie mathématique pour justifier cette idée que considérer tous les systèmes possibles sans égard *a priori* pour la question de savoir s'ils sont concrètement réalisés peut se révéler fécond. C'est une compréhension de l'approche mathématique du « réel » très proche de celle de Rashevsky qui l'amena à formuler cet objectif très ambitieux :

Je suggère qu'un cadre logique similaire [à celui du physico-mathématicien] est souhaitable en tant que partie intégrante de la systémologie générale [*general systems theory*]. Les formes manifestes dans le monde réel constituent rarement un ensemble ordonné ou complet. Si l'on veut les lier les unes aux autres et rechercher des relations et lois d'ordre supérieur, une logique rigoureuse des systèmes doit être développée, formant une structure dans laquelle toutes les formes réelles pourraient trouver leurs places et relations naturelles. Une telle structure peut-elle être développée ? Peut-on raisonnablement commencer en considérant la classe de « tous les systèmes concevables » ? Je suggère que la réponse est positive¹.

Cette opposition aux pères fondateurs de la S.G.S.R. tenait dans une certaine mesure de la posture : ces derniers avaient eux-mêmes annoncé l'objectif d'une « systémologie » hypothético-déductive et l'inspiration des considérations de Bertalanffy sur le « système ouvert général » ou sur les systèmes différentiels d'ordre 1 était voisine de celle exprimée par Ashby. Il y avait bien néanmoins une différence significative que Bertalanffy assumait, en s'en justifiant non sans autosatisfaction dans la réponse qu'il adressa au cybernéticien en 1962 :

Ashby a admirablement pointé deux voies possibles ou méthodes générales dans l'étude des systèmes. On verra aisément que toutes les études systémiques suivent l'une ou l'autre de ces méthodes. Chacune de ces approches a ses avantages et ses inconvénients. (1) La première est empirico-intuitive ; elle présente l'avantage de rester assez près de la réalité et de pouvoir être aisément illustrée et même vérifiée par des exemples pris dans les champs individuels de la science. D'un autre côté, cette approche manque d'élégance mathématique et de force déductive ; elle peut apparaître naïve et non systématique à l'esprit mathématique. Néanmoins, les mérites de cette procédure empirico-intuitive ne devraient pas être minimisés. J'ai ainsi formulé un certain nombre de « principes systémiques », en partie dans le contexte de la théorie biologique et sans référence explicite à la systémologie générale, en partie dans ce qui fut avec emphase qualifié d'« esquisse » d'une telle systémologie. Ce fut entendu au sens littéral : l'intention était d'attirer l'attention sur le caractère souhaitable d'un tel champ d'étude, et la présentation s'opéra sur le mode du plan ou de l'ébauche, illustrant l'approche par des exemples simples. Il s'est néanmoins révélé que cette étude intuitive apparaît remarquablement complète [...] À l'exception de variations mineures dans la terminologie introduites pour la clarification ou dues aux sujets étudiés, il n'a depuis été ajouté aucun principe de portée comparable [à ceux que j'ai formulés] [...] (2) La voie de la théorie déductive des systèmes a été empruntée par Ashby [... Considérer sa théorisation de la machine à intrant²] permet d'observer les limites de cette approche. Nous sommes complètement d'accord sur

¹ Ashby W.R. (1958), p. 2.

² Une théorie ensembliste élaborée entre Ashby W.R. (1956) et (1962), qui ne reposait plus exclusivement sur le formalisme des systèmes différentiels. La « machine à intrant » y était définie comme la donnée d'un ensemble S d'états internes, d'un ensemble I d'intrants et d'une

l'idée que la description par des équations différentielles est non seulement gauche mais, en principe, un moyen inadéquat pour traiter bon nombre de problèmes d'organisation [...] En surmontant cette limitation, Ashby en a toutefois introduit une autre : sa « définition moderne » d'un système en tant que « machine à intrant » substitue au modèle du système [différentiel] général un autre, assez particulier : le modèle cybernétique, ouvert à l'information mais fermé aux transferts entropiques¹ [...] Ces remarques ne sont pas destinées à constituer une critique hostile à l'approche d'Ashby ou à l'approche déductive en général ; elles soulignent seulement qu'il n'y a pas de voie royale vers la systémologie générale. Comme tout autre champ scientifique, celle-ci se développera par une interaction entre procédures empirique, intuitive et déductive. Si l'approche intuitive souffre d'un manque de rigueur et de complétude logiques, l'approche déductive est confrontée à la difficulté de savoir si les termes fondamentaux sont correctement choisis [...] Le danger, dans les deux approches, est de considérer trop tôt le modèle théorique comme étant clos et définitif².

Quelques années plus tard, Boulding résuma très bien en ces termes l'opposition en question :

Le processus de découverte de référents empiriques à des lois formelles peut aisément emprunter une direction parmi deux possibles. On peut trouver une relation élégante dans le monde abstrait des mathématiques et examiner ensuite dans le monde de l'expérience pour voir si l'on peut trouver quelque chose qui lui ressemble, ou on peut patiemment dégager un ordre empirique grossier dans le monde de l'expérience et chercher ensuite dans le monde abstrait des mathématiques à le codifier, le simplifier et le relier à d'autres lois³.

Sous-jacente à son insistance sur la nécessité d'une « interaction entre procédures empirique, intuitive et déductive », on peut discerner chez Bertalanffy sa conception très goethéenne de la construction « systémologique » du « réel ». Car il s'agissait bien chez lui, comme chez le père de la morphologie, d'avoir « l'intuition du cas général », de « l'unité à travers la diversité », à partir d'un examen empirique patient, attentif aux détails, de systèmes particuliers ; chaque « système général » aurait dès lors le statut d'un « archétype » [*Urtyp*], d'une construction abstraite purement théorique permettant en retour de guider l'interprétation et l'étude systémiques du « réel ». La différence entre Bertalanffy et son modèle étant toutefois que le premier n'éprouvait pas l'aversion du second pour les mathématiques, concevant au contraire celles-ci comme un outil précieux voire nécessaire afin d'entreprendre de telles constructions. C'est pour cette raison que Rapoport, en phase avec Bertalanffy sur cette compréhension de la procédure « systémologique », put insister avec force en 1972 sur la vocation « taxonomique » (qu'il me semble plus adéquat de qualifier de « typologique ») de la « théorie mathématique des systèmes généraux » [*mathematical general systems theory*] :

La tendance en systémologie générale qui est centrée sur l'ambition d'*exploiter la notion d'isomorphisme mathématique dans l'intérêt de créer une taxonomie des systèmes purement logico-structurale*, vide de contenu, a fourni de riches dividendes intellectuels. Cette approche se marie d'un côté avec celle du mathématicien pur et d'un autre côté avec le constructeur de modèles mathématiques faisant abstraction de contenu spécifique. L'objectif central de cette approche est néanmoins d'*étudier les conséquences de la classification des systèmes induite par des isomorphismes mathématiques*⁴.

Il est clair que cette conception, sur laquelle il me faudra revenir au 4-1-3 lorsqu'il s'agira d'examiner les procédures et les fonctions de la « systémologie théorique fondamentale », relativise considérablement la portée de l'opposition entre approches « empirico-intuitive » et déductive qu'Ashby avait cherché à dresser, ne serait-ce que parce qu'il s'agissait en fait chez Bertalanffy et ses « collaborateurs » de les combiner sans exclusivité. Cette opposition ne portait finalement que sur l'opportunité ou non d'élaborer dès à présent des théories axiomatisées de « systèmes généraux » ayant des prétentions ultra-générales et de tendre ainsi à canaliser, au moyen d'abstractions mathématiques, la compréhension de la notion de système dans certains sens paradoxalement très

application F du produit cartésien $I \times S$ dans S ; son « organisation » étant notamment définie en spécifiant les états S de la « machine » et les conditions I . C'est cette théorie qui permet à Ashby de formaliser le concept d'adaptation et de récuser celui d'« auto-organisation », à proprement parler contradictoire puisqu'il suppose un couplage des états internes d'une « machine » à une autre « machine ».

¹ J'ai déjà précisé que cette critique, légitime si l'on considère effectivement les travaux d'Ashby, ne l'était pas en principe.

² Bertalanffy L. von (1962a), pp. 4-6.

³ Boulding K.E. (1964), p. 28.

⁴ Rapoport A. (1972a), p. 74. Les italiques me sont propres.

spécifiques. Elle n'en fut pas moins une réalité durable, qui se poursuivait dans les années 1970 chez Mesarović et Klir, dont les discussions contribuèrent à clarifier le débat.

Mesarović, un ingénieur mathématicien qui dirigeait alors le Centre d'analyse des systèmes de la *Case Western University*, fournit en 1968 cette définition de la « théorie des systèmes » [*systems theory*], au caractère à la fois très large (par l'ampleur de son contenu) et très restrictif (par son exclusion de tout ce qui n'est pas mathématiquement formalisable) :

La théorie des systèmes est la théorie des modèles formels (mathématiques) des systèmes de la vie réelle (ou conceptuels).

Il y avait en fait ici une identification incorrecte et même abusive des termes « formel » et « mathématique ». Le terme « algébrique » eût déjà été plus adéquat que « mathématique », puisque Mesarović voulait simplement référer à une indépendance des « modèles formels » à la nature des choses qu'ils formalisent. C'est manifeste dans la justification qu'il donna au moyen de cette vision des « fondements conceptuels de la théorie des systèmes » :

L'étude de tout phénomène de la vie réelle révèle deux aspects : *informel*, traitant d'interprétations, de signification, d'objectifs et de valeurs ; et *formels*, traitant de la forme (structure) sous laquelle apparaît la relation entre attributs. La théorie des systèmes est concernée par le second, l'aspect formel des observations. Il apparaît que ces relations formelles sont invariantes par rapport à la nature spécifique des phénomènes considérés. La théorie des systèmes est dès lors fondée sur les prémices fondamentales suivantes : (a) une théorie de tout phénomène de la vie réelle (biologique ou autre) est toujours fondée sur une image, appelée modèle ; (b) sans introduire la moindre contrainte, les aspects formels, invariants de ce modèle peuvent être représentés comme une relation mathématique. C'est cette relation qui sera appelée un système¹.

Cette tendance à réduire le concept de système à une traduction mathématique ne pouvait, pas plus que l'exclusion radicale des aspects « informels » du champ de la « systémologie », être acceptée par ses fondateurs. Ceux-ci s'accordaient certes avec la compréhension qu'avait Mesarović de la procédure « systémologique », à condition de la réserver strictement aux deux pôles théoriques (fondamentale et appliquée) de la « systémologie générale » :

[Cette procédure] consiste à partir d'énoncés sur le comportement de systèmes réels, à dériver le système formel sous-jacent, puis à analyser le comportement de tels systèmes afin de jeter une lumière sur les phénomènes réels considérés².

Mais Mesarović fut vite enclin à négliger tant la diversité empirique que celle des approches théorético-systémiques, et à engager ses travaux dans la voie d'une théorie très abstraite des systèmes, purement mathématique et axiomatisée, qui prétendait certes se baser sur une « compréhension intuitive » du concept de système (et non, comme le proclama Ashby, « le concevoir dans l'abstrait »), mais qui ne laissait guère entrevoir l'espoir de jeter une « lumière sur les phénomènes réels ». Dans les années 1970 et 1980, Mesarović n'hésita pas à justifier son ambition en reformulant la dichotomie introduite par Ashby, après avoir caractérisé son « approche de la systémologie générale » comme celle d'une « théorie mathématique dont les concepts fondamentaux sont introduits axiomatiquement » et dans laquelle « les propriétés et le comportement du système sont étudiés de manière précise » :

Deux lignes de développement ont été étudiées. L'une opère *via l'abstraction* : en commençant à partir de théories spécifiques bien connues, on développe des constructions qui embrasseront les traits communs des structures initiales ; des systèmes différentiels et des automates sont largement utilisés comme points de départ pour ces tentatives. Le défaut principal de cette approche est que les concepts nouvellement développés ne sont pas assez généraux [...] Et peut-être aussi le fait que le concept de système qui en résulte ne peut être utilisé pour l'étude de grands systèmes consistant en un certain nombre de sous-systèmes [...] On a clairement besoin d'un concept de système qui soit *simple, élégant, général et mathématiquement précis*, qui fournisse un point de départ pour aborder des notions et problèmes plus détaillés et précis. Nous avons introduit un tel concept dans le développement de la théorie des systèmes généraux *via une formalisation*. Cette approche est essentiellement la suivante : on définit en premier lieu le concept verbalement, tel qu'il est intuitivement compris dans les champs d'application, puis on le définit axiomatiquement, en

¹ Mesarović M.D. (1968), p. 60.

² *op. cit.*, p. 79.

utilisant *une structure mathématique minimale*. En commençant sur cette base, on peut étudier des systèmes à grande échelle comme interconnexion de sous-systèmes, ou comme des systèmes ayant des propriétés plus particulières, qui peuvent être étudiés en ajoutant plus d'axiomes et en étudiant les conséquences logiques de ces nouveaux postulats¹.

Avec le systémicien japonais Yasuhiko Takahara, Mesarović précisa et élaborait cette approche en 1975, sur des bases ensemblistes :

Les concepts systémiques fondamentaux sont introduits *via* une formalisation. Nous entendons par là que commençant à partir d'une description verbale d'une notion intuitive, une définition mathématique précise du concept est donnée, qui utilise une structure mathématique minimale, i.e. aussi peu d'axiomes que nécessaire afin de permettre l'interprétation correcte ; (2) à partir des concepts fondamentaux introduits *via* une formalisation, la théorie mathématique des systèmes généraux est développée en ajoutant autant de structure mathématique que nécessaire pour l'étude des diverses propriétés systémiques. Une telle procédure nous permet d'établir dans quelle mesure certaines propriétés systémiques particulières sont réellement fondamentales et aussi quel est l'ensemble minimal de postulats dont on a besoin pour que tienne une propriété ou relation donnée².

À cette occasion, les deux systémiciens n'hésitèrent pas à caricaturer l'inspiration du fondateur du projet « systémologique », qui avait pourtant réaffirmé trois ans plus tôt :

L'objectif évident est de développer la systémologie générale en termes mathématiques, parce les mathématiques sont le langage exact permettant des déductions rigoureuses et la confirmation (ou le rejet) d'une théorie³.

En effet, Mesarović et Takahara opposèrent en ces termes à Bertalanffy une ambition qu'il tenait en fait, nous allons le voir, pour un objectif légitime mais prématuré :

Von Bertalanffy a avancé la systémologie générale comme une philosophie de la science. Une telle systémologie aurait pour objets les processus fondamentaux qui sont universels au sens où ils embrassent les phénomènes étudiés dans toutes les disciplines scientifiques. Cette systémologie devrait aussi être vraiment interdisciplinaire [...] En particulier, il isole les mathématiques parmi les champs disciplinaires et insista sur l'idée que le développement d'une théorie mathématique des systèmes généraux contredirait la notion fondamentale de systémologie générale [...] Mais c'est en conséquence de l'insatisfaction suscitée par ces vues et l'approche proposée que nous avons initié notre programme. Il n'y a rien de restrictif dans le fait d'être explicite, précis et rigoureux, i.e. mathématique. Au contraire, le danger en développant une théorie, en particulier de nature interdisciplinaire, est en réalité d'être vague, imprécise et ouverte à de multiples interprétations [...] C'est probablement pourquoi beaucoup de scientifiques accomplis, même avec des inclinations philosophiques comme Monod, ont rejeté la systémologie générale comme étant non opérationnelle, i.e. sans pouvoir explicatif. Tandis que von Bertalanffy a proposé une théorie des systèmes généraux [*theory of general systems*] signifiant un ensemble de systèmes qui refléteront les lois ou principes universels s'appliquant aux phénomènes biologiques, sociaux, physiques et autres, nous sommes intéressés par une théorie générale des systèmes [*general theory of systems*] qui traite des propriétés générales des relations formelles entre objets d'étude et qui, en tant que telle, n'a besoin d'aucune référence à une quelconque discipline, puisqu'une théorie formelle est par nature interdisciplinaire⁴.

C'est Klir qui, à la même époque, s'est au mieux efforcé de défendre, de clarifier et d'approfondir la conception originelle des fondateurs du projet de « systémologie générale », en s'opposant en particulier avec constance aux vues et entreprises de Mesarović, qu'il jugeait lui aussi prématurées et, pour cette raison même, incapables de connexion féconde avec les sciences empiriques. Klir distingua, en relation avec la classification contemporaine des sciences, quatre niveaux de généralisation systémique : (1) les classes de systèmes associées à des branches particulières de la science ou de l'ingénierie (telle que la classe des circuits électriques) ; (2) les classes de systèmes associées à au moins deux branches de la science et de l'ingénierie (par exemple la classe des circuits généralisés) ; (3) les classes de systèmes associées à la fois aux sciences empiriques, aux branches de l'ingénierie et aux sciences abstraites (mathématiques, linguistique, etc.) ; (4) la classe de

¹ Mesarović M.D. (1972), pp. 253-254.

² Mesarović M.D. & Takahara Y. (1975), p. 6. Voir aussi (1989), p. III et p. 9.

³ Bertalanffy L. von (1972a), p. 30.

⁴ Mesarović M.D. & Takahara Y. (1975), p. 247.

tous les systèmes dans l'ensemble des sciences et de l'ingénierie. Entre les années 1940 et 1960, maintes « théories de systèmes » avaient été élaborées pour des classes particulières de systèmes, aux divers niveaux de généralisation ainsi distingués. Mais pour Klir, seules les constructions élaborées au quatrième niveau pouvaient être qualifiées de « théories de systèmes généraux » [*general systems theories*] (dont il distinguait trois types distincts¹), avec cette norme déguisée en constat :

Il y a deux méthodes essentiellement différentes pour développer des théories de systèmes généraux : (1) le concept de système est formellement défini au quatrième niveau de généralisation, puis des traits fondamentaux du système sont ensuite dérivés formellement (déductivement) sur la base de cette définition ; (2) les traits essentiels qui ne sont pas perdus au cours de la généralisation des systèmes particuliers au quatrième niveau de généralisation sont compilés ; et le concept de système est ensuite défini sur la base de ces traits [...] *Afin de retenir un contenu essentiel de systèmes particuliers dans les systèmes généraux, les concepts de la théorie des systèmes généraux sont établis et élaborés par une procédure strictement inductive.*

Klir cita Mesarović comme principal représentant de la première méthode, qualifiée de « déductive », s'affichant lui-même comme représentant de la seconde, qu'il qualifiait donc d'« inductive »². Approfondissant en 1972 la réflexion précédente, Klir précisa sa propre méthodologie en ces termes :

Plutôt que de définir le concept de système axiomatiquement, j'identifie des *traits systémiques* avant de définir un système en tant que tel. L'identification est fondée sur notre intuition concernant des systèmes et des problèmes de type systémique dans diverses disciplines (sciences de la nature, sciences sociales, ingénierie, mathématiques, arts). Les traits compilés sont ceux qui sont indépendants de la nature spécifique des variables impliquées (comportement, états, transitions, éléments, couplages, niveau de résolution, etc.). Ces traits compilés sont ensuite classifiés et formalisés. En nous restreignant aux traits qui satisfont certaines exigences naturelles (traits primaires), nous arrivons à cinq définitions fondamentales de systèmes. Chacune d'entre elles peut être complétée par des traits additionnels, ou plusieurs d'entre eux peuvent être combinés pour définir un système. Mon approche mène ainsi à un spectre de définitions systémiques, chacune d'entre elles étant associée à une classe particulière de problèmes systémiques³.

La crainte majeure de Klir comme des fondateurs de la S.G.S.R. était qu'une débauche de formalismes abstraits finisse par perdre le contact avec les problèmes issus des sciences empiriques et de l'ingénierie et que, fonctionnant comme des constructions fermées sur elles-mêmes, les prétendues « théorie mathématiques des systèmes généraux » confinent à la stérilité. Cette inquiétude se lit notamment dans deux publications tardives de Bertalanffy déjà citées au 2-2-2-9, où la critique, ferme, restait non nominative : il y soulignait que « les problèmes doivent être intuitivement 'vus' et reconnus avant de pouvoir être formulés mathématiquement », le formalisme risquant sinon d'« entraver plutôt que de stimuler l'exploration des problèmes 'réels' », et qu'il est à cet égard « préférable de disposer d'un modèle non mathématique en dépit de ses imperfections que de partir de modèles mathématiques prématurés fondés sur des algorithmes connus, qui risquent de restreindre le champ de vision »⁴. Mais c'est dans sa correspondance que s'explicita le mieux, nominativement et avec sévérité, l'opposition de Bertalanffy aux travaux tels que ceux de Mesarović. Il en va ainsi dans une lettre à son ami biologiste Alfred Locker datée de 1969, dont la fin est sans ambiguïté sur le fait que les critiques publiées devaient rester feutrées afin de ménager les susceptibilités, et où est très bien précisée aussi sa critique relative à la stérilité de tels travaux, incapables du fait même de leur stratégie focalisée sur l'axiomatisation de livrer des résultats inédits et se limitant en fin de compte à habiller mathématiquement des résultats déjà connus :

¹ (1) celle dans laquelle les systèmes sont considérés comme des relations définies sur des familles d'ensembles, sans interprétation particulière ; le rôle de la théorie consistant alors principalement à résoudre des problèmes concernant des systèmes algébriques ; (2) celles qui sont assez générales pour être applicables à toutes les branches de la science et de l'ingénierie, mais qui ne s'appliquent pas à toutes les classes de systèmes (par exemple l'approche par états finis de la théorie des automates) : certains des résultats de ces théories ne s'appliquent qu'à certaines classes de systèmes, d'autres peuvent être généralisés pour s'appliquer à tous les systèmes ; (3) celles dans lesquelles les systèmes sont considérés à un niveau de généralisation qui assure à la théorie d'être applicable à toutes les classes de systèmes dans toutes les branches de la science et de l'ingénierie mais qui, en même temps, reflète dans ses systèmes généraux les propriétés des systèmes particuliers – cette dernière caractéristique distinguant ce type de théorie du premier.

² Klir G.J. (1968), p. 13 ; (1969), pp. 273-274 et (1972), p. 8. Les italiques dans la citation me sont propres.

³ Klir G.J. (1972), p. 8.

⁴ Bertalanffy L. von (1968a), p. 24 et (1972a), p. 34.

On observe actuellement une forte tendance à l'axiomatisation, à la formalisation ou comme on veut l'appeler. Ceci vaut pour la mathématique pure, la systémologie [*Systemtheorie*], les systèmes ouverts et ailleurs. La définition des concepts et l'ordre des constructions conceptuelles est naturellement nécessaire, mais j'ai le sentiment que ces développements vont trop loin aujourd'hui, car ils ne mènent pas à des « découvertes » (connaissances d'états de fait ou de relations jusqu'alors inconnus) et qu'ils *confondent* en dernière analyse *des concepts avec des choses*. C'est une forme moderne de scolastique. Je remarque à cet égard deux choses : d'abord que *l'on peut axiomatiser la même chose de manières tout-à-fait différentes*¹ ; ensuite, que *rien n'en sort de nouveau à proprement parler [...]* Je n'ai rien appris de Mesarović et d'autres, c'est-à-dire qu'avec son symbolisme et son axiomatisation, il ne m'énonce aucun principe nouveau dont je ne disposais déjà (certes dans les concepts du « langage ordinaire ») ; je me réjouirais pourtant grandement de voir dans ces études des théorèmes déduits, qui étaient jusqu'alors inconnus et permettraient dès lors une compréhension plus profonde [...] Le formalisme ne devrait pas tout envahir, aux motifs qu'il existe une multiplicité de formalismes (mais dont aucun n'est définitif aujourd'hui), et que le scientifique de la nature (contrairement au mathématicien pur) s'intéresse en dernière analyse à la question de savoir si et comment une théorie « marche ». J'écris tout cela parce que je voulais le dire depuis longtemps et que pour des raisons facilement compréhensibles, je ne pouvais le dire ouvertement².

Un autre échange à ce sujet, avec Klir cette fois, eut lieu en 1972. Klir avait la responsabilité de la ligne éditoriale du *General Systems Journal* et se trouvait dans la nécessité d'arbitrer une controverse mettant aux prises ceux qui estimaient que le journal ne devrait pas éditer d'articles portant sur des théories formelles de systèmes, ceux qui jugeaient au contraire qu'il devrait y en avoir plus, et ceux qui, comme Klir, considéraient que toutes les tendances devraient être représentées, à condition que l'article publié contribue plus à la « recherche sur les systèmes généraux » qu'à n'importe quelle discipline particulière (en particulier aux mathématiques lorsque son contenu était purement formel). Klir demandait conseil à Bertalanffy³. Rien n'indique que la réponse de ce dernier soit effectivement parvenue, mais on en trouve un brouillon dans ses archives, où le commentaire est très significatif :

Actuellement, la systémologie générale n'a pas besoin de nouveaux développements axiomatiques et de formalisation : nous disposons après tout déjà de la théorie des systèmes dynamiques, de tes propres travaux, de ceux de Mesarović, de la théorie des automates et d'autres encore. Ce qui s'impose plutôt avec urgence, c'est l'application à des problèmes concrets [...] Il n'est pas difficile de construire des « modèles » de haute sophistication mathématique, mais il est difficile de prouver qu'ils réfèrent à une « réalité » et se conforment aux critères usuels de la scientificité, [c'est-à-dire ont une valeur explicative, unificatrice, prédictive], etc. Ma position [peut bien sûr être qualifiée] d'empiriste, mais je préfère dire que c'est celle d'un scientifique praticien [et suis d'autant plus à l'aise pour le faire que] j'ai assez souffert au cours de ma carrière d'être critiqué comme un « simple théoricien », [que je sais parfaitement] ce que cela signifie que d'être orienté vers la théorie, mais [que je sais par là-même aussi] que l'on ne doit jamais oublier les limites de l'approche théorique⁴.

Nous avons vu en conclusion de la troisième partie que Cavallo, un proche collaborateur de Klir, témoigna en 1979 de l'existence d'un « schisme » entre les systémiciens qui apprécient « raisonnablement » le rôle « nécessaire » des mathématiques et ceux qui, au contraire, en font « un abus souvent pathétique ». Il en décrivit ainsi l'origine :

Dans la première décennie d'existence de la recherche sur les systèmes, voire aussi dans la seconde, le rôle central du besoin de l'intégration de l'abstraction et de l'interprétation n'était pas aussi largement reconnu qu'il l'est aujourd'hui. Aussi, l'héritage du développement autonome de la production symbolique a forcé un délitement d'une bonne part de l'accord originel sur le besoin de se focaliser sur la recherche systémique. Le résultat malencontreux n'est pas difficile à comprendre. Ceci a presque créé une dichotomie des approches dans la recherche sur les systèmes généraux : les théories mathématiquement orientées des systèmes (rigoureuses, hautement abstraites, déductives) d'un côté, et de l'autre des collections d'idées plutôt vagues, dispersées et parfois douteuses, que l'on pourrait bien décrire par le terme d'« approches naïves des systèmes ». Bien qu'au cours de leur période initiale les théories mathématiquement orientées des systèmes aient joué un rôle

¹ Voir aussi Bertalanffy L. von (1972a), p. 30 : « le même problème peut être traité mathématiquement de différentes manières ».

² Lettre de Bertalanffy L. von à Locker A. (11/04/1969), *Archives du B.C.S.S.S.* Les italiques me sont propres.

³ Lettre de Klir G.J. à Bertalanffy L. von (24/01/1972), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁴ Brouillon d'une lettre de Bertalanffy L. von à Klir G.J. Ce brouillon fut rédigé après le 27 janvier 1972, mais il est impossible d'en savoir plus. L'écriture manuscrite de Bertalanffy est de surcroît très difficile à déchiffrer, certains passages (ici entre crochets) restant douteux.

important dans le développement de la recherche sur les systèmes généraux, elles ont progressivement divorcé de plus en plus des problèmes du monde réel, au point d'évoluer finalement vers une discipline mathématique appelée théorie mathématique des systèmes¹.

Par-delà le champ de la « systémologie théorique fondamentale » auquel avaient trait les discussions précédentes, un autre débat majeur constitutif du pôle méthodologique de la « systémologie philosophique » concerna en fait plus généralement le rôle méthodologique et la légitimité de la mathématisation dans l'ensemble de la « systémologie théorique ». Rapoport, qui développa et précisa de la sorte les vues de Bertalanffy, fut à cet égard une figure essentielle et incontournable, lui qui s'efforça, de la fin des années 1950 à celle des années 1970, de développer une conception cohérente permettant d'envisager un dépassement de la « dichotomie » relevée par Cavallo et d'éviter les impasses manifestes qu'elle implique.

L'investissement de Rapoport dans cette discussion fut stimulé par une critique des entreprises de mathématisation en sciences sociales publiée en 1951 par l'économiste Kenneth J. Arrow, reproduite dans le premier volume de *General Systems*. Récusant l'idée que toute proposition peut être exprimée dans le langage symbolique des mathématiques *existantes* et avançant que ce langage est au contraire « trop pauvre » afin d'exprimer toutes les nuances de signification nécessaires aux analyses en sciences sociales, Arrow y concédait certes que même au prix d'une perte de réalisme, ces « sur-simplifications » que sont les modèles mathématiques ont « des avantages certains » : permettre de clarifier logiquement certaines assertions et d'exploiter l'opportunité fournie par la statistique théorique moderne afin d'entreprendre des vérifications empiriques². L'économiste, qui retenait pour l'essentiel deux types d'approche de la mathématisation en sciences sociales (l'analyse dynamique du comportement de masse au moyen d'équations différentielles, fondée sur des hypothèses *ad hoc* – telle qu'on la trouvait chez Rashevsky et Richardson – et l'approche du comportement individuel au moyen de la théorie des jeux, fondée sur l'hypothèse de rationalité des acteurs), demeurait toutefois très dubitatif sur les bénéfices qu'on peut en attendre, à tout le moins très mesuré :

En économie et dans d'autres sciences sociales, on peut certainement s'attendre à ce qu'aucune relation exacte ne tienne entre les variables que nous mesurons, pour au moins deux raisons : (1) toutes les variables pertinentes ne sont pas retenues dans l'analyse et on omet toujours une multitude de facteurs jugés peu importants qui sont trop difficiles à mesurer ; (2) les variables que nous observons ne sont pas précisément mesurées. Dans l'énoncé d'une relation, nous devons donc inclure non seulement les variables explicitement énumérées, mais aussi une variable additionnelle non mesurable, connue comme une perturbation, dite stochastique [...] Une certaine quantité de sur-simplification est tolérable (et nécessaire) pour bénéficier des avantages de la formalisation et de l'utilisation des méthodes statistiques optimales, mais il y a des limites³.

Boulding, dont la méfiance à l'égard des mathématiciens a été relevée au 3-4-2-7, ne fut pas moins dubitatif, surtout à l'égard des tentatives d'analyse dynamique du comportement de masse. S'il admettait que certaines régularités dans la succession des états d'un système social peuvent être détectées, il souligna que de tels systèmes ne sont pas dynamiquement stables, qu'ils sont souvent sujets à des changements imprévisibles et que leur dynamique a « un aspect éiconique inévitable », de sorte que seraient vouées à l'échec les tentatives de formaliser leur évolution au moyen d'équations aux différences finies ou différentielles⁴.

D'un autre côté, on trouve bien évidemment parmi les systémiciens plusieurs fervents avocats des entreprises de mathématisation de la « complexité organisée », en particulier en sciences sociales. Ils ne leur reconnaissent aucune limite en principe. Ackoff préférerait ainsi attribuer la difficulté de ces entreprises à l'inadéquation des modes de pensée des praticiens des « sciences du comportement », tout en admettant (comme l'avait fait Bertalanffy dès les années 1930 en biologie) que les ressources offertes par les mathématiques existantes (qu'il restreignait aux mathématiques quantitatives) demeureraient insuffisantes :

La mathématique est le langage de la science et comme tous les langages, elle moule [*molds*] les concepts et les processus de pensée de ceux auxquels elle est familière. Selon moi, si les sciences du

¹ Cavallo R.E. (1979), p. 30 et pp. 44-45.

² Arrow K.J. (1951, 1956), pp. 29-31.

³ *op. cit.*, p. 45 et p. 47.

⁴ Boulding K.E. (1962), pp. 19-24.

comportement sont moins orientées vers la mathématique que le sont les sciences physiques, ce n'est pas tant à cause de différences entre les types de phénomènes qu'elles étudient qu'à cause de la différence entre les langages dans lesquels leurs praticiens pensent ces types de phénomènes. D'un autre côté, les mathématiques existantes ne sont pas adéquates pour fournir une base complète pour la quantification dans les sciences du comportement parce qu'elles furent développées au service des sciences physiques¹.

Mesarović, plus radical encore, a pour sa part toujours et durablement jugé que les mathématiques offraient déjà tout le nécessaire pour appréhender les systèmes complexes, y compris dans leurs aspects qualitatifs, et que s'il fallait expliquer les échecs par une immaturité, celle-ci n'était à rechercher que du côté de la connaissance empirique :

L'utilisation des mathématiques est considérée par certains comme étant trop restrictive et très limitée dans ses applications à des champs tels que la biologie, les sciences sociales etc., où le manque de connaissance ou les incertitudes inhérentes sont considérables. Une telle attitude est le produit d'une incompréhension de ce qu'est ou peut-être une théorie mathématique. Cette incompréhension est premièrement issue d'une insistance trop grande mise sur les méthodes et procédures numériques traditionnelles. Si l'on permet à une représentation et une analyse mathématiques d'un système de trouver son propre niveau de spécificité correspondant à la nature du phénomène observé et à la connaissance alors disponible, l'utilisation de structures mathématiques appropriées – non numériques aussi bien que numériques – n'introduit aucune contrainte. La contrainte ne se trouve pas dans l'utilisation de méthodes mathématiques, mais résulte de notre ignorance, i.e. d'un manque de connaissance du système réel, ou d'une incertitude inhérente au système et à son fonctionnement [...] En utilisant le concept de système abstrait, on peut dépasser l'une des objections les plus souvent opposées à l'utilisation des mathématiques (l'analyse formelle) dans diverses sciences plus ou moins « douces ». À savoir que les mathématiques introduiraient des contraintes exogènes, non présentes dans les situations de la vie réelle. Ceci s'exprime en particulier lorsqu'on affirme qu'un phénomène étudié dans une certaine discipline ne saurait être représenté par des nombres. Car il est clair que la notion de système abstrait ne requiert pas de quantification [...] L'utilisation des mathématiques *via* des concepts systémiques abstraits révèle les relations formelles déjà identifiées comme présentes dans la situation de la vie réelle. Le bénéfice qu'on peut tirer d'un tel usage des méthodes mathématiques abstraites dépend de notre quantité de connaissance du système et du succès du raisonnement mathématique. En tout état de cause, les contraintes se trouvent dans cette connaissance plutôt que dans l'utilisation des mathématiques et la précision du raisonnement².

La contribution de Rapoport à ces réflexions fut en quelque sorte d'ouvrir une voie intermédiaire entre les oppositions précédemment relevées, au sens où elle consista à défendre avec vigueur les entreprises de mathématisation de la « complexité organisée » tout en relativisant leur portée. Le premier point sur lequel Rapoport insista beaucoup concernait la légitimité d'un déterminisme méthodologique et de la mise en œuvre du formalisme des équations différentielles dans l'étude des « événements à grande échelle » populationnelle, dans le champ des sciences sociales comme en biologie. Il prolongea utilement sur cette question les réflexions de Bertalanffy sur le concept de « statistique d'ordre supérieur ». Il ne s'agissait pas selon lui de récuser sans reste, comme le fit en particulier Popper, le « déterminisme semi-mystique » tel que représenté surtout en philosophie de l'histoire par des auteurs comme Hegel, Marx, Spengler et Toynbee, au motif certes justifié qu'il réifie des abstractions telles que « conscience de classe », « culture » ou « civilisation » en leur attribuant des tendances « organismiques ». Rapoport considérait qu'il fallait plutôt prendre acte tant de l'émergence de la physique statistique que des développements plus ou moins récents de la biologie (qu'il s'agisse de la théorie de l'évolution de Darwin à Haldane, Fisher et Wright ou des biologies mathématiques de Volterra, Lotka, Kostitzin et Rashevsky) et comprendre que la mise en œuvre de modélisations mathématiques à caractère déterministe, y compris en sciences sociales, ne présuppose en rien l'action plus ou moins mystérieuse de forces téléologiques, mais seulement que « le libre-arbitre ou le non-déterminisme des particules qui composent un ensemble est indépendant du destin de cet ensemble, lequel est soumis à ses propres lois »³ ; que cette mise en œuvre ne se justifie

¹ Ackoff R.L. (1960), p. 8.

² Mesarović M.D. & Takahara Y. (1989), p. 7 et pp. 13-14.

³ Rapoport A. (1960a), p. x.

pas moins (et sur le même fondement) que les fictions constitutives de la théorie classique de « l'économie du libre marché » (telles la « main invisible ») ; qu'elle a d'ailleurs avant tout, comme ces dernières, une valeur heuristique, tout en ayant le mérite d'« étendre le spectre d'application des déductions rigoureuses à des domaines jusqu'alors traités plus ou moins intuitivement »¹ sans pour autant être en principe antagoniste à l'attachement à la dignité de l'individu :

La loi des grands nombres fournit une base théorique qui permet l'extension du point de vue déterministe à l'étude de situations où un déterminisme intégral semble inapplicable, à condition qu'on y traite un nombre assez grand de faits. Il semble dès lors raisonnable de l'étendre aux théories du comportement humain [...] L'argument du « libre-arbitre » n'intervient pas lorsqu'il s'agit de savoir si un comportement humain de masse suit des lois déterministes. De telles lois sont compatibles tant avec l'existence qu'avec la non-existence du « libre arbitre »².

Si l'on admet que le déterminisme physique a des limites à l'extrémité microscopique de l'échelle [cosmique], il faut admettre la possibilité que l'indétermination en apparence inhérente aux situations impliquant les motivations et volitions humaines *peut* disparaître lorsque les événements sont considérés à des échelles de plus en plus larges. La tendance est toujours à l'éloignement du vieux déterminisme mystique, téléologique, en direction d'un déterminisme statistique [...] La perspective [du déterminisme méthodologique mise au service de la construction de modèles mathématiques des événements historiques] est non-engageante [*non-committal*] au sens où elle ne prétend pas que les modèles sont une description adéquate des événements [...] Commençant avec des modèles qui sont les plus simples à faire opérer mathématiquement et qui n'ont qu'une ressemblance grossière avec certaines notions intuitives au sujet de ce qui *pourrait* se produire, les « historico-mathématiciens », ou plutôt les mathématico-théoriciens de l'histoire tels que Richardson et Rashevsky (dont les méthodes sont pratiquement identiques) cherchent à dériver de tels modèles des conséquences contenant des énoncés portant sur des relations entre variables observables. Ces énoncés peuvent ensuite être comparés avec des relations réellement observées, menant à des révisions et à des raffinements des modèles [...] Chaque individu, gouverné par ses propres pulsions et désirs, peut bien se comporter d'une manière apparemment indépendante du comportement des autres. Néanmoins, la résultante des comportements de millions d'individus peut être entièrement stable. De plus, des tendances séculières peuvent être vues comme le résultat de « forces » exogènes imposées aux masses [...] Le résultat global peut alors être un changement parfaitement régulier dans la configuration du comportement de masse. Il n'est dès lors pas déraisonnable de décrire ce comportement par des équations déterministes³.

S'il s'agissait en particulier là de réhabiliter la notion de « physique sociale », c'était explicitement en un sens différent de celui utilisé en son temps par Comte, que Rapoport critiqua. Il souligna en effet qu'il n'y avait ici aucune intention de rapprocher les régularités du comportement social des lois physiques, bien que la méthode (formulation d'hypothèses plausibles en relation avec des rapports quantitatifs élémentaires susceptibles de sous-tendre le comportement social, puis examen des conséquences logiques de ces relations) soit essentiellement celle de la physique mathématique, avec cette spécificité de devoir subordonner son déterminisme à d'hypothétiques processus stochastiques :

La déduction entre dans la méthodologie des sciences sociales *via* la construction de modèles mathématiques supposés subsumer les régularités observées [...] Ces modèles sont en réalité des hypothèses concernant un certain processus fondamental, à partir desquelles les régularités observées sont destinées à être mathématiquement déduites [...] Puisque les régularités observées sont typiquement statistiques, les modèles sous-jacents sont typiquement d'hypothétiques processus stochastiques. Les techniques de dérivation de distributions statistiques d'équilibre ou dépendantes du temps à partir de processus stochastiques hypothétiques constituent la *technologie déductive* de la science sociale mathématisée⁴.

Rapoport put en particulier se fonder sur cette vision afin de justifier les vues de Bertalanffy quant à la parfaite compatibilité de principe d'un point de vue « organismique » et des entreprises de mathématisation, sous l'égide d'une perspective fictionaliste que le père du projet de « systémologie générale » ne pouvait qu'approuver :

¹ Cette expression particulièrement significative figure dans Rapoport A. (1959), p. 65 (mais à propos des mérites de la théorie des jeux).

² Rapoport A. (1960a), p. 65.

³ Rapoport A. (1957), pp. 55-56 et p. 59.

⁴ Rapoport A. (1969a), p. 184.

Aucune controverse n'est nécessaire entre le statisticien et l'analyste organismiquement orienté des systèmes à grande échelle si (1) ce dernier reconnaît que ses « principes » ne sont que des noms donnés à certaines tendances statistiques et (2) le premier reconnaît la valeur heuristique du fait de donner des noms à des tendances statistiques et à les promouvoir ainsi en constructions théoriques [...] Si la valeur purement heuristique des principes organismiques est admise et si leur « fictionalité » [« *as-if-ness* »] est reconnue, le chercheur organismique et le statisticien peuvent travailler main dans la main. Une citoyenneté provisoire peut être accordée à de nouveaux concepts lorsqu'ils sont postulés. Le travail du statisticien reste à en « donner une explication satisfaisante »¹.

Le mathématicien, rejoignant dans une certaine mesure les critiques d'Arrow et Boulding, n'était toutefois pas aveugle aux limites de l'application de l'analyse infinitésimale hors de la physique. Il ne les voyait pas tant dans le « faible pouvoir prédictif » de cet outil que dans le fait que la fécondité de cette application présuppose une sélection de variables et des hypothèses sous-jacentes pertinentes, ainsi que dans l'incapacité de surmonter les difficultés proprement mathématiques qu'elle ne manque pas de vite impliquer ; mais aussi dans le fait qu'elle se limite à l'étude de phénomènes de comportement de masse, alors que ceux-ci sont loin d'épuiser le champ des problématiques, particulièrement en sciences sociales :

J'ai la conviction qu'il y a d'importants phénomènes de comportement de masse auxquels les outils classiques de l'analyse sont en principe applicables. Ceci signifie qu'exactement comme en météorologie, les limites de leur succès sont dues à leur caractère grossier, non à leur manque de pertinence. Je crois que dans *certain*s aspects du comportement humain, particulièrement le comportement de masse, les hypothèses de rationalité, de calcul des conséquences, etc. ne jouent tout simplement aucun rôle important, de sorte qu'à certains égards l'action des masses peut être décrite comme strictement déterminée par des analogues de forces [...] Un plus grand succès sera atteint lorsque de meilleures hypothèses fondamentales sous-jacentes aux modèles mathématiques seront élaborées, lorsque seront découvertes des variables plus pertinentes et accessibles à des mesures plus précises, et lorsque les difficultés mathématiques de modèles plus sophistiqués pourront être surmontées [...] Mais il reste que toute cette approche semble non pertinente pour la situation où deux individus dont les intérêts ne coïncident pas contrôlent différents ensembles de choix et de fins, et orientent leur choix afin de gagner un avantage dans cette situation².

D'où ce que Rapoport voyait comme l'immense intérêt *a priori* de la théorie des jeux, précisément vouée à « rompre avec un cadre conceptuel [celui de l'analyse classique] incapable de traiter certains aspects du comportement humain » tout en « rendant accessible à la méthode déductive rigoureuse les aspects du comportement humain dans lesquels le conflit et la coopération existent dans un contexte de choix », et ce bien qu'elle présente elle-même d'importantes insuffisances que le mathématicien ne se priva pas non plus de pointer³. Plus généralement, Rapoport remarqua qu'il n'y avait rien d'étonnant au fait que les sciences non physiques n'aient « pas atteint le degré de maturité associé à la construction de modèles de systèmes dynamiques » et que les « modèles statiques » y jouent en conséquence un rôle prépondérant : ces derniers répondraient aux soucis primordialement taxonomiques caractérisant ces sciences, orientées vers l'étude de la structure des systèmes avant de l'être vers celle de leur comportement, plus difficile – une étape qui fut aussi celle de la physique⁴.

Comme Fechner en son temps, Rapoport entreprit à partir de la fin des années 1960 de répondre sur ces bases aux divers arguments opposés aux entreprises de mathématisation de la « complexité organisée ». Ce qu'il fit de manière à la fois plus précise et mesurée qu'Ackoff et surtout Mesarović, avec une conscience plus claire de leur part de légitimité. Une objection propre à certains représentants des sciences sociales qu'il balaya d'emblée est la nature soi-disant « déshumanisante » des descriptions mathématiques des événements humains :

À la lumière du rôle que la technologie dans son ensemble a joué dans notre civilisation, cette objection est compréhensible. Je pense néanmoins qu'elle fait la confusion entre les procédures scientifiques et les usages que l'on peut faire de leurs résultats. La connaissance de la dynamique du

¹ *op. cit.*, p. 68.

² Rapoport A. (1959), p. 51.

³ *op. cit.*, notamment p. 50 et p. 65.

⁴ Rapoport A. (1972a), p. 62.

comportement de masse peut certes servir des objectifs démagogiques, mais elle peut tout aussi bien être utilisée pour découvrir des antidotes contre la démagogie et la manipulation¹.

À l'objection classique, qu'il jugeait « faible », selon laquelle les mathématiques sont désarmées face à la complexité, Rapoport rappela que la physique contemporaine résolvait des problèmes impensables à l'époque de sa création ; il n'y aurait aucune raison *a priori* de penser que les mathématiques, armées de surcroît de la puissance de calcul des ordinateurs, ne puissent définitivement être en mesure d'appréhender cette complexité :

La puissance des mathématiques croît avec les défis qu'on lui lance, à condition que les problèmes soient d'une importance assez grande pour susciter une mobilisation d'efforts suffisante².

Rapoport rejetait notamment comme Mesarović l'argument, fondé sur le constat justifié de l'inadéquation des mathématiques « classiques » (essentiellement le calcul différentiel et intégral) et plus généralement des mathématiques *disponibles* pour appréhender bon nombre de systèmes complexes (au premier chef, sociaux), selon lequel les mathématiques sont *en principe* et irrémédiablement impuissantes pour étudier de tels systèmes :

Le spectre des disciplines logiques désormais qualifiées de « mathématiques » a crû énormément, dans les techniques comme dans la variété des conceptualisations, de telle sorte que l'inadéquation des mathématiques classiques au traitement des problèmes de la science sociale ne peut en aucun cas être tenue pour une indication de l'inapplicabilité de principe des mathématiques³.

Quant au manque de correspondance souvent observé entre le modèle mathématique et le phénomène étudié, Rapoport récusait tout aussi fermement l'idée qu'on puisse en tirer le moindre argument contre la mathématisation : un tel manque ne saurait être attribué aux mathématiques en tant que telles, mais seulement aux hypothèses qu'elles formalisent. De surcroît, comme l'avait souligné Bertalanffy dès la fin des années 1920, le mathématicien jugeait que cet argument relève d'une incompréhension de la fonction de l'idéalisation et de la théorisation en général, qui trouve moins sa corroboration de son adéquation empirique que de sa faculté de révéler des relations inconnues⁴. Rapoport reconnaissait par contre de la force à l'objection selon laquelle même si des variables pertinentes peuvent être distinguées et si des hypothèses précises peuvent être faites au sujet de leurs relations (pré-requis à la mathématisation), le système mathématique en résultant sera trop complexe pour livrer des résultats significatifs, du fait du nombre de variables à prendre effectivement en compte et du caractère inextricable de leurs relations ; plus profondément encore, il admettait aussi sans difficulté que le processus même de distinction de variables pertinentes et de formulation d'hypothèses est en général excessivement difficile dans l'étude de systèmes complexes, l'expérimentation contrôlée s'y révélant soit impossible, soit porteuse de distorsions plus ou moins manifestes. Rapoport ne voyait toutefois de force dans ces arguments que dans la mesure où ils sont dirigés vers la « critique des utilisations *prématurées* des mathématiques » et où ils vont de pair avec la conscience d'une nécessité qu'émergent des conceptions de la « théorie » et de la notion de modèle différentes de celles auxquelles au moins la physique classique avait habitué les esprits⁵. Une dernière objection, qu'il jugeait quant à elle pleinement recevable, est le constat de l'influence de l'orientation mathématique sur la sélection des problèmes : tandis qu'il est sain de considérer que les outils sont développés en vue de s'adapter à une tâche prédéfinie, les outils mathématiques ont indéniablement dans les mains expertes une tendance à devenir des fins en soi, auxquelles des tâches doivent au contraire s'adapter. Le problème n'étant pas tant, dès lors, que la mathématisation n'aboutisse bien souvent qu'à des « trouvailles » déconnectées des problèmes empiriques, mais plutôt qu'elle rende enclin à négliger la recherche de variables pertinentes⁶. L'ensemble de ces considérations conduisit Rapoport à une conclusion nuancée. D'un côté, sa triple conception déjà citée au 2-1-3-11 des mathématiques comme « langage de la structure », de la description objective d'observables (événements et relations entre ces événements) comme une description structurale, et de l'exigence pour toute théorie scientifique d'être

¹ Rapoport A. (1969a), p. 184.

² *op. cit.*

³ Rapoport A. (1958), p. 32.

⁴ *op. cit.*, p. 31.

⁵ *op. cit.*, p. 32.

⁶ Rapoport A. (1969a), pp. 184-185.

réduite à des assertions sur des observables, l'amenait à juger qu'« il n'y a rien dans le champ d'intérêt des sciences sociales qui ferait apparaître comme impossible une science sociale mathématisée », ce jugement valant tout autant pour les sciences de la vie¹. Mais d'un autre côté, Rapoport, qui rejoignait parfaitement Bertalanffy à cet égard, restait lucide en reconnaissant la valeur de certaines objections et en considérant que c'est justement la difficulté de la mathématisation dans les sciences non physiques qui justifie l'effort de création d'une « systémologie théorique fondamentale » à caractère mathématique, capable d'en éclairer la voie :

Comme l'a remarqué Boulding, rien n'échoue autant que le succès. Les tentatives de transplanter la méthode de généralisation, qui a eu de brillants succès en sciences physiques, dans les sciences biologiques et sociales, ont mené à beaucoup de déceptions, parfois même à des désillusions engendrées par la tendance à prendre ses désirs pour des réalités. Je suggère que nous devons prendre acte du fait qu'il n'y a pas de « lois » biologiques ou sociales qui soient des analogues directs des lois du mouvement, de la loi de la gravité, des lois de conservation de l'énergie et de la masse, de la loi d'accroissement de l'entropie dans les systèmes isolés, etc. Il y a au mieux des *modèles* de phénomènes biologiques et sociaux spécifiques, exprimables sous une formulation mathématique en vue de servir d'hypothèses de travail. Les modèles introduisent une simplification dans l'étude des phénomènes dont ils sont des approximations raisonnables. Et s'il se révèle que plusieurs phénomènes de contenus largement différents peuvent être décrits par le même modèle mathématique, c'est à la fois une simplification et une généralisation auxquelles on est parvenu. C'est là que se trouve le pouvoir de la théorie *mathématique* des systèmes généraux, fondée sur les principes des isomorphismes mathématiques, la version complètement rigoureuse de l'analogie².

4-1-2-7 – La métaphysique « systémologique »

Trois composantes de la « systémologie philosophique » restent à considérer : la métaphysique, l'axiologie et la praxéologie. Elles entretenaient des relations intimes tout en ayant en commun de tirer directement leur substance de la « systémologie théorique appliquée », les deux dernières ayant de surcroît des connexions plus ou moins profondes avec le champ de l'idéologie.

En ce qui concerne la métaphysique, qui sera considérée ici, il faut distinguer les fondateurs de la S.G.S.R. tels que Bertalanffy, Rapoport et Boulding d'une part, et d'autre part ceux que l'on peut désigner comme ayant effectivement contribué au développement d'une « métaphysique des systèmes », à savoir surtout Laszlo, Koestler et Bunge. Il ne s'agit pas, bien au contraire, de prétendre que toute métaphysique était absente des travaux des premiers ; eux-mêmes ne l'auraient d'ailleurs pas prétendu. La distinction se localise plutôt dans le caractère très restrictif et bien circonscrit qu'ils accordaient à ce type de considération dans leurs travaux, par opposition aux entreprises systématiques des seconds, qui y vouaient quant à eux l'intégralité de leurs efforts.

Bertalanffy, nous l'avons vu, considérait que les questions décrétées comme « métaphysiques » ne sont autres que celles qui sont laissées sans réponse dans un cadre paradigmatique donné. S'il attachait comme Rapoport une importance essentielle (*via* son concept de « dé-anthropomorphisation ») à l'identification du progrès de la science au dépassement des traits métaphysiques de ses concepts et hypothèses, et au caractère « discipliné » (ultimement « exact ») de ses analogies, ceci n'impliquait aucunement pour lui que la métaphysique ne puisse pas revendiquer son droit à l'existence et à l'autonomie, ni qu'elle soit incapable de jouer un rôle fécond pour la science, ni même que celle-ci puisse s'en dispenser, puisque selon lui : (1) la métaphysique vise l'« essence des choses » délaissée par la science, seuls des esprits sectaires pouvant en dénier l'intérêt ; (2) l'usage méthodologique de notions métaphysiques comme fictions a une grande valeur heuristique dans la recherche ; (3) des *a priori* métaphysiques sont une nécessité pour toute science³. Et c'est finalement en parfaite conformité avec leur théorie perspectiviste de la connaissance (en particulier avec son moment fictionaliste) que Bertalanffy et Rapoport accordèrent à la métaphysique une place de plein droit dans la sphère « systémologique », ce dont ils ne se cachèrent pas : que la première fasse aussi bien partie de la substance de la seconde n'impliquait *a priori* selon eux aucun mélange des

¹ *op. cit.*, p. 185.

² Rapoport A. (1972b), p. 24.

³ Bertalanffy était fidèle ici aux traditions kantienne. Rapoport partageait ces vues : (1957), p. 57. Whitehead remarqua pour sa part : « Toute proposition réfère à un univers exhibant un certain caractère métaphysique systématique général [...] Ainsi, toute proposition posant un fait doit, dans son analyse complète, proposer le caractère général de l'univers requis pour ce fait » (cité in Laszlo E. (1972a), p. 9).

genres, aucun conflit avec la « systémologie scientifique », bien au contraire. C'est en particulier dans la parfaite continuité avec ses écrits de la période 1926-1932, où il avait tiré son inspiration de la « métaphysique inductive » de E. von Hartmann et affirmé qu'« il n'y a aucun inconvénient à voir l'univers 'comme s'il' était un processus d'évolution organique », que Bertalanffy qualifia en 1968 de « vision du monde comme grande organisation » la « philosophie de la nature » formant l'arrière-plan de la « systémologie générale ». Et même s'il ne contribua pas lui-même à son développement, il n'hésita pas à adouber Laszlo et Koestler (ces derniers se référant à lui en maintes occasions afin d'argumenter leurs principales thèses), défendant vigoureusement la légitimité et l'intérêt de leurs « métaphysiques des systèmes » en tant que « métaphysiques inductives » en phase avec la « science des systèmes » ; leurs entreprises s'inscrivaient à ses yeux dans la lignée de la longue et vénérable tradition de *Naturphilosophie* et des entreprises plus récentes de métaphysiques holistiques et émergentistes telles que celles de Whitehead et de N. Hartmann¹. Rapoport eut la même attitude bienveillante envers Laszlo, dont il loua en 1973 « les aperçus originaux et profonds sur la nature de la théorie des systèmes ainsi que sur la structure systémique de l'univers »².

Même si les chercheurs impliqués dans le développement d'une « science des systèmes » proclamaient leur ambition d'édifier un « holisme scientifique » et prenaient en général soin de ne pas s'aventurer sur le terrain spéculatif, il est clair que leurs travaux étaient guidés par une représentation métaphysique que l'on peut qualifier de « cosmologie systémique ». Conformément au projet affiché par Bertalanffy dès sa thèse doctorale, cette cosmologie modernisait la « conception monadologique du monde » en se structurant autour d'un schème ontologique « proclamant à la fois la diversité et l'unité du monde » ; un schème que Bunge a dès la fin des années 1960 cherché à systématiser en le décrivant comme « un pluralisme intégré digne d'être exploré comme candidat à une métaphysique de la science reconnaissant l'existence de niveaux distincts mais inter-reliés d'organisation »³. Les exemples ne manquent pas de remarques où affleurent diverses déclinaisons de ce schème métaphysique, particulièrement eu égard à l'affirmation de son moment « unitariste ». Ainsi Boulding, qui n'hésita par ailleurs pas à « qualifier sans honte de religieuse » cette vision de l'univers comme « système total » stratifié⁴, put-il assortir d'une inspiration leibnizienne la « rage de l'ordre » (et avec elle le « postulat que le monde est ordonné intelligiblement en tant que totalité »⁵) qu'il voyait imprégner les travaux « systémologiques », aboutissant à cette justification déjà citée au 3-2-5-5 d'une inclination aux analogies qui se marque par son souci de la concilier avec un respect de la diversité :

Je suis convaincu que tout est comme toute autre chose. Je crois fermement que la réalité est continue, et qu'entre la plus simple particule matérielle ou l'idée la plus élémentaire et les plus complexes des organismes ou des philosophies, il y a des échelles comportant beaucoup de marches. Aussi devrions-nous toujours rechercher les similitudes parmi les choses tout autant que leurs différences⁶.

Miller réduisit en ces termes le sens de la continuité ainsi postulée, évacuant les différences :

Toute la nature est un *continuum*. La complexité sans fin de la vie est organisée en configurations [*patterns*] qui se répètent à chaque niveau systémique⁷.

C'est vers Cavallo qu'il faut se tourner pour voir le plus exhaustivement exposés, en 1979, les postulats métaphysiques sous-jacents à l'ensemble des travaux « systémologiques » – des postulats à comprendre comme « régulateurs » chez Bertalanffy, Rapoport et plus généralement tous ceux voués à la « science des systèmes ». On remarquera ici l'insistance sur la distinction entre « universaux substantifs » et « universaux relationnels » (que Laszlo qualifia d'« invariants organisationnels »⁸) :

¹ Bertalanffy (1932a), p. 71 ; (1968a), pp. 27, 217-219 sur Koestler ; (1972d), (1972e) et (1972f) sur Laszlo. Sur la « métaphysique des systèmes », voir Koestler A. (1959, 1985), (1967, 1968) et (1978, 1979) ; Laszlo E. (1972a) et (1972b) ; Bunge M. (1968) et (1979b). Remarquons que Laszlo s'est explicitement inspiré de N. Hartmann (voir (1972a), p. 51).

² Rapoport A. (1973a), p. 186.

³ Bunge M. (1968), p. 22 et p. 28 en particulier.

⁴ Boulding K.E. (1973), p. 966.

⁵ Par opposition au postulat selon lequel « le monde est intelligiblement ordonné en domaines spécifiques ». Voir Laszlo E. (1972a), p. 8.

⁶ Boulding K.E. (1953), pp. 257-258. Voir aussi Bertalanffy L. von (1956a), p. 33, qui soulignait l'absence de discontinuités entre strates.

⁷ Miller J.G. (1978), p. 1025.

⁸ Laszlo E. (1972b), p. 19.

- (1) Il est postulé que l'univers est ontologiquement continu et cohérent, i.e. qu'il est un tout unifié de parties inter-reliées ;
- (2) En est dérivé le postulat qu'une connaissance adéquate de l'univers, en dépit de la diversité des spécialisations, des vocabulaires, etc. devra avoir une unité épistémologique sous-jacente qui modèlera la nature de l'unité de l'univers ;
- (3) L'univers est supposé être un système de systèmes inter-reliés ;
- (4) Il est reconnu que l'univers est une hiérarchie¹ de systèmes ;
- (5) Tous les systèmes, toutes les formes d'organisation, ont certaines caractéristiques en commun et il est postulé que des énoncés portant sur ces caractéristiques seront des généralisations universellement applicables ;
- (6) Il apparaît que ces caractéristiques sont toujours des relations d'un type ou d'un autre ; et donc qu'elles devraient être appelées des universaux relationnels afin de les distinguer d'universaux plus anciens qui nommaient des entités existantes et cherchaient à construire une taxonomie de l'existence. Je réfère à ces derniers comme des universaux substantifs afin d'indiquer leur différence avec les universaux relationnels ;
- (7) Puisque la focalisation de toute recherche est limitée relativement aux niveaux, à la complexité et à la diversité des systèmes réels, il est nécessaire de disposer de termes généraux applicables à tout niveau de la hiérarchie des systèmes ; en conséquence, les termes « système », « sous-système » et « super-système » ne devraient pas être associés à des définitions spécifiques à un niveau de système ou à un autre ;
- (8) Il est possible d'identifier des universaux relationnels applicables à tous les systèmes et à tous les niveaux d'existence.

Une élaboration de ces postulats et énoncés constitue un modèle de la nature de l'univers et des conditions de tout type d'existence. Ils sont dérivés en commençant au plus haut niveau de généralisation. Ils fournissent un cadre à la recherche [...] Ils ont une valeur heuristique pour la résolution de problèmes, car ils indiquent des relations qui devraient être étudiées et servent de correctif pour des modèles trop étroitement conçus. Ils fournissent un modèle alternatif aux plus anciens, qui ont créé des problèmes inutiles. Ce modèle apparaît applicable à tous les systèmes, qu'ils soient formels, existentiels ou affectifs. En ce sens, le problème de l'ontologie (subjective contre objective) y est remplacé par des énoncés sur des relations entre différents types de systèmes [...] Une telle ontologie relationnelle n'est pas concernée par les distinctions entre le « monde réel » et les systèmes formels abstraits. Elle est vouée à la description de types et de degrés de relations entre différents types de systèmes (formels, existentiels, psychologiques)².

Chacun à leur manière, Laszló, Koestler et Bunge se sont efforcés, entre la fin des années 1960 et celle des années 1970, d'intégrer les précédents principes à un cadre métaphysique supposé expliciter la signification générale, pour la vision du monde, des travaux scientifiques des systémiciens, tout en se présentant comme un corps de propositions destiné à fournir un fondement cohérent et unificateur à leurs recherches, voire à les stimuler directement en soumettant à leur examen des hypothèses de travail. L'entreprise de Bunge se distingua significativement à plusieurs égards de celles de Laszló et Koestler. Il jugeait pour sa part que la démarcation entre science et métaphysique n'était plus pertinente (la science ayant sa propre métaphysique et la métaphysique pouvant être rendue scientifique)³. Optant pour un « réalisme critique » en théorie de la connaissance, il avait l'ambition de construire « une ontologie exacte et systématique qui soit en cohérence avec la science contemporaine » et au service d'une « vision du monde naturaliste-matérialiste (mais non physicaliste), systémique (mais non holistique), pluraliste, émergentiste (mais rationaliste),

¹ Bunge récusait le terme de hiérarchie tel qu'utilisé ici, préférant parler comme l'avait fait Bertalanffy de construction (ou de structure) stratifiée (ou nivelée), puisqu'il n'y est pas question de relation de domination. Voir à ce sujet Bunge M. (1968), p. 19 et (1979b), pp. 13-14.

² Cavallo R.E. (1979), pp. 78-79.

³ Bunge M. (1974), en particulier p. 15. L'article argumente les cinq thèses suivantes : « (1) la recherche scientifique est conduite à la lumière d'un ensemble de principes ontologiques constituant la métaphysique de la science ; (2) la formulation axiomatique de théories scientifiques générales (telles que la dynamique lagrangienne) met en lumière certaines idées métaphysiques, dont l'élaboration et la systématisation appartiennent au domaine de la métaphysique scientifique ; (3) la science moderne a produit, par un processus de généralisation graduelle, un certain nombre de théories appartenant à la métaphysique scientifique ; (4) la technologie contemporaine a aussi construit certaines théories qui sont simultanément métaphysique et scientifique ; (5) l'existence même de théories à la fois métaphysique et scientifique efface la frontière entre métaphysique et science [...] Il n'y a d'incompatibilité qu'entre les science et métaphysique superficielles [*between superficial science and metaphysics*], ainsi qu'entre la science profonde et la métaphysique anti-scientifique [*between deep science and antiscientific metaphysics*] ».

dynamiciste (mais non dialectique), évolutionniste et déterministe (mais non causaliste) »¹. Sa métaphysique se caractérisait avant tout par son caractère très abstrait et formalisé (au moyen de connecteurs logiques et de concepts ensemblistes). Bunge chercha à y préciser les concepts constitutifs de la recherche systémique (en particulier ceux de système ouvert, de niveau d'organisation, de stabilité systémique et d'émergence) et leurs relations, tout en s'autorisant l'énoncé spéculatif de certains postulats extrêmement généraux (tels que l'existence, pour tout système, d'une « taille optimale maximisant son degré d'intégration dans un environnement donné »)². Que ce soit par son réalisme, par son matérialisme, par son insistance récurrente et anti-holistique sur la nécessité de l'analyse des systèmes ou par son interprétation très particulière de certains concepts (par exemple celui de système ouvert, simplement défini comme « connecté à son environnement »), Bunge s'éloignait toutefois des fondateurs du projet de « systémologie générale » (en particulier de Bertalanffy) et il n'est dès lors pas surprenant qu'il soit resté à la marge du mouvement systémique.

Contrairement à lui, Laszló et Koestler adhéraient pleinement au perspectivisme bertalanffien. Ils n'entendaient aucunement brouiller les distinctions entre science et métaphysique. Et ils ne recherchaient pas du tout la sophistication formelle, préférant s'appuyer constamment sur la réalité « concrète » des productions scientifiques des systémiciens afin d'en induire des concepts et principes « verbaux » mais tout aussi généraux que ceux de Bunge, susceptibles de fournir une intelligibilité globale à ces productions ; des concepts et principes qu'il s'agissait de développer et (surtout chez Koestler) de connecter en une liste de propositions ayant un caractère relativement systématique. Force est certes de constater que les essais de Laszló et Koestler, qui les citaient abondamment d'ailleurs, n'exposèrent pour ainsi dire aucune idée nouvelle par rapport à celles de systémiciens comme Bertalanffy et Simon ou de métaphysiciens tels que N. Hartmann et de Whitehead – dont ils furent loin d'atteindre le degré de précision et de cohérence. Leur originalité tient toutefois à la possibilité inédite dont ils s'emparèrent de mobiliser le riche réservoir d'exemples disponibles de modèles systémiques issus de la plupart des domaines du savoir qui avaient été élaborés au cours du demi-siècle précédent, afin de dresser un panorama unifié de l'ensemble des champs du « réel » (embrassant en particulier l'ensemble des aspects de la vie humaine, monde des valeurs inclus) sur la base de schèmes d'interprétation à prétention universelle dont ils étaient en mesure d'illustrer « empiriquement » les diverses déclinaisons. Il en va ainsi de la liste de définitions et de « propriétés générales des systèmes hiérarchiques ouverts » élaborée en 1967 par Koestler, où le concept de « holon » et le « principe de Janus » n'avaient guère pour fonction que de catalyser la synthèse d'un corpus d'idées dont il a largement été question dans les parties précédentes (au premier chef celles de Bertalanffy), mais qui pouvait puiser une certaine force de conviction dans les productions de la recherche scientifique systémique – en particulier celles issues de la biologie et la psychologie³.

4-1-2-8 – *L'axiologie « systémologique »*

Qu'elles fassent l'objet d'essais spécifiques ou qu'elles se limitent à opérer implicitement chez les acteurs de la « science des systèmes », les considérations métaphysiques sur le « cosmos systémique » contribuaient à soutenir des incursions très affirmées dans le champ des valeurs, tout en y trouvant aussi leur propre parachèvement : l'univers des valeurs humaines était d'une manière ou d'une autre (qu'on l'intègre aux « systèmes transcendants », à la « noosphère », etc.) le niveau d'organisation élevé au plus haut niveau de dignité dans ce cosmos⁴. Le fait que Bertalanffy ait lui-

¹ Bunge M. (1979b), pp. xiii-xiv et pp. 251-252. Sur le holisme, voir pp. 39-44. Bunge en avait une définition très restrictive, à savoir essentiellement l'acceptation quasi-mystique de la totalité et le refus d'en étudier les composants ; il le rejetait comme « anti-analytique, donc anti-scientifique » et « responsable de l'arriération des sciences non physiques ». Il comprenait le systémisme comme une position dépassant l'opposition entre holisme et atomisme, préservant les droits et la nécessité de l'analyse tout en prenant acte de son insuffisance.

² Voir *op. cit.*, surtout pp. 5-38 et pp. 245-250.

³ Koestler A. (1967, 1968), pp. 317-324 pour la liste de ces définitions et propriétés. Par « holon », Koestler désignait toute entité d'un niveau intermédiaire d'une hiérarchie, le propre d'une telle entité étant de « se comporter partiellement comme une totalité ou totalement comme une partie, selon la manière dont on la regarde », c'est-à-dire selon qu'on la regarde « d'en bas » ou « d'en-haut » au sein de la hiérarchie. Koestler décrit les « holons » comme des « entités à tête de Janus », ayant une face tournée vers le niveau inférieur (en tant que tous autonomes) et une face tournée vers le niveau supérieur (en tant que parties subordonnées). Il désigna par « principe de Janus » un principe de polarisation (et de « coïncidence des opposés ») inhérent à tout « holon », supposé exister dans un équilibre dynamique entre tendance à l'« assertion » (affirmation de soi en tant que totalité autonome) et tendance à l'« intégration » dans une totalité sur-ordonnée. Voir *op. cit.*, pp. 49-60 et Koestler A. (1978, 1979), en particulier pp. 38-45.

⁴ Voir par exemple Bertalanffy L. von (1967a), p. 46, qui parle notamment d'« échelle des êtres et des valeurs » et tient pour « objectivement fondée » la vision de l'homme comme « produit le plus élevé de l'évolution terrestre ».

même fait de l'axiologie une composante à part entière de la « philosophie des systèmes » en dit long sur l'importance qu'il lui accordait. Il ne fut pas le seul dans ce cas, comme en témoigne la publication de deux articles sur les relations entre « systémologie générale » et axiologie¹ dans le volume de *General systems* daté de 1974. Cette importance, il est vrai prévisible si l'on conserve à l'esprit les vues développées par Bertalanffy, Boulding et Rapoport avant même la formation de la S.G.S.R., allait d'autant moins de soi dans un cadre destiné par ailleurs à produire une science « exacte » des systèmes, qu'il ne faut pas seulement voir désigné par ce terme d'« axiologie » le projet d'une théorie systémique des valeurs s'inscrivant comme d'autres avant elle dans le champ des sciences de l'homme (et ayant à ce titre vocation à l'objectivité), mais aussi d'une part une réflexion générale sur les relations entre science et monde des valeurs, et d'autre part la volonté de faire de la « systémologie générale », en particulier de ses productions scientifiques, le véhicule d'un système spécifique de valeurs. D'où aussi et inévitablement des connexions plus ou moins profondes mais en général parfaitement assumées avec le domaine de l'idéologie.

Boulding fut, en 1956, le premier parmi les systémiciens à avoir résolument inscrit le monde des valeurs dans le champ « systémologique ». Sa théorie de l'« image » (ou « eiconique ») se présentait en effet à la fois comme une contribution au projet « systémologique » et comme une théorie objective des valeurs s'appliquant à tous les niveaux d'organisation. Boulding y fut conduit à rejeter l'exclusion traditionnelle des valeurs du domaine scientifique, notamment au motif que nos « images » des faits sont tout autant construites que le sont nos « images » de valeurs à partir d'une combinaison entre messages symboliques et messages « issus de la nature » :

La théorie de l'image est clairement hostile à la position selon laquelle les faits et les valeurs sont tout-à-fait distincts, les premiers étant objectifs et constituant un sujet approprié de l'étude scientifique, contrairement aux secondes qui seraient subjectives. Dans la théorie de l'image, des images de fait et des images de valeur sont tout aussi bien présentes [...] Tandis que la distinction entre messages issus de la nature et messages symboliques est vitale, celle entre faits et valeurs ne l'est pas. Une conséquence importante de cette position est que les valeurs sont désormais vues comme un sujet tout aussi approprié à l'« enquête scientifique » que les faits².

C'est en connexion directe avec le développement de son anthropologie philosophique que Bertalanffy s'appliqua en 1964, dans un article intitulé « Le monde de la science et le monde de la valeur », à jeter les bases de ce qu'il appela trois ans plus tard une « théorie symboliste des valeurs ». Elle visait à « élucider leur origine, leur signification, la possibilité de les dériver de concepts ultimes et leurs conséquences pour le comportement humain et les sociétés ». Partant d'une définition des valeurs qu'il estimait opérationnelle³, il s'efforça de montrer le caractère insoutenable des trois grands types de théories usuelles : (1) la théorie « naturaliste », selon lui essentiellement biologiciste, scientiste et utilitariste car réduisant les valeurs humaines à des besoins ou pulsions biologiques (il prit comme exemples l'hédonisme et la psychanalyse freudienne), vouée à se fourvoyer dans une interprétation de tout comportement humain comme orienté vers la recherche d'un état d'équilibre biologique, psychologique et social – au mépris des activités exploratoires, de la créativité, de la culture en général et de l'« activité immanente de tout organisme » ; (2) la théorie « humaniste », centrée sur la notion d'accomplissement de l'individu et qui, par cet unilatéralisme, manque les aspects « supra-individuels » des valeurs ; (3) et la théorie « ontologique », qui se focalise au contraire sur ces seuls aspects mais se fourvoie quant à elle dans un réalisme conceptuel en pensant le monde des valeurs comme la manifestation d'une prétendue « essence » de l'homme. La perspective défendue par Bertalanffy consistait à comprendre tout système de valeurs comme un « univers symbolique », par là-même justiciable des principes énoncés pour de tels systèmes dans son anthropologie. Elle l'amena notamment à pointer les vertus « psycho-hygiéniques » de tels univers, des vertus auxquelles le matérialisme et l'utilitarisme contemporains seraient aveugles, créant les conditions nihilistes d'un « affamement au niveau symbolique qui mène à des perturbations de l'organisme mental, au même titre que l'affamement au niveau biologique mène à des perturbations de l'organisme physique »⁴.

¹ Sutherland J.W. (1974) et Katsenelinboigen A.I. (1974).

² *op. cit.*, pp. 174-175.

³ Bertalanffy L. von (1964a), p. 498 : « Les valeurs sont des choses ou des actes choisis et jugés désirables par un individu ou une société à l'intérieur d'un certain cadre de référence ».

⁴ Bertalanffy L. von (1964a), pp. 498—500 et (1967a), pp. 39-48.

Un autre aspect de la dimension axiologique de la « systémologie » philosophique, qui se rattache naturellement à la théorie perspectiviste de la connaissance, fut l'affirmation de la légitimité et même de la nécessité du rôle des valeurs dans les constructions scientifiques, « systémologiques » en particulier. Aux côtés de Bertalanffy et surtout de Koestler¹, Rapoport mena quelques discussions très explicites à ce propos dans plusieurs de ses publications de la période 1957-1969. Analysant l'exemple, sur lequel je reviendrai plus en détails au 4-1-4-4, des modélisations mathématiques de la « course aux armements » de Richardson, il montra qu'elles traduisaient en fait en termes mathématiques des convictions psychologiques et philosophiques, l'apparent pragmatisme de Richardson ayant une orientation éthique. Tel était l'argument central avancé par Rapoport :

Il est légitime de demander si *des convictions éthiques* sont pertinentes dans une théorie qui prétend être scientifique. On peut répondre à cette question qu'indépendamment de savoir si de telles convictions sont pertinentes dans la formulation explicite de la théorie, elles *peuvent très bien être pertinentes dans la formation des concepts menant à la théorie*. Il y a certainement une connexion beaucoup plus intime entre ce qui est désiré et ce qui est pensable que ce qui est explicitement admis dans la formulation de la théorie².

Le mathématicien était fermement convaincu que science et valeurs interagissent en profondeur, et ce non seulement parce que d'une manière générale « l'exercice de la science modifie inévitablement les perspectives et par conséquent les objectifs de ses praticiens et des sociétés où elle est appliquée »³, mais aussi parce que, au moins dans le champ particulier des sciences sociales, une dimension axiologique est constitutive de toute élaboration théorique, sans pour autant nécessairement porter en elle-même une atteinte au principe d'objectivité :

Une orientation axiologique n'est pas seulement inévitable dans la méthodologie des sciences sociales : elle y est en réalité nécessaire [...] L'insistance sur l'idée que la science est par sa nature même libre de valeurs et que la méthodologie des sciences sociales devrait en conséquence être purgée de toute orientation déterminée vers certaines valeurs, reflète une confusion entre objectivité (qui est une exigence indispensable de l'orientation scientifique) et manque de direction (qui est un obstacle à la recherche d'une connaissance significative)⁴.

Dans son essai sur « les prédicats axiologiques de l'entreprise scientifique » publié en 1974 dans *General systems*, le philosophe John W. Sutherland entreprit une systématisation originale de ces réflexions omniprésentes chez les fondateurs du projet « systémologique ». Elle prit la forme d'une « taxonomie des visions du monde » (comportant neuf types) « à partir de laquelle un ensemble limité d'alternatives ontologiques et épistémologiques peuvent être dérivées ». Sutherland la fondait sur cette thèse sans ambiguïté :

Toute information qu'un scientifique acquiert, quel que soit le moyen, emprunte au moins une partie de sa substance à des aspects non empiriques, non inductifs, de telle sorte qu'*une science libre de valeurs est à la fois logiquement et pratiquement impossible (et peut-être même pas souhaitable)*⁵.

Et la « systémologie générale » devait être conçue dans cette perspective. La réflexion la plus décisive à ce sujet, certes assez tardive (1986) mais prolongeant naturellement celles considérées plus haut, fut fournie par Rapoport lorsqu'il explicita en ces termes lucides faisant écho à ceux de Sutherland la raison essentielle du caractère irréductiblement axiologique de la « systémologie générale » :

Je suis convaincu qu'il n'existe rien de tel qu'une science libre de valeurs [...] Et il est particulièrement impossible dans la discussion sur la systémologie de se débarrasser des conceptions axiologiques, parce que *la sélection de n'importe quelle partie de la réalité comme « système » (par laquelle le reste est exclu comme « environnement ») est déjà dirigée par des conceptions axiologiques*. Dans l'intérêt de l'objectivité (à ne pas confondre avec la neutralité éthique), on doit rendre explicites les conceptions axiologiques par lesquelles on se laisse guider, les présupposés et les préférences méthodologiques⁶.

¹ Voir Koestler A. (1959, 1985), qui anticipe très nettement dans cet essai la thèse de Kuhn sur les « changements de paradigme ».

² Rapoport A. (1957), p. 57. Les italiques me sont propres.

³ Rapoport A. (1960a), p. vii.

⁴ Rapoport A. (1969a), p. 182.

⁵ Sutherland J.W. (1974), p. 3. Voir pp. 6-7 pour la taxonomie en question. Les italiques me sont propres.

⁶ Rapoport A. (1986, 1988), p. 36. Les italiques me sont propres.

Les promoteurs de la « systémologie générale » revendiquaient sans ambages le fait que leur projet était porteur de valeurs spécifiques. Boulding alla même jusqu'à le décrire comme « une orientation axiologique » [*value orientation*]¹. Rapoport eut quant à lui là encore l'une des réflexions les plus profondes sur cet aspect particulièrement hétérodoxe :

Les concepts de la systémologie générale mettent l'interrelation des choses et des événements au centre de l'attention. *Cette vision est déjà imprégnée de jugements éthiques ou normatifs* ; car l'essence de tout problème éthique est l'appréciation des effets de l'action de quelqu'un sur d'autres et, à travers ces derniers, sur soi-même. En distinguant de grands systèmes biologiques et sociaux en tant qu'objets propres de la recherche scientifique, *la vision systémique du monde fournit un lien entre science et éthique, faisant se rejoindre ce qui avait jusqu'alors été mis en pièces par la vision scientifique « classique »*, avec sa distinction tranchée entre les questions sur ce qui est et les questions sur ce qui devrait être. La vision systémique restaure la connexion en explicitant en termes concrètement démontrables des interdépendances qui n'avaient jusqu'alors été rendues manifestes que par des visions religieuses ou poétiques².

Cette position dérivait d'une conviction, partagée à des degrés divers (celle même qui imprégna Bertalanffy dès sa jeunesse et qui ne le quitta jamais), d'une profonde « crise de la culture », dont « toutes les dimensions tend[ra]ient à perdre leur valeur intrinsèque pour ne garder que leur valeur utilitaire » ; celle d'une urgence face à un délitement moral généralisé, à un abysse vide existentiel :

Il n'est certainement pas exagéré de dire qu'il n'y a jamais eu un fossé plus profond et plus généralisé entre les faits – le monde qui est – et les valeurs – le monde qui devrait être, une insécurité aussi profonde quant à nos directions [...] Avec tous nos gratte-ciels, nos véhicules spatiaux, nos maisons confortables, notre abondance économique, nos voitures et le doublement de notre espérance de vie, nous ne sommes pas si heureux [...] Notre crédo est celui de Iago dans l'*Otello* de Verdi : je suis issu de la fange primitive et ma destinée est de mourir, rien d'autre³ [...] L'armement militaire, bombes les plus sophistiquées incluses, ne nous sauvera pas lorsque la volonté de vivre, les idées directrices ou les valeurs de la vie se seront affaïssées [...] Nous avons le plus haut niveau de vie jamais atteint [...] Mais l'opulence économique va main dans la main avec un pic de maladies mentales [...] Un nouveau type de maladie s'est développé, pour lequel les psychothérapeutes ont même forgé un nouveau terme – la névrose existentielle, une maladie issue de l'absence de sens de la vie, de buts et d'espoirs dans une société de masse mécanisée [...] Nous avons conquis le monde, mais il semble que quelque part en chemin, nous avons perdu notre âme⁴.

La survie de notre culture me semble dépendre de cette question fondamentale : est-il possible de réhabiliter le système caractéristique de valeurs qui appartient à notre culture ? C'est seulement dans une réhabilitation de ces valeurs que l'on peut trouver le moyen d'éviter le déclin de l'Occident⁵.

Les valeurs portées par la « systémologie générale » étaient dès lors aussi comprises comme salvatrices pour l'organisation de la vie humaine contemporaine, un disciple de Bertalanffy allant jusqu'à la qualifier de « véhicule conceptuel fournissant 'la voie', montrant comment transformer le monde contemporain en le monde désiré de demain »⁶. Bertalanffy, tout en précisant par ailleurs qu'il ne faisait « pas partie des sauveurs du monde »⁷, mit ainsi en avant plusieurs fois, et ce dès 1955, la portée axiologique de ce qu'il avait appelé en 1926 la « conception monadologique du monde » :

Il est possible que le modèle du monde en tant que grande organisation contribue à renforcer le sens du profond respect [*reverence*] pour le vivant que nous avons presque perdu au cours des dernières décennies sanguinaires de l'histoire humaine⁸.

Si la réalité est [pensée comme] une hiérarchie de tous organisés, l'image de l'homme sera différente de celle qu'elle est dans un monde [pensé comme celui] de particules physiques gouverné par des événements aléatoires en tant qu'unique et ultime réalité¹.

¹ Boulding K.E. (1973), p. 951.

² Rapoport A. (1974), p. 247. Les italiques me sont propres.

³ *Sento il fango originario in me; e poi ? La morte e nulla.*

⁴ Bertalanffy L. von (1964a), pp. 496-498 et p. 501. Voir aussi (1964c), p. 14.

⁵ Bertalanffy L. von (1962c).

⁶ Clark W.J. (1972), p. 166.

⁷ Bertalanffy L. von (1960a), p. 215.

⁸ Bertalanffy L. von (1955a), p. 81.

Rapoport prolongea cette réflexion quelques années plus tard :

Je suggère que la vision systémique du monde a les plus profondes implications éthiques. Car elle souligne l'interdépendance de toute vie sur cette planète².

Boulding dressa pour sa part en 1973 cette liste des « orientations axiologiques » de la « systémologie » qu'il considérait comme les plus importantes :

Les orientations axiologiques se trouvent dans la grande valeur accordée à l'unité conceptuelle de la connaissance, dans le fait de briser le confinement étroit des disciplines particulières, dans la disposition à apprendre de ceux auxquels on n'est pas d'ordinaire associé, et dans la simplification du processus général de l'apprentissage³.

De ce point de vue, la « systémologie générale » aurait un rôle essentiel à jouer dans l'éducation, à une époque perçue comme présentant un danger considérable pour l'homme d'être « réduit à l'esclavage par la complexité de l'environnement qu'il s'est fabriqué »⁴. Cette éducation, Boulding (qui se montre ici encore avant-gardiste du point de vue de l'écologisme) aspirait à la voir centrée autour du concept de « Terre totale », i.e. de la planète comme « système total de sphères interagissant », et orientée tout autant vers le développement de la « perception de significations » que vers « l'acquisition de capacités »⁵. Dix ans plus tôt, Ackoff était allé jusqu'à affirmer que le cadre « systémologique » peut « faire plus qu'unifier la science : aider à unifier la culture », l'unification de la civilisation n'étant probablement pas loin derrière⁶. Il faut en tout état de cause voir comme essentiels les deux premiers aspects mis en avant par Boulding, en les connectant à la conviction évoquée plus haut d'une époque nihiliste – ou, ce qui revient au même par une réduction à l'absurde que nous avons vue Simmel opérer, d'une époque où toute valeur, asservie à une logique marchande, est condamnée à n'exister qu'en tant que valeur d'échange. Ainsi la critique d'une science soumise aux impératifs économiques et utilitaristes qui, en conséquence, n'est « plus une vocation personnelle mais un métier comme les autres » et se scinde en de multiples spécialités de plus en plus déconnectées, participait-elle aussi chez les promoteurs du projet « systémologique » d'une volonté de présenter ce projet comme un remède au nihilisme, défini par Bertalanffy comme l'absence d'un système de valeurs adapté à la complexité de notre civilisation⁷. Chez le psychiatre Viktor Frankl et chez Laszló à sa suite, cet aspect apparaît en pleine lumière :

Le réductionnisme est aujourd'hui un masque du nihilisme⁸.

La synthèse dans les champs de la connaissance doit nous aider à surmonter ce qui a été décrit comme un « vide existentiel » (Frankl) [...] Le nihilisme est de nos jours démodé, mais il réapparaît sous le déguisement du réductionnisme, la marque typique de la spécialisation⁹.

On peut en fin de compte préciser et compléter les propos de Boulding en affirmant que la « systémologie générale » visait à remédier au nihilisme en réhabilitant ce que Bertalanffy appelait les valeurs de l'« ancienne culture »¹⁰, que Rapoport et Boulding chérissaient tout autant et qui constituent des déclinaisons du vieil idéal humaniste-romantique de la *Bildung* : la recherche désintéressée et la liberté académique, l'unité de la connaissance et la formation de « l'homme total », l'échange et la coopération, la paix et le respect infini de la vie.

Même si les promoteurs de la « systémologie générale » (à l'exception notable de Gerard et Miller) étaient unanimes dans leur rejet du scientisme (un rejet notamment justifié par Bertalanffy au motif qu'il demeure « incapable de fournir une base à l'unicité de l'individualité et aux valeurs

¹ Bertalanffy L. von (1968a), p. xxii. Voir aussi (1972a), p. 38.

² Rapoport A. (1976), p. 15.

³ Boulding K.E. (1973), p. 951.

⁴ Gause D.C. & Weinberg G.M. (1973), pp. 139-140.

⁵ Boulding K.E. (1973), pp. 965-966.

⁶ Ackoff R.L. (1963), p. 121.

⁷ Et non comme l'écroulement des valeurs traditionnelles. Voir Bertalanffy L. von (1967a), p. 50. Voir aussi (1957b), p. 4.

⁸ Frankl V. (1969), p. 398.

⁹ Laszló E. (1972a), pp. 3-4.

¹⁰ Bertalanffy L. von (1962c) ; (1964a), pp. 497-498 ; (1964c), p. 14 et (1967a), p. 116. Voir aussi Laszló E. (1972a), pp. 5-6.

humaines » alors que « la clef du futur se trouve dans leur réexamen »¹), un autre aspect de la dimension axiologique de ce projet, sans doute le plus problématique et sujet à polémique², tient à la foi qu'ils partageaient en la possibilité de tirer des constructions scientifiques issues du cadre « systémologique » un fondement « objectif » aux valeurs cardinales dont il a été question plus haut. Cette foi explique par exemple que Bertalanffy ait jugé bon de se plaindre en 1956 du fait que la formation traditionnelle en sciences de la nature, en particulier en biologie, omettait consciencieusement « les questions et résultats ayant un rapport avec notre vision du monde et de l'homme »³. Cette position était parfaitement cohérente chez lui, dans la mesure où il considérait que les représentations scientifiques dont il s'efforçait de démontrer les insuffisances étaient, contrairement aux « mythes positivistes » qui les accompagnaient bien souvent, sinon intrinsèquement porteuses de valeurs spécifiques, tout au moins utilisées afin de les légitimer. Ainsi sa critique du schème de régulation homéostatique put-elle en certaines occasions apparaître intimement liée à sa dénonciation des philosophies utilitaristes⁴. Un autre exemple est fourni par Boulding, qui ne put s'empêcher, dans l'épilogue qu'il rédigea en 1962 à sa théorie générale du conflit, d'« aller plus loin » afin d'« examiner à la lumière de [s]es propres valeurs les implications éthiques de cette théorie éthiquement neutre » en elle-même⁵. C'est toutefois vers Laszlo et Rapoport qu'il faut se tourner pour voir au mieux explicitée la conviction commune dont il est question ici. Laquelle s'enracinait en définitive dans l'idée que le soi-disant fossé entre « faits » et valeurs est obsolète dans une perspective systémique dont le propre est de réintégrer la téléologie dans la sphère scientifique. Le concept même de « valeur » put ainsi être généralisé en ces termes par Laszlo, à la suite de Boulding (qui corrélait le bien à l'existence de niveaux supérieurs et plus complexes d'organisation) et de Miller (qui identifiait les normes à des « tensions » internes à l'organisme dont la fonction est de « corriger » son comportement eu égard à un but déterminé) : « Un état du système dans lequel ses objets de perception [*percepts*] correspondent à ses constructions [*constructs*] est un état-valeur [*value-state*] »⁶. C'est-à-dire que toute valeur s'identifie à un facteur d'harmonie entre les conditions externes d'un système et ses conditions internes, conformément aux exigences de préservation, de développement et de reproduction inhérentes à son existence. S'attirant pour cette raison de virulentes critiques⁷, Laszlo n'hésita pas à affirmer sur cette base :

La voie est ouverte pour un retour à une éthique normative et naturaliste, offrant des définitions de termes moraux à la lumière de constructions théoriques invariantes⁸.

Il est vrai que beaucoup de jugements de valeur manquent d'une conscience de fondements objectifs. Il se pourrait même que tous les jugements de valeur dans l'histoire de notre espèce aient ignoré des fondements objectifs. Ceci n'exclut pourtant pas encore la possibilité de découvrir des fondements objectifs pour des valeurs et donc la possibilité de parvenir à des jugements de valeur informés et objectifs. *Des normes objectives de valeur peuvent être déduites directement de la compréhension scientifique contemporaine des systèmes naturels*⁹. Les valeurs sont des buts que le comportement tend à réaliser. Toute activité orientée vers l'accomplissement d'une fin est une activité axiologiquement orientée [...] *Rien de ce qui poursuit une fin n'est libre de valeur. Même la science [...] Il n'y a rien*

¹ Bertalanffy L. von (1960a), p. 216.

² Surtout après les critiques par Weber, dans les années 1910, de l'idée qu'une « science réaliste de l'éthique » est possible. Voir Lilienfeld R. (1978), pp. 189-191 : il a affirmé dans le prolongement de Weber que la prétention des « philosophes des systèmes » à résoudre des problèmes éthiques et axiologiques ne peut être prise au sérieux et qu'elle pose la question de leur compétence philosophique. Si ce jugement (fondé sur une compréhension superficielle du projet « systémologique »), est aussi sommaire qu'outrancier, il pointe une difficulté réelle dont le dépassement ne peut s'opérer que dans un cadre perspectiviste. Comme l'a souligné Eugene en 1981, le dénigrement de Lilienfeld reposait sur une réduction erronée du projet « systémologique » à une philosophie et attribuait sans motif valable à ses promoteurs l'idée qu'une éthique peut naître de la *seule* actualisation du projet de « systémologie générale » : voir Eugene J. (1981), pp. 112-117.

³ Bertalanffy L. von (1956a), p. 33.

⁴ Bertalanffy L. von (1962a), p. 8.

⁵ Boulding K.E. (1962), p. 329.

⁶ Laszlo E. (1972a), p. 264.

⁷ Lilienfeld R. (1976), pp. 176-177.

⁸ Laszlo E. (1972a), p. 264.

⁹ Laszlo appelait « système naturel » toute entité manifestant une « invariance organisationnelle », ce qui englobait « certaines entités inorganiques, toutes les entités organiques et la plupart des entités supra-organiques ou sociales ». Voir Laszlo E. (1972b), pp. 22-23.

*dans le royaume des systèmes naturels qui serait libre de valeurs lorsqu'on le considère du point de vue des systèmes eux-mêmes*¹.

Quant à Rapoport, l'idée d'une « approche scientifique de l'éthique » fut constamment directrice de ses travaux, en particulier ceux concernant la théorie des jeux. Il estimait que les découvertes de cette dernière sont pertinentes pour l'éthique, notamment parce qu'elles permettent d'explicitier les hypothèses tacites sous-jacentes aux diverses conceptions de la justice². Sa résolution du « dilemme des prisonniers » était à ses yeux le parfait paradigme d'un résultat scientifique ayant une portée directe pour l'éthique (en l'occurrence pour la promotion de stratégies coopératives dans la résolution des conflits). Une originalité de Rapoport tient à sa distinction entre approches « descriptive » et « normative » des systèmes, qui s'ajoutait sans s'y superposer à sa distinction entre approches « analytique » et « holistique » : était qualifiée de « descriptive » toute approche consistant à concevoir un système comme voué à la poursuite d'un but intrinsèque, celui de préserver son identité – autrement dit comme une entéléchie, au sens étymologique du terme ; tandis qu'était qualifiée de « normative » toute approche consistant à concevoir le système comme existant pour quelque chose d'autre, donc comme conformant son comportement à un but extrinsèque. C'est précisément par l'ambition d'« intégrer » cette paire d'approches que Rapoport put caractériser l'objectif d'une « systémologie générale », et par la prétention à y parvenir au moyen des mathématiques qu'il chercha à promouvoir la mise en œuvre de ces dernières :

[Mon] accès à une systémologie générale est une tentative d'intégrer les perspectives analytiques et holistiques, descriptives et normatives. Mon but est de montrer que loin d'être inconciliables, ces perspectives sont complémentaires et manifestent différents aspects d'un accès unifié à la systémologie. La langue des mathématiques peut être d'une grande aide afin de mener à bien cette intégration [...] Il y a de bons motifs à supposer que l'on peut trouver une intégration des voies de connaissance analytiques et holistiques, rigoureuses et intuitives, objectives et orientées vers les valeurs [...] À mes yeux, la mathématisation peut jouer un rôle vital dans cette intégration³.

Le mathématicien considérait dès lors qu'« il y a une justification éthique à la dissémination de l'approche systémique dans les sciences du comportement », dans la mesure où elle permettrait de dépasser le clivage entre « ceux qui aspirent au statut scientifique de physiciens et tendent en conséquence à ne sélectionner que des problèmes de recherche qui se prêtent à la méthode analytique », toujours menacés de « trivialisier l'homme », voire de « placer leur expertise au service de groupes ayant le pouvoir de le manipuler pour leurs propres fins » ; et « ceux qui sont mus par le besoin de 'comprendre l'homme', en danger d'obscurcir son étude par des spéculations arbitraires sans ancrage suffisant dans les faits ou des hypothèses testables »⁴. On retrouve évidemment ici la vocation originale d'une herméneutique « systémologique » destinée à concilier signification et rigueur scientifique. Les conclusions de l'article intitulé « systémologie générale et axiologie », publié en 1974 dans *General systems* par l'économiste soviétique (récemment immigré aux États-Unis) Aron I. Katsenelinboigen, furent en phase avec les positions de Rapoport et tout indique qu'aucune d'entre elles n'était susceptible d'être contestée par les promoteurs de la « systémologie générale » :

Les valeurs peuvent être des objets de l'enquête scientifique si les limitations des outils scientifiques sont prises en compte [...] La recherche sur plusieurs systèmes conduite sous certaines conditions a fourni des résultats significatifs en accroissant notre conscience des mécanismes évaluateurs et en faisant progresser notre compréhension de catégories telles que les normes éthico-morales, la beauté, etc. L'application de ces résultats pourrait faciliter tant un progrès direct des mécanismes fonctionnels de ces systèmes que la génération d'analogies, d'associations et de spéculations, stimulant le développement de problèmes donnés dans différents systèmes. Les valeurs sont des universaux : elles sont observées dans différents systèmes. Les paramètres axiologiques remplissent

¹ Laszlo E. (1972b), pp. 104-105. Les italiques me sont propres.

² Rapoport A. (1959a), p. 55.

³ Rapoport A. (1986, 1988), p. 8 et p. 35.

⁴ Rapoport A. (1968), p. xxii.

la fonction d'une action directrice. Avec l'aide des mathématiques, le langage médiateur universel, on peut clairement voir les isomorphismes de valeurs dans différents systèmes¹.

Comme Rapoport l'a lui-même souligné en 1974, un répertoire de concepts devient une idéologie dès lors qu'il est couplé avec un système de normes dans le contexte de la résolution de problèmes concrets et de l'action². Dans ces conditions, les interactions entre « systémologie générale » et champ idéologique étaient inévitables. Elles opérèrent *via* le dernier moment de la « systémologie philosophique » qu'il me faut évoquer : ce que j'appelle la « praxéologie systémologique », en dépit du manque de systématisme des conceptions développées à ce sujet par les auteurs considérés ici – mais conformément à mon objectif de dégager une unité systématique dans la structure du projet de « systémologie générale ».

4-1-2-9 – *La vocation praxéologique de la « systémologie générale »*

L'exigence, fixée dès 1953 par la philosophie opérationnelle de Rapoport, d'« intégrer la connaissance et l'action » en rendant poreuses, tout en les contrôlant, les frontières entre sciences et valeurs, était profondément ancrée chez les promoteurs de ce projet. Il faut bien voir en particulier que s'ils assignaient aux mathématiques la fonction de sophistiquer et de « discipliner » la pensée systémique, de lui fournir en définitive les moyens de ses ambitions herméneutiques, c'était avec en point de mire la strate ultime du « *cosmos* systémique » : l'univers humain, qu'il s'agissait non seulement de comprendre en tant que hiérarchie de systèmes organisés, mais auquel il s'agissait aussi d'insuffler une « conscience de soi », et de donner les moyens de résoudre ses problèmes toujours plus complexes en conséquence. Des moyens auxquels les mathématiques, cette fois en tant qu'instruments d'action et non plus seulement d'interprétation, apporteraient justement un concours essentiel. Armée des mathématiques, la « systémologie générale » devait d'une certaine manière se conformer à la fameuse dernière thèse marxienne à propos de Feuerbach³, en étant non seulement l'organe d'une interprétation *théorique* unifiée du monde, prétendant restaurer l'homme dans une dignité dont la science « classique » l'aurait dépossédé, mais aussi être l'instrument d'une *praxis* (sociale, économique, politique) efficace orientée par cette interprétation. C'est dans cette perspective que se comprend cette déclaration de Bertalanffy peu après la seconde guerre :

La science n'est pas un événement suspendu dans l'espace vide d'un pur développement conceptuel : elle est aussi bien un *facteur* qu'une *expression* du cours de l'histoire [...] Dans les crises effroyables qui secouent notre époque nous reste peut-être l'espoir que la vision du monde actuellement en ébauche soit le *préparatif d'une nouvelle étape du développement de l'humanité*⁴.

Le fait que la « systémologie générale » ait été investie de la mission d'assumer la fonction de guide praxéologique⁵ est encore explicite dans ces déclarations remarquables de Rapoport deux décennies plus tard, dont la première est de surcroît une manifestation supplémentaire de l'ambition de fusionner les « méthodes herméneutique » et « hypothético-déductive » :

Les sciences sociales, *en devenant dures* [i.e. en se mathématisant], peuvent *devenir à la fois significatives et humaines*. Elles n'ont pas besoin de rejeter les idéaux de rigueur et d'objectivité pour conserver une *valeur fondamentale d'orientation* et pour *servir toute l'humanité plutôt que des intérêts de pouvoir spécifiques*⁶.

La théorie moderne des systèmes devrait être vue non seulement comme un ensemble de techniques pour résoudre des problèmes survenant dans des cadres conventionnels de pensée tels que ceux

¹ Katsenelinboigen A.I. (1974), p. 25. Il ajouta que « les valeurs peuvent être mesurées », les plus importants résultats à cet égard se trouvant en physique et en économie, avec aussi des progrès enregistrés dans l'étude de la perception esthétique et de la physiologie des mécanismes émotionnels – le problème de la mesure des valeurs demeurant toutefois « considérablement plus complexe » en sciences sociales.

² Rapoport A. (1974), p. 247.

³ Marx K. (1845), in Labica G. (1987), p. 19 : « Les philosophes n'ont fait qu'interpréter diversement le monde ; mais ce qui importe est de le transformer ».

⁴ Bertalanffy L. von (1951d), p. 224 et p. 245. Les italiques me sont propres.

⁵ Il est d'ailleurs intéressant de remarquer que Jacques Mélése, qui fut avec Piaget l'un des premiers à faire connaître la « théorie des systèmes » dans le monde francophone, qualifia en sous-titre son livre publié en 1968 sur la « gestion par les systèmes » d'« essai de praxéologie ». Le Moigne développa largement cette conception par la suite, définissant par exemple en 1974 la « science des systèmes » comme « une science de la méthodologie de la connaissance dans l'action » (in Simon H.A. (1969, 1974), p. 142).

⁶ Rapoport A. (1969), pp. 184-185. Les italiques me sont propres.

d'une technologie de plus en plus complexe, mais aussi comme l'annonce d'une nouvelle vision, mieux équipée pour faire face au taux croissant de changement historique¹.

Mesarović avait en fait clairement exposé la vocation en question dès 1964 :

La complexité croissante du monde où nous vivons exige que notre compréhension de ce phénomène soit fondée sur une base théorique plus large. *La motivation de la tentative de développer une telle théorie est donc à la fois scientifique, avec l'objectif de faire progresser notre compréhension des phénomènes naturels et sociaux, et pratique, avec l'objectif de fournir de meilleures méthodes pour la synthèse et le contrôle des systèmes complexes*².

Le préambule d'un rapport sur la « science des systèmes » publié en 1972 précisa :

L'accroissement dans la taille et le degré d'interdépendance dans notre société n'a pas été accompagné par un accroissement correspondant dans le degré de coopération et de coordination [...] Nos systèmes sont ainsi devenus trop complexes pour notre connaissance de la manière dont on peut les appréhender [...] La science et l'ingénierie modernes des systèmes peuvent à cet égard jouer un rôle majeur en contribuant à la compréhension de la manière d'analyser, de planifier et de gérer les systèmes à grande échelle qui lient notre société fondé sur la technologie³.

Rapoport avait peu auparavant expliqué que si, en raison de facteurs historiques, culturels et politiques, la compréhension d'un système est une condition certes nécessaire mais non suffisante pour le contrôler, elle présente malgré tout le cas échéant l'intérêt de révéler les raisons pour lesquelles un tel contrôle ne peut être exercé, étant ainsi susceptible de mener à des changements d'attitude envers le système en question ; et que la « systémologie générale » serait en particulier un cadre précieux pour la prise de conscience écologiste, en aidant à révéler non seulement les effets perturbateurs immédiats et locaux d'une certaine intervention humaine sur la nature, mais aussi ses effets ultimes (éventuellement sur des systèmes dont on n'avait pas même soupçonné l'existence)⁴.

4-1-2-10 – *La « systémologie générale » entre praxéologie et idéologie*

L'engagement écologiste constitue précisément l'une des inclinations idéologiques majeures (quoiqu'inégalement explicitée) de la plupart des promoteurs de la « systémologie générale » ayant discuté ses aspects axiologiques et praxéologiques. Boulding, Rapoport, Mesarović, Laszlo puis Prigogine furent les principales figures de cet engagement. Le fondateur de « l'économie écologique du vaisseau-Terre », qui accusait les États-Unis (au premier chef) d'avoir perverti leur propre devise en substituant un « in Growth we trust » au fameux « in God we trust »⁵, fut naturellement le premier dans cette voie prônant un développement soutenable qui prenne véritablement acte du « caractère fini et limité » de notre planète. C'est une voie qu'emprunta plus tardivement Rapoport à sa suite⁶. Mais c'est Mesarović qui, par sa codirection (avec Eduard Pestel) du second rapport remis au « Club de Rome » en 1974, fit les contributions les plus concrètes et efficaces à l'expression écologiste de la « praxéologie systémologique » et, par là-même, à la promotion de l'idéologie associée⁷. Ce rapport était explicitement construit dans une perspective praxéologique : ses rédacteurs y nourrissaient l'espoir de « fournir un instrument de planification globale aux décideurs politiques et économiques du monde entier qui pourrait les aider à traiter assez tôt les crises s'annonçant dans un futur plus ou moins

¹ Rapoport A. (1970), p. 25.

² Mesarović M.D. (1964a), p. xiii. Les italiques me sont propres.

³ Cité in Cavallo R.E. (1979), p. 25.

⁴ Rapoport A. (1970), p. 20.

⁵ Boulding K.E. (1956a), p. 81. C'est-à-dire « nous plaçons notre confiance en la croissance » et non plus « en Dieu ».

⁶ Rapoport A. (1976), p. 16. Voir aussi Oppacher F. (1978), où l'écologie de « l'éthique de la systémologie générale » est explicitée, ainsi que Goldsmith E. (1971) qui, dans cet article publié dans *General systems*, s'efforça de théoriser les « limites à la faisabilité et à la désirabilité de la croissance économique » telle que poursuivie dans le monde contemporain, en montrant les instabilités multiples qu'elle engendre et son caractère écologiquement et socialement destructeur.

⁷ Ce rapport eut toutefois un impact moindre que le premier (remis en 1972 et dirigé par Jay Forrester et Dennis Meadows) du point de vue de sa contribution à la popularisation des thèmes écologistes et de l'opposition à une croissance aveugle, et eu égard à son influence sur le législateur. C'est d'ailleurs le seul premier rapport que visa Lilienfeld ((1976), p. 244) dans ses critiques acerbes. Sur ces différents rapports, voir les analyses approfondies de la thèse doctorale récemment soutenue par Élodie Vieille-Blanchard (2011), dont je conteste néanmoins ici l'affirmation selon laquelle le rapport de Mesarović et Pestel n'aurait « pas abordé les enjeux environnementaux » (p. 484 et p. 487), même s'il reste vrai que ce rapport se focalisa primordialement sur des problématiques économiques et démographiques.

proche au lieu de se limiter à réagir dans l'esprit d'un pragmatisme à court terme »¹. Une attaque frontale y était portée contre la domination d'une conception non systémique de la croissance ; elle prolongeait (sans s'y référer) les réflexions initiées par Boulding au début des années 1950, tout en les précisant par une distinction entre deux types essentiellement différents de croissance que l'économiste n'avait pas assez exploitée. Cette distinction mérite d'autant plus d'être citée ici que sa pertinence reste intacte :

L'humanité se trouve face à une multiplicité de crises : explosion démographique, menaces sur l'environnement, raréfaction de la nourriture et des matières premières, crise énergétique, etc. [...] Ce qui ouvrit naguère la voie au progrès semble mener toujours plus profondément à la crise contemporaine de l'humanité. Et rester non critique vis-à-vis des conceptions fondamentales traditionnelles semble douteux à un nombre croissant d'individus. L'une de ces conceptions fondamentales est la croyance en la nécessité d'une croissance permanente. Pourtant, la croissance rapide se révèle de plus en plus responsable des grands problèmes de notre époque. On entend déjà s'élever l'exigence de mettre un terme à toute croissance – ou au moins de la freiner considérablement. Et d'un autre côté l'on oppose vigoureusement l'idée que les crises mondiales ne peuvent être maîtrisées que par la poursuite de la croissance. De telles idées sont en tout état de cause peu utiles tant qu'elles n'explicitent pas ce qui est compris par le terme « croissance » et en quel sens on juge qu'elle est ou non souhaitable [...] Les prises de position usuelles « pour » ou « contre » la croissance sont fondamentalement naïves [...] On doit distinguer deux types de croissance : croissance *indifférenciée* ou *organique* [... Contrairement à la première], la croissance organique se caractérise par le rôle essentiel joué par le processus de différenciation [structurale et fonctionnelle] [...] Dans les débats contemporains sur la croissance, il n'est quasiment question que d'une croissance exponentielle indifférenciée. Alors que c'est précisément la croissance différenciée de type organique qui possède une signification centrale pour le développement futur de l'humanité [...] Une croissance inégale et indifférenciée est la véritable cause des problèmes les plus pressants devant lesquels se trouve l'humanité – une croissance organique ouvrant la voie de leur résolution [...] L'humanité se trouve en ce sens au tournant de son histoire : nous nous retrouvons à décider l'alternative soit de persister autant que possible dans la voie d'une croissance indifférenciée de type cancéreux, soit de nous engager dans la voie d'une croissance organique².

Mesarović et Pestel insistaient avec force sur le fait que l'existence de l'humanité repose sur une stabilité de l'écosystème global que l'homme n'a[vait] de cesse de mettre en danger, son ascension ayant au contraire « conduit à un appauvrissement de la nature » :

Il ne fait aucun doute que le « progrès » a, dans notre monde, constamment élargi le fossé entre l'homme et la nature. Là se loge le noyau de nos crises mondiales contemporaines.

En contrepoint du spectre d'une « catastrophe exterminatrice », l'espoir était formulé que la « scission entre l'homme et la nature puisse être durablement guérie » au moyen d'une « croissance organique »³. En se fondant sur le modèle systémique servant de base à leur rapport, Mesarović et Pestel purent justifier la nécessité d'« une nouvelle éthique de la consommation » permettant à l'homme de « vivre en harmonie avec la nature » en lui imposant de « renoncer à certains avantages pour préserver les générations futures ». Le modèle diagnostiquait en effet des tendances alarmistes en prédisant que leurs symptômes ne commenceraient certes à se manifester qu'à la fin du vingtième siècle – ce qu'ils n'ont effectivement pas manqué de faire – mais qu'en l'absence d'« action immédiate », il serait alors trop tard pour remédier à leurs causes... Il s'agissait en premier lieu de deux tendances opposées concernant l'atmosphère, la prédominance progressive de la première d'entre elles étant annoncée : « une augmentation constante de la concentration en CO₂ dans l'atmosphère devant conduire à une élévation durable de la température sur Terre » ; et une augmentation de la concentration en aérosols, agissant au contraire dans le sens d'une diminution de température. Le rapport soulignait les « conséquences climatiques incalculables » d'une fonte des glaces polaires promise par la prédominance de la première tendance. Il prévoyait par ailleurs une pénurie croissante d'eau douce, conséquence des besoins croissants d'une agriculture intensive⁴. Notons que si la connexion entre « systémologie » et écologisme fut ainsi établie par plusieurs des principaux

¹ Mesarović M.D. & Pestel E. (1974), p. 8.

² *op. cit.*, pp. 12-15.

³ *op. cit.*, pp. 20-21.

⁴ *op. cit.*, pp. 135-139.

représentants de la première (notamment par l'intermédiaire des deux frères et théoriciens des systèmes écologiques Howard T. et Eugene P. Odum¹), elle le fut aussi bien (mais pas nécessairement en connaissance de cause) par la majorité des autres apôtres de l'écologisme, de part leurs thèmes de prédilection et leur vocabulaire (totalité, holisme, système, réseaux, croissance organique, équilibres de flux, etc.). Avec une tendance difficilement évitable, qui suscita des critiques parfois légitimes, à glisser vers un discours naturaliste-biologiste sur la société, i.e. à transposer par des analogies « sauvages » certaines constructions scientifiques de la nature biologique à des problématiques sociologiques, économiques et politiques, et à suggérer que certains changements radicaux dans l'organisation sociale doivent se conformer aux « leçons » tirées de l'étude des « systèmes naturels »².

Le second rapport au « Club de Rome » constitua (comme devrait l'être toute prise de position écologiste cohérente...) une remise en cause de l'économie productiviste et de la société de consommation asservie à ses logiques ; mais ce fut sans expliciter les valeurs solidaires de cette remise en cause : il se limitait à prétendre dériver cette remise en cause de constats objectifs. Bertalanffy fut tout au long des années 1960 (comme l'avait fait Boulding une décennie plus tôt mais avec beaucoup moins de virulence) le seul systémicien à avoir pris l'initiative de l'attaquer sur le terrain des valeurs, en de multiples occasions de surcroît, dans un contexte (contre-)culturel qu'il savait réceptif : il ne faisait guère ainsi que réactualiser les points de vue idéologiques formulés dans ses écrits de jeunesse, dont il a été largement question au 1-1-2. Sa réaffirmation, récurrente à cette époque, des valeurs associées au vieil idéal de la *Bildung* alla en effet systématiquement de pair avec la dénonciation (préfigurant à maints égards la critique anthropologique beaucoup plus constructive publiée en 1972 par Marshall Sahlins³) d'une soi-disant « économie d'abondance » dont le maintien nécessiterait en fait « l'application de techniques psychologiques appelant au dénominateur commun le plus bas de l'homme » et dont les principaux produits seraient une « société de masse industrialisée et commercialisée » réduisant la vie humaine à une « absurde course de rats », une « civilisation de l'argent » cultivant surtout la « médiocrité d'abondance », qui combine le plus haut degré de prospérité matérielle jamais atteint et la plus grande proportion jamais observée de malades mentaux, de névrotiques et de délinquants, ayant ainsi au moins le mérite de constituer une « expérimentation à grande échelle réfutant la 'théorie du robot' », c'est-à-dire le modèle behavioriste de l'homme et toutes les justifications pseudo-scientifiques du règne de l'utilitarisme et de la concurrence généralisée⁴. Mais le fait est que Bertalanffy ne fournit aucune alternative constructive à ces constats amers : la réaffirmation de ses propres valeurs ne s'assortissait pas chez lui de propositions concrètes en matière d'organisation sociale, économique et politique, de sorte que sa portée praxéologique restait nulle. Il importe toutefois d'observer que l'interprétation de son modèle général du système ouvert pouvait très vite, dans le contexte des « sciences du management » en particulier, avoir une portée idéologique considérable et être investi en conséquence d'une fonction praxéologique répondant à une partie des préoccupations exprimées par Bertalanffy. Un article publié en 1978 explicita cette fonction dont on ne peut qu'apprécier le potentiel contemporain :

Tandis que le modèle financier limité du comportement d'une entreprise avait pour objectif de maximiser le seul retour sur investissement, le modèle du système ouvert pose l'objectif de maximiser le retour sur *toutes* les ressources employées par l'entreprise [...] Il révèle avec force à quel point est inadéquate la vision de la performance de l'entreprise fournie par le seul modèle financier du système fermé [...] En ne considérant pas les contreparties sociales de ses activités financières, on distord grossièrement son véritable impact sur la société [...] Beaucoup d'entreprises ayant des rapports enviables de succès financier, par exemple, peuvent être responsables de la création de sérieuses pertes nettes pour la société parce que ces coûts sociaux ont été ignorés. *Un modèle de système ouvert apparaît par conséquent essentiel si nous avons l'espoir de diriger le*

¹ Voir par exemple Odum E.P. (1976), où les principes « organismiques » de Bertalanffy sont largement repris.

² Voir les critiques de Weingarten M. (1986), en particulier pp. 26-27 et Regelmann J.P. (1986), p. 76.

³ Sahlins M. (1972, 1976). Ce chef d'œuvre hétérodoxe de l'anthropologie économique soutient que l'économie dite « primitive », placée sous le signe du don et sans souci de rentabilité, fut et reste en réalité la seule économie d'abondance ; il fait *a contrario* apparaître l'économie usuellement dite « d'abondance » comme celle d'une pénurie organisée... Sahlins fut étudiant au C.A.S.B.S. en 1963-1964.

⁴ Bertalanffy L. von (1960a), p. 214; (1960b), p. 17; (1962c); (1964a), p. 497; (1965b), p. 296; (1965c), p. 1096; (1966a), p. 718; (1966b), p. 132; (1967a), pp. 11-18; (1968e), p. 10; (1971a), p. 83; (1971b), pp. 102-103.

*comportement économique d'une manière raisonnablement éclairée, qui maximise la quantité totale de bien-être social créé par l'entreprise, plutôt que les seuls profits financiers*¹.

La seconde problématique où des travaux d'inspiration « systémologique » eurent une portée praxéologique significative était connexe au rejet du « commercialisme » et du productivisme capitaliste à courte vue (une connexité d'ailleurs perçue par Bertalanffy²) : il s'agit de la problématique de la résolution des conflits. Nous avons vu au 3-4-1-6 que Boulding et Rapoport lui consacrèrent l'essentiel de leurs travaux dès la fin des années 1950, cherchant par là-même à fournir des assises scientifiques solides à leur pacifisme. Il s'agit ici de mettre clairement en évidence l'ambition praxéologique de ces travaux et l'engagement très concret dont il fut solidaire. Commençons par observer que leur profond attachement au principe de coopération les conduisait naturellement à ne pas séparer cet engagement de l'écologisme, et qu'il incorporait implicitement, en l'intégrant à une vision systémique plus générale, la critique des approches managériales exprimée dans la citation précédente :

*La pensée systémique poursuivie à son terme a les conséquences éthiques les plus profondes en politique. La politique, vue comme une technique, dégénère inévitablement en un combat pour le pouvoir, que ce soit dans la politique intérieure ou sur la scène internationale [... Or,] la pensée systémique voit les combats pour le pouvoir dans le contexte du système global dans son ensemble, et elle les considère avec ce recul comme une dissipation scandaleuse de ressources, d'attention, d'engagements et d'efforts [...] Dans d'innombrables situations biologiques, la coopération apparaît comme le mécanisme majeur de survie [...] Pourtant, la compétition pour les ressources, la domination stratégique des océans, les extravagances technologiques, la surcapacité nucléaire de tuer, commandent toujours le cours de la politique globale*³.

Boulding et Rapoport, qui estimaient la résistance non-violente de Gandhi comme la plus importante idée politique du vingtième siècle tout en étant conscients de ses limites⁴, et qui n'hésitaient pas en pleine « guerre froide » à dénoncer comme « un analogue des tumeurs cancéreuses » l'« hypertrophie du complexe militaro-industriel »⁵, considéraient toutefois qu'il ne s'agissait pas seulement de dénoncer des états de fait absurdes et révoltants :

L'abandon de l'idéologie de la défense nationale unilatérale est particulièrement difficile pour les Américains [...] Néanmoins, je crois que nous courons à notre perte si elle n'est pas abandonnée [...] Le mouvement pour la paix, je le crains, n'est pas adéquat pour relever ce défi [...] De même que la guerre est une chose trop importante pour être laissée aux généraux, la paix est trop importante pour être laissée aux pacifistes. *Il ne suffit pas de condamner la violence, de s'en abstenir ou de s'en détourner. Il doit y avoir une organisation contre elle*⁶.

Une organisation dont l'objectif était radical : « la paix permanente et l'abolition de l'institution sociale de la guerre », avec ce que cela implique de contrôles des naissances, des conflits, de l'ennui, des maladies, de l'ignorance, de la pauvreté et de la tyrannie, mais aussi de « sens d'un objectif supérieur pour la race humaine »⁷. La théorisation du conflit par Boulding et Rapoport, vouée pour l'essentiel à établir la rationalité supérieure des stratégies de coopération, était par là-même destinée à éclairer des gouvernements s'attachant à prévenir la guerre au lieu de la garantir en tant qu'institution structurant dans une large mesure les sociétés modernes. Il y avait là pour eux un enjeu primordial :

Nous vivons à une époque dans laquelle le conflit, particulièrement le conflit international, menace de nous échapper et de nous détruire. La théorie du conflit a par conséquent des implications pratiques, et même des implications pour notre survie [...] Le contrôle de la violence, et plus généralement le contrôle du conflit, est l'un des problèmes organisationnels majeurs de l'humanité [...] Ce contrôle est la tâche la plus importante de tout gouvernement – celle qu'il doit accomplir à moins de cesser d'être un gouvernement [...] Un thème central de mon travail a été de montrer que les processus de conflit ne sont ni arbitraires, ni aléatoires, ni incompréhensibles. Dans la

¹ Halal W.E. (1978), pp. 767-768 (in Klir ed.). Les italiques me sont propres.

² Bertalanffy L. von (1968e), p. 5. J'y reviendrai un peu plus loin en le citant à ce sujet.

³ Rapoport A. (1976), p. 16. Les italiques me sont propres.

⁴ Boulding K.E. (1962), pp. 337-338. Boulding évoqua la tragédie de la partition de l'Inde, conséquence du mouvement gandhien.

⁵ Rapoport A. (1970), p. 24 et (1972b), p. 25.

⁶ Boulding K.E. (1962), pp. 333-334.

⁷ *op. cit.*, pp. 341-342.

compréhension de ces processus se trouve l'opportunité de leur contrôle, et peut-être de la survie humaine [...] Sans contrôle du conflit, tous les autres espoirs concernant le bien-être et le progrès de l'humanité sont voués à être balayés¹.

Mais Boulding et Rapoport étaient tout sauf naïfs, ayant parfaitement conscience des « formidables obstacles » sociopolitiques opposés à leurs ambitions pacifistes, et plus généralement d'ailleurs au progrès tangible d'une conscience systémique des problèmes posés à l'humanité. Ils étaient en particulier bien placés pour savoir que même d'autres systémiciens, ceux que Bertalanffy dénonçait sans les nommer comme des « laquais du complexe militaro-industriel »², étaient happés par les pièges tendus par les « tendances anti-humanistes » florissant dans « l'industrie de la mort » et l'économie capitaliste en général ; lesquelles, apparemment hospitalières à la pensée systémique, offraient certainement plus d'opportunités que le monde académique et les organisations internationales³. L'économiste et le mathématicien n'hésitèrent dès lors pas à prolonger leur travail praxéologique par un activisme militant qui constitua, aux côtés de celui d'intellectuels plus célèbres tels que Chomsky, une avant-garde du mouvement pacifiste. Ils organisèrent notamment ensemble à l'université du Michigan le premier séminaire contre la guerre du Vietnam⁴, dès 1965. Boulding est de surcroît l'auteur probable d'une satire publiée en 1967 sous le titre *Report from Iron Mountain on the Possibility and Desirability of Peace*, qui se présentait comme un rapport secret écrit par un groupe d'experts gouvernementaux, et attaquait en fait précisément les *think tanks* tels que la R.A.N.D. Il présentait avec un cynisme achevé la guerre comme le « système social fondamental » auquel tous les autres « modes secondaires d'organisation sociale » doivent être subordonnés, avançant qu'elle sert d'indispensables fonctions économiques, politiques et sociologiques et que si la paix permanente est en principe possible, elle n'est pas souhaitable. Le rapport soulignait que l'autorité d'un gouvernement émane de sa capacité à faire la guerre et qu'aucun gouvernement ne saurait donc subsister sans elle ; et il faisait un certain nombre de recommandations qu'un gouvernement devrait suivre en période de paix, telles que la création d'institutions et de programmes permettant de mimer la fonction économique d'une guerre, ou l'invention d'ennemis et de menaces imaginaires⁵. Bertalanffy connecta sans mal les conclusions de ce pseudo-rapport à son rejet du « commercialisme » :

Si l'on se fixe comme objectif la préservation de l'économie de marché dans ses aspects les plus révoltants – ce que les communistes appellent le système capitaliste-impérialiste – et si l'on accepte le modèle zoomorphique de l'homme en tant qu'agresseur, alors les terrifiantes déductions d'*Iron Mountain* – ou la plupart d'entre elles – s'ensuivent en conséquence logique⁶.

Aussi bien l'écologisme que le pacifisme conduisirent très naturellement Boulding, Rapoport, Mesarović, Laszlo et d'autres systémiciens encore à présenter leurs travaux « systémologiques » comme des arguments en faveur d'une vision internationaliste et globaliste de l'action politique, et comme des outils contribuant à sa concrétisation. Rapoport put d'ailleurs caractériser l'internationalisme et la « responsabilité écologique » comme des « symptômes d'horizons en expansion inhérents à une vision systémique du monde plus ou moins explicite »⁷. La seule solution viable au problème de la résolution des conflits trouvée par Boulding et Rapoport était ainsi la création d'un gouvernement mondial digne de ce nom :

Le grand problème de l'humanité est désormais de construire un gouvernement responsable au niveau mondial. Ce n'est plus un rêve, mais une nécessité, simplement parce que l'échec du système de défense nationale rend impossible de construire des îles défendues de gouvernement responsable et de paix au milieu de la jungle hobbesienne d'un monde en guerre⁸.

¹ *op. cit.*, p. 305, p. 324 et p. 328.

² Bertalanffy L. von (1967a), pp. 5-6.

³ Rapoport A. (1974), p. 249.

⁴ Hammond D. (2003), p. 156.

⁵ Lewin L.C. (1967, 1996). Voir aussi Hammond D. (2003), p. 213. L'auteur de cette satire n'a jamais été révélé avec certitude. L'écrivain Leonard C. Lewin et surtout l'économiste John Kenneth Galbraith ont aussi été évoqués comme possibles auteurs.

⁶ Bertalanffy L. von (1968e), p. 6.

⁷ Rapoport A. (1973b), p. 189.

⁸ Boulding K.E. (1962), p. 336. Boulding jugeait de plus que la voie du désarmement était conditionnée par la dissolution des liens entre forces armées et État civil dans chaque pays, et par la création d'une organisation unifiant les forces armées entre elles.

Rapoport voyait en fait dans une intégration politique, économique et sociale planétaire la seule issue aux multiples problèmes vitaux se dressant devant l'humanité, et dans la « systémologie générale » un véhicule majeur de cette intégration :

L'interdépendance des événements comprenant les activités humaines et leur impact sur l'environnement strictement circonscrit dans lequel les êtres humains sont immergés est désormais un truisme auquel même les politiciens font semblant de s'intéresser [...] Une action prophylactique et efficace ne peut toutefois être qu'une action organisée, à l'échelle globale de surcroît¹.

L'intégration à l'échelle planétaire promet au moins une période de respiration hors de l'état chronique de guerre, de telle sorte qu'un bilan puisse être dressé de notre position, de nos chances de survie et, qui sait, peut-être même d'une existence libérée du désespoir, du tourment et de la dégradation. Cette vision, expliquée en termes concrets impliquant les contraintes à l'intérieur desquelles nous sommes forcés d'agir (telles que les limites de ressources) et les obstacles que nous devons surmonter (tels que la pollution de l'environnement sémantique et la psychopathologie des élites du pouvoir retranchées) constitue la contribution de la vision systémique à la composante éthique de la philosophie contemporaine².

Le rapport de Mesarović et Pestel, qui pointait l'interdépendance entre la crise écologique et les profondes inégalités dans l'utilisation des ressources entre riches et pauvres, pays « du Nord » et « du Sud », soulignait aussi qu'aucune des crises auxquelles l'humanité commençait à être confrontée ne pouvait être résolue durablement si elles étaient traitées séparément (un tel traitement créant en fait au contraire des problèmes inédits)³ ; il formula des préconisations similaires à celles de Boulding et Rapoport, avec plus de précision et surtout avec l'arrière-plan de données factuelles et le support d'un modèle sophistiqué les compilant :

Le monde est devenu un système de nations et de régions interdépendantes qui s'influencent mutuellement, dans lequel aucun des effets d'un événement important ou d'une action à grande portée n'épargne le moindre autre point de la Terre [...] Pour une transformation future du développement de l'humanité, nous avons besoin d'une perspective « holistique » sur le système-monde englobant l'ensemble des aspects de la vie [...] La résolution des crises de notre temps n'est possible à long terme que dans un cadre global, avec une pleine connaissance des propriétés systémiques de notre monde contemporain. Cette compréhension doit nécessairement mener à un nouvel ordre économique global et à un système juste et durable de répartition des ressources mondiales [...] La possibilité est plus grande de résoudre les crises par coopération que par la confrontation [...] La coopération est le présupposé fondamental d'une croissance mondiale saine, organique [...] Les questions globales ne peuvent être résolues que par des actions concertées à l'échelle mondiale [...] Une humanité qui est en elle-même divisée par un fossé infranchissable est aussi impuissante devant la fracture entre l'homme et la nature [...] Un cadre international doit donc être créé, dans lequel la coopération entre nations et régions ne serait pas seulement une question de bonne volonté mutuelle et où elle n'émergerait pas d'une simple disposition contingente et versatile à un travail en commun, mais où elle s'imposerait logiquement comme une nécessité contraignante pour le seul progrès possible de l'humanité [...] Le monde doit désormais fusionner en un système global coopérant, ou il sera totalement déchiré par la haine et le conflit, la guerre et la destruction⁴.

Laszlo chercha quant à lui en 1974 à développer de manière systématique un programme politique globaliste découpé en trois phases, dont l'actualisation reposait sur la généralisation à tous les niveaux de décision d'une pensée systémique présentée comme le seul cadre adéquat pour conduire rationnellement les efforts collectifs nécessaires à l'humanité afin d'assurer une vie décente aux générations futures⁵. La première phase, « l'avènement d'une conscience du système-monde », devait être celle où les intellectuels, les professionnels des media de masse, les décideurs éclairés et ceux qui travaillent dans les organisations internationales, devaient acquérir ladite conscience et l'insuffler à leur tour à l'opinion publique mondiale. La seconde phase, « flux d'information en éco-rétroaction », devait consister en une évaluation continue des problèmes globaux et en une série de réunions hiérarchiquement organisées, aux niveaux local et international, visant à planifier l'action collective.

¹ Rapoport A. (1974), p. 247.

² Rapoport A. (1976), p. 16.

³ Mesarović M.D. & Pestel E. (1974), p. 12.

⁴ *op. cit.*, p. 25, p. 27, pp. 133-134, p. 140 et p. 143.

⁵ Laszlo E. (1974). Voir aussi Rapoport A. (1974).

La troisième phase, enfin, correspondait à la vision d'une autorégulation globale institutionnalisée, un idéal que Laszlo appelait le « système-monde homéostatique » [*world homeostat system*]. Il s'agissait d'un schéma de la structure et du fonctionnement d'un gouvernement mondial utilisant bon nombre de ressources conceptuelles fournies par les scientifiques œuvrant au développement de la « systémologie générale », qui prétendait échapper aux accusations d'utopie comme de despotisme avec l'argument que le système en question serait le produit de besoins humains véritablement ressentis, qu'il adviendrait par une intégration graduelle de l'humanité et par l'application d'une raison humaine émancipée fondée sur une connaissance empirique, plutôt que par la conquête ou par la mise en application de simples spéculations sur la nature de la « société idéale ». Dans une conférence postérieure à cet essai, Laszlo résuma très bien la position idéologique inspirant ce travail aussi bien que ceux des principaux promoteurs du projet de « systémologie générale » :

Nous dépassons désormais les ressources de notre planète. Une telle pensée purement expansionniste mène à une raréfaction majeure et à des iniquités formidables [...] Il est nécessaire de passer d'une éthique matérialiste de l'accumulation, avec son approche fragmentaire et son caractère fondamentalement réductionniste, à une pensée holistique et systémique, qui considère les dimensions de l'ensemble du système dans lequel nous opérons et accorde plus d'attention à l'allocation, la distribution [des ressources] et l'équité qu'à l'intérêt égoïste immédiat d'acteurs individuels voués à l'accumulation. L'intérêt est ici redéfini, non plus comme un intérêt égoïste à court terme, mais comme un intérêt pour le système global, qui est ultimement aussi bien une condition préalable à un bien-être personnel soutenable. Ceci implique de devenir sensible à l'écosystème total, composants économiques inclus¹.

L'idée centrale développée par Laszlo, à laquelle Rapoport apporta son soutien en la jugeant « fondamentalement humaniste »², était que l'autonomie et l'accomplissement des individus sont non pas antithétiques, mais bien plutôt consubstantiels à l'organisation de la vie humaine en un système autorégulé viable. Et comme son modèle de ce système, très inspiré du « système organisé général » de Bertalanffy, était largement fondé sur le principe d'organisation hiérarchique (pensée comme une condition de l'adaptabilité), cela revenait non seulement à affirmer la possibilité de concilier hiérarchisation sociale et des processus de décision d'une part et liberté des individus d'autre part, mais à prétendre aussi que cette conciliation est l'idéal à atteindre. L'argument était celui de la grande plasticité interne des « systèmes naturels », ce qu'il appelait leur « macro-détermination flexible et dynamique », c'est-à-dire le fait que le système comme tout a un comportement déterminé, mais que les relations entre ses parties ne le sont pas pour autant : leur autonomie fonctionnelle, l'existence de degrés de liberté au niveau partiel, est au contraire la condition même de la « macro-détermination » (un principe que nous avons vu Bertalanffy formuler tant avec son concept d'équifinalité qu'avec sa conception même de la hiérarchisation). D'où ces assertions :

Même une hiérarchie de plus en plus déterminée de systèmes sociaux n'est pas contraire à l'accomplissement individuel. Celui-ci est fondé sur la liberté de devenir ce que l'on est capable d'être – c'est-à-dire sur l'autonomie fonctionnelle des êtres humains en société [...] Nous sommes confrontés à notre époque aux variables suivantes : une communication croissante – et donc une détermination – au macro-niveau des systèmes socioculturels ; une grande différenciation parmi les aptitudes et potentiels individuels ; et la valeur de l'accomplissement individuel humain. Notre but humaniste est d'accroître l'accomplissement individuel dans une société hiérarchisée de plus en plus déterministe composée d'individus très différenciés. C'est un objectif accessible. Comme tout système naturel complexe, les institutions et sociétés humaines fonctionnent mieux lorsqu'elles sont des expressions spontanées d'activités librement choisies de leurs membres inter-reliés. Une telle société est la norme à laquelle nous devons confronter nos formes existantes de structure sociale³.

Si l'inclination à théoriser et à justifier le principe de hiérarchie sociale avait chez Laszlo cette originalité d'être indissociable d'un souci aigu du respect de l'accomplissement individuel, d'autres systémiciens contemporains n'eurent aucunement le même souci. Le plus caractéristique à cet égard est sans doute un article publié en 1969 dans *General systems* et intitulé « stratification sociale et

¹ Laszlo E., cite in Gray W. (1981), p. 384.

² Rapoport A. (1974), p. 249.

³ Laszlo E. (1972b), pp. 115-117. Les italiques me sont propres.

théorie moderne des systèmes », où l'on peut observer une théorisation de la hiérarchisation sociale parée des atours de la cybernétique d'Ashby :

La thèse que je soutiens ici est que le système de stratification [sociale] est un mécanisme de contrôle cybernétique macroscopique par lequel l'entropie est contrôlée et la néguentropie accrue dans certains secteurs des systèmes sociaux [...] Vivre près du seuil de pauvreté maintient le travailleur (et les travailleurs potentiels) dans un état d'équilibre instable. Pour le système de stratification, cette condition est une source de variété [...] Pour que le système de stratification cybernétique fonctionne, il est nécessaire que le système de pouvoir ait accès à suffisamment de variété pour s'adapter aux changements dans l'environnement [...] Ceci dérive du principe de la variété requise d'Ashby [...] La classe sociale est un mécanisme assurant la variété¹.

L'auteur prenait certes soin de préciser qu'il ne partageait pas « l'hypothèse fonctionnaliste traditionnelle » des caractères inévitable et indispensable de la stratification sociale, et encore moins l'idée qu'elle est bénéfique. Mais de telles considérations ne tardèrent pas à attirer dans les années 1970 les critiques les plus sévères de sociologues et de philosophes, dont le point commun fut de tendre à réduire le projet de « systémologie générale » dans son ensemble à une pure idéologie. C'était d'autant plus inévitable que le processus d'idéologisation des holismes caractéristique des années 1920 et 1930 réapparaissait sous de nouvelles formes : tel fut le cas non seulement avec le discours écologiste, mais aussi chez certains idéologues conservateurs de la « nouvelle droite » tels qu'Alain de Benoist qui, très attachés à la justification d'un ordre social hiérarchisé, puisèrent dans la pensée systémique moderne des arguments et un vocabulaire tendant à naturaliser l'ordre qu'ils appelaient de leurs vœux ; ou encore chez ceux qui, tels le sociologue Niklas Luhmann, investirent les théories de l'auto-organisation dans la justification pseudo-scientifique d'un ordre ultralibéral².

Ainsi les reproches adressés aux sociologues fonctionnalistes furent-ils repris au motif que les postulats des systémiciens en matière sociologique seraient les mêmes³ : le biais idéologique vers l'ordre, la stabilité, avec une vision du conflit et du désordre comme dysfonctionnels plutôt que comme sources d'adaptation organisationnelle (ou au moins une minimisation de leur rôle) ; le biais idéologique vers la justification de la stratification sociale ; et le biais conservateur qui dérive en définitive de ces focalisations sur le maintien de l'ordre systémique et le principe d'organisation hiérarchique⁴. La critique du biais vers la hiérarchie était justifiée, à ceci près que le principe de stratification pouvait n'être pensé que comme une condition de la liberté individuelle dans la société moderne (comme Laszlo tenta de le faire) et qu'il y avait dans ce cas un effort de conciliation qui méritait certainement des critiques plus constructives que les exécutions sommaires opposant de telles vues à un principe de démocratie de masse dogmatiquement accepté comme horizon indépassable⁵. Quant à la critique de la négligence du rôle du conflit, elle était elle aussi justifiée, mais à condition de voir que le propre de la grande majorité des sociologues systémiciens, par rapport à leurs collègues dits « structuralistes » ou « fonctionnalistes », était le souci de rendre compte non seulement des conditions de maintien d'un système, mais aussi des conditions de son changement, de son évolution. Le « système ouvert général » de Bertalanffy joua ici un rôle très significatif, notamment chez des sociologues tels que Walter Buckley, David Easton, Daniel Katz et Robert Kahn⁶ : il permettait de penser les équilibres comme des états transitoires et l'interaction avec l'environnement non pas comme une simple source de perturbation, mais comme une condition essentielle de l'organisation progressive du système, de son évolution et de son adaptation aux conditions externes. S'il pouvait bien y avoir là une tendance conservatrice, ce ne pouvait donc pas être par négligence du changement (et donc un soutien au *statu quo*), mais par une éventuelle inclination à localiser les facteurs du

¹ Young T.R. (1969), pp. 115-116.

² Voir les critiques de Weingarten M. (1986), pp. 27-34 et de Moldenhauer B. (1986), pp. 150-160.

³ À savoir, selon Peery N.S. (1972), p. 500 : (1) la nécessité de voir les sociétés comme des systèmes ; (2) la nécessité de prendre en compte des causalités multiples et réciproques ; (3) l'idée que les systèmes sociaux sont fondamentalement en état d'équilibre dynamique ; (4) l'idée que les changements y tiennent à des ajustements à des changements extérieurs, à la croissance par différenciation structurale et fonctionnelle et aux innovations introduites par certains individus ; (5) le principe selon lequel le consensus est le facteur social d'intégration majeur.

⁴ Voir surtout Peery N.S. (1972) ; Lilienfeld R. (1978), p. 3 et p. 174 ; Keren M. (1979) ; Regelman J.P. & Schramm E. (1986), pp. 5-9. Remarquons aussi Hartley H.J. (1968), dont la publication dans *General systems* est révélatrice de l'ouverture des systémiciens à la critique.

⁵ Voir les auteurs cités dans la note précédente, particulièrement le premier (p. 506).

⁶ Buckley W. (1967) et (1968) ; Easton D. (1965) ; Katz D. & Kahn R.L. (1966).

changement uniquement hors du système (donc par une perception essentiellement apolitique de ces facteurs). Le meilleur exemple se trouve chez Katz et Kahn :

Notre thèse est que les sources de tension interne ne sont pas les plus importantes causes du changement organisationnel [...] L'hypothèse fondamentale est que les organisations et autres structures sociales sont des systèmes ouverts qui atteignent une stabilité par leurs structures d'autorité, des mécanismes de récompense et des systèmes de valeurs, et qui sont pour l'essentiel changés de l'extérieur au moyen de certains changements significatifs d'intrants¹.

Ces thèses ne portaient toutefois en elles aucune nécessité, notamment eu égard au modèle bertalanffien du « système organisé ». La portée des critiques évoquées ici doit en fait être relativisée, leur pertinence dépendant des auteurs. On peut les confronter à des commentaires à ce sujet de Bertalanffy et de Buckley (lequel appuyait ses travaux aussi bien sur Bertalanffy que sur la cybernétique) ; ces derniers manifestèrent en effet un souci aigu de ne pas tomber sous le coup de ces critiques, au point d'ailleurs d'être prompts à négliger le fait que même celles adressées aux sociologies fonctionnaliste (surtout à Parsons), qu'ils reprenaient à leur compte, étaient en réalité légitimement contestables² :

La principale critique du fonctionnalisme, particulièrement chez Parsons, est qu'il surestime le maintien, l'équilibre, l'homéostasie, les structures institutionnelles stables, etc. avec le résultat que l'histoire, le processus, le changement socioculturel, le développement intérieurement dirigé, etc. sont sous-estimés et, au mieux, apparaissent comme « déviants » avec une connotation négative. La théorie apparaît dès lors comme celle du conservatisme et du conformisme, défendant le « système » tel qu'il est, négligeant conceptuellement le changement social et lui faisant donc obstruction. Il est évident que la systémiologie générale sous la forme où je la présente reste indemne de telles objections, puisqu'elle prend en compte aussi bien le maintien et le changement, la préservation du système et le conflit interne ; elle peut donc être apte à servir de squelette logique à une théorie sociologique améliorée telle que celle de Buckley (1967)³.

La société, ou le système socioculturel, n'est pas principalement un système en équilibre ou un système homéostatique, mais ce que j'appelle un système adaptatif complexe [...] Les systèmes en équilibre sont relativement *fermés* et *entropiques* [...] Le système homéostatique est ouvert et néguentropique, [...] mais sa principale caractéristique est que son fonctionnement *maintient la structure du système* dans certaines limites préétablies [...] Les systèmes adaptatifs complexes sont aussi ouverts et néguentropiques. Mais ils sont *ouverts « intérieurement » aussi bien qu'extérieurement* en ce que les échanges entre leurs composants peuvent avoir pour résultat *des changements significatifs dans la nature des composants eux-mêmes*, avec des conséquences importantes pour le système comme tout [...] De véritables boucles de rétroaction y rendent possibles non seulement l'autorégulation, mais aussi une auto-direction ou au moins une adaptation à un environnement changeant telles que le système peut *changer ou élaborer sa structure*, condition de sa survie ou viabilité [...] Cette perspective fournit un cadre général d'analyse qui répond aux principales critiques élevées contre une grande partie de la théorie sociologique : manque de perspective temporelle et processuelle, surestimation de la stabilité et du maintien d'une structure donnée, du consensus et des relations coopératives, avec une négligence relative – ou un traitement non systématique – de la déviance, du conflit et d'autres relations dissociatives sous-jacentes à la déstructuration et à la restructuration du système [...] Cette perspective appelle un équilibre entre analyses structurale et processuelle, et à leur intégration⁴.

¹ Katz D. & Kahn R.L. (1966), pp. 448-449. Voir aussi Keren M. (1979), pp. 312-322.

² Voir Richer G. (1972), notamment pp. 97-105 et pp. 137-138.

³ Bertalanffy L. von (1968a), p. 196.

⁴ Buckley W. (1968), pp. 490-491, p. 493 et p. 510. Voir déjà Buckley W. (1967), pp. 13-15, pp. 29-30, p. 81 et p. 206 : « Tandis que des organismes matures, par la nature même de leur organisation, ne peuvent changer leur structure au-delà d'étroites limites tout en restant viables, cette capacité est précisément ce qui distingue les systèmes socioculturels [...] L'appel du fonctionnaliste à l'analogie organismique l'incline à surestimer les aspects normatifs les plus stables, surdéterminés et appuyés aux dépens d'autres aspects également important sans lesquels une analyse dynamique est impossible [...] Dans le modèle de Parsons, les déviations et tensions diverses sont résiduelles [...] de sorte qu'il] a de graves difficultés à traiter du changement social [...] La perspective systémique moderne fournit un cadre théorique pour le système socioculturel qui est significativement plus approprié et adéquat que les modèles de l'équilibre mécanique ou organismique-fonctionnel dominant la majeure partie de la pensée contemporaine en sciences sociales [...] Elle suggère qu'un système socioculturel avec un potentiel d'adaptation (ou degré d'intégration) élevé requiert un niveau optimal de stabilité et de flexibilité tout-à-la fois [...] Un trait central de ce système adaptatif complexe est sa capacité à persister ou se développer en changeant sa propre structure ».

S'il est déjà douteux que l'on puisse accuser pour les motifs évoqués plus haut la pensée systémique d'être *en principe* conservatrice en matière sociologique et politique, voire bien peu encline au respect du principe démocratique, cela n'empêcha aucunement certains critiques d'aller beaucoup plus loin encore dans leur charge contre les systémiciens *en général*, quittant le terrain de la critique solidement étayée pour entrer dans les eaux troubles du dénigrement systématique, des jugements sommaires et caricaturaux et, comme l'a très justement souligné Eugene à propos de Lilienfeld, de la mauvaise foi¹. Que Bertalanffy, imprégné du vieil idéal de la *Bildung*, ait pu exiger la « reconnaissance de l'aristocratie intellectuelle » en lieu et place d'un matérialisme triomphant, de l'étalement permanent de « l'indicible vulgarité de la culture populaire » et de la « dégradation du dogme démocratique » en un égalitarisme forcené², ou que Gaines ait pu en 1979 encore décrire la « systémologie générale » comme « une forme d'ingénierie philosophique » dont la *République* de Platon ferait figure de « précurseur »³, ne suffit certainement pas à justifier certaines des charges que ces critiques portèrent contre ce projet. À savoir principalement l'accusation d'être, notamment *via* le modèle du « système ouvert », « l'alibi de la pratique technocratique », qui, « habité par l'idéologie techniciste », tendrait à ignorer dans les sciences de l'homme les problèmes de l'interprétation des conduites et des déterminations inconscientes pour leur substituer des explications en termes de processus et de dispositifs de régulation⁴ ; le lien organique établi entre l'émergence de la pensée systémique et celle de nouvelles élites scientifiques et technocratiques, solidaire de l'identification de la « théorie des systèmes » à une idéologie conforme à leurs intérêts de classe dont le « potentiel autoritaire » serait incontestable : « l'idéologie de l'intellectuel administratif » ou « du planificateur bureaucratique », où la « prétention perpétuelle » à s'affirmer comme le « roi-philosophe » afficherait sans complexe son tropisme en faveur de la méritocratie⁵. En réalité, toutes ces critiques qui finirent même par conduire certains systémiciens tels que Le Moigne à réclamer qu'une distinction très ferme soit opérée entre « systémisme » (une idéologie) et systémique (une science) au motif que la première « polluerait » la seconde et serait « dommageable pour son image académique »⁶, reposaient sur une assimilation de la « systémologie générale » à l'implication des travaux des « chercheurs opérationnalistes » et « analystes des systèmes » dans les officines gouvernementales, les grandes firmes privées et le complexe militaro-industriel : leurs auteurs ignoraient de la sorte superbement les désaccords profonds et les tensions considérables engendrés par cette implication au sein du mouvement systémique (dont il a été question au 3-4-2-6), tout autant que la disparité des options idéologiques des promoteurs de la « systémologie générale » (Boulding et Rapoport ne pouvant par exemple en aucun cas être suspectés d'un manque d'attachement au principe démocratique). Il faut sérieusement prendre acte du fait que Gaines mit lui-même en garde ses collègues contre « les dangers de devenir les 'faiseurs de bien' de l'humanité ou de l'un de ses segments »⁷ ; et surtout des réflexions que Bertalanffy mena entre 1968 et 1972 sous l'influence des critiques du système technicien (la « mégamachine ») entreprises dès 1934 par Lewis Mumford, qu'il avait découvertes depuis peu (des critiques approfondies notamment par « l'École de Frankfort » à la même époque et par Jacques Ellul quelques années plus tard)⁸. C'est précisément à l'encontre « des nouveaux utopistes de la technique des systèmes » et du « nouveau monde cybernétique » qu'il écrivit notamment :

La recherche systémique semble servir et accélérer le processus de mécanisation, d'automatisation et de dévaluation de l'homme, faisant toujours plus de lui un rouage remplaçable dans ce que Lewis Mumford a brillamment décrit comme la mégamachine de la société humaine⁹.

Dans le Grand Système, l'homme doit devenir – et l'est déjà devenu dans une certaine mesure – un crétin-pousse-bouton ou un idiot instruit ; c'est-à-dire être étroitement spécialisé ou une simple partie de la machine. Ceci se conforme au principe systémique bien connu de mécanisation

¹ Eugene J. (1981), p. 121.

² Bertalanffy L. von (1964a), pp. 502-507 et (1967a), p. 12.

³ Gaines B. (1979), p. 3.

⁴ Palmade G. (1977), p. 251, pp. 264-265 et pp. 269-271 en particulier. Voir aussi Keren M. (1979), pp. 316-321.

⁵ Lilienfeld R. (1978), pp. 3-4, p. 174, p. 257 et p. 262 en particulier. Voir encore Regelman J.P. & Schramm E. (1986), p. 9.

⁶ Le Moigne J.L. (2002a), p. 132 et (2002b), pp. 306-308.

⁷ Gaines B. (1979), p. 3.

⁸ Mumford L. (1934, 1950) ; Habermas J. (1968, 1973) ; Ellul J. (1977) et (1990).

⁹ Bertalanffy L. von (1968e), pp. 5-6.

progressive – l’individu devenant toujours plus un rouage dominé par quelques leaders privilégiés, médiocres et mystificateurs, qui poursuivent leurs propres intérêts derrière un rideau de fumée idéologique. Que nous envisagions l’expansion positive de la connaissance et le contrôle bénéfique de l’environnement et de la société, ou que nous voyions dans le mouvement systémique l’avènement du *Meilleurs des mondes* ou de 1984, c’est une question qui nous oblige à une étude intensive et dont il nous faudra venir à bout¹.

Il est certain que l’approche systémique peut être utilisée pour mener à son terme la mécanisation, l’esclavage et l’aliénation de l’homme. Elle a jusqu’à présent surtout été appliquée au bénéfice du complexe militaro-commercial-industriel et n’est que de manière hésitante introduite pour des buts sociaux souhaitables tels que l’enrayement de la pollution, l’organisation des villes ou autres. Mais il ne s’agit pas d’une faute spécifique à ce développement. C’est le fait de l’ambivalence de toute science, technologie et entreprise humaine [...] Toutes les grandes idées de l’homme se prêtent à des buts inhumains ; les nouvelles tendances ne font pas exception. Ceci tient à la perversité humaine plutôt qu’au dogme chrétien, aux progrès de la physique, à la systémique ou à toute autre cible que l’on peut être enclin à rendre responsable de nos problèmes².

4-1-2-11 – La « systémologie générale » comme projet humaniste

Lorsque l’on prend en compte l’ensemble des dimensions de la « systémologie philosophique » et que l’on s’efforce de dégager, par-delà les nuances qui les différencient, l’inspiration ultime qui fédérait les principaux acteurs du projet « systémologique », ce que l’on trouve est en fait bien différent de l’image que leurs détracteurs ont cherché à en donner : un humanisme authentique, empreint d’un sens aigu de l’ampleur et de la profondeur tragiques des problèmes inédits posés à l’humanité contemporaine et future, qui cherchait à ouvrir et explorer des voies adéquates à leur résolution ; un humanisme très original de surcroît, puisqu’on peut à maints égards le considérer comme fondé sur les mathématiques.

Il semble en premier lieu possible de dégager cinq motifs justifiant l’application du qualificatif d’« humaniste » au projet de « systémologie générale » tel qu’il fut formulé et développé par Bertalanffy, Rapoport, Boulding et ceux des systémiciens qu’ils inspirèrent – Bertalanffy ayant le premier parlé en 1965 de « systémologie générale humaniste »³.

Le psychiatre William Gray, qui se reconnaissait explicitement comme un disciple de Bertalanffy depuis 1954, décrit en 1965 les travaux de ce dernier comme orientés vers la création d’une « théorie organismique-humaniste » des systèmes : il pointait son opposition au réductionnisme, son accent mis sur l’« activité primaire », son insistance sur la nécessité de prendre en compte sérieusement les traits spécifiques de l’espèce humaine telles que le symbolisme, et son exigence d’intégrer les valeurs, l’éthique et la morale dans le cadre « systémologique »⁴. Le terme « humaniste » « humaniste » faisait ici référence à l’effort pour inscrire pleinement dans l’agenda scientifique l’ensemble des spécificités humaines, en opposition à une science perçue comme ayant, depuis son avènement moderne, délibérément exclu ces spécificités de son champ de vision, avec pour conséquences non seulement une compréhension proprement inhumaine de l’homme, mais aussi une contribution majeure à l’édification d’un monde à maints égards inhumain – parce que bafouant ces spécificités. C’est par exemple en ce sens que Bertalanffy put décrire comme « profondément humaniste » la tentative « systémologique » de dépassement des « limites de la vision mécaniciste » en insistant sur son effort pour « réintroduire l’élément humain qui était perdu » dans cette vision dès lors qu’elle s’appliquait à l’homme et à ses sociétés⁵, et qu’il put écrire :

Une psychologie et une orientation humanistes doivent prendre place – « humanistes » au sens tout-à-fait scientifique de ce qui est justement propre à l’homme⁶.

Gray confia que c’est précisément cet aspect des travaux de Bertalanffy qui l’avait attiré et affecté sa compréhension et sa pratique de la psychiatrie, et que leur « grande importance » pour cette discipline

¹ Bertalanffy L. von (1968a), p. 10.

² Bertalanffy L. von (1971b), p. 90.

³ Bertalanffy L. von (1965c), p. 1111.

⁴ Voir Gray W. (1972), p. 127 et (1973), p. 170, ainsi que Bertalanffy L. von (1965c), p. 1111.

⁵ Bertalanffy L. von (1971b), pp. 117-118.

⁶ Bertalanffy L. von (1970c), p. 31.

tenait précisément à cet humanisme¹. C'est en ce sens aussi que l'une des ambitions les plus profondes était de faire de la « systémologie générale » la *matrice d'une « science humaniste »*, et qu'il y avait là pour Bertalanffy et ses disciples une ligne de démarcation essentielle avec les autres courants du mouvement systémique, qui donnait son sens à la dichotomie que nous l'avons vu opérer entre théories « mécaniciste » et « organismique » des systèmes. Il cherchait simultanément à prémunir son projet et le mouvement qui le portait contre les attaques relatées dans la sous-section précédente :

La philosophie positiviste, technologique, behavioriste et commercialiste dévalue l'homme en robot et le traite en conséquence. Contre cette robotisation de l'homme, nous pouvons aspirer à une humanisation de la science².

Le souci humaniste de la systémologie générale telle que je la comprends marque une différence avec les théoriciens des systèmes orientés mécaniquement, qui parlent uniquement en termes de mathématiques, de rétroaction et de technologie, et font ainsi naître la crainte que la théorie des systèmes ne soit en fait que l'étape ultime vers la mécanisation et la dévaluation de l'homme, et vers une société technocratique³.

Je pense qu'il y a des traits caractéristiques de la présentation de la systémologie générale par von Bertalanffy qui comprennent des soucis humanistes en tant que partie intégrante de sa structure [...] On peut dire avec justice qu'avoir fourni comme il l'a fait le fondement solide d'une systémologie générale humaniste revient à avoir jeté les bases d'un humanisme scientifique, ou d'une science humaniste [...] Le futur du monde semble clairement appartenir à une combinaison des approches scientifique et humaniste, et je crois que la systémologie générale offre cette possibilité⁴.

La systémologie générale telle qu'avancée par Ludwig von Bertalanffy nous apparaît porter l'espoir d'une ré-humanisation de la médecine et de la science en général⁵.

Je pense toutefois que l'on doit distinguer deux aspects humanistes sous-jacents à ces discours, qui prennent plus synthétiquement en compte l'ensemble des perspectives développées au premier chef par Bertalanffy dans le domaine philosophique :

- (1) La « systémologie générale est l'expression et se veut être l'organe d'actualisation d'une « cosmologie systémique » et d'une anthropologie qui, en définissant la spécificité de l'homme (être un « animal symbolique ») et en insistant sur la dignité particulière qui en dérive, restaurent sa place au faite de la Création et de l'intérêt scientifique ;
- (2) La « systémologie générale » est fondée sur une théorie perspectiviste de la connaissance qui « humanise » l'ensemble des sciences en ce qu'elle les réintègre dans un double processus biologique et culturel tout en les considérant comme des expressions magistrales de la liberté et de la créativité humaines ; et en ce que, récusant le relativisme intégral, elle identifie les causes de leurs limites avec celles de leur dignité.

Deux autres aspects « humanistes » sont en outre clairement identifiables dans ce projet, qui s'inscrivent typiquement en droite ligne de l'humanisme inhérent à ce que j'ai appelé au 1-1-2 « l'idéal de la *Bildung* » :

- (3) La « systémologie générale » a pour mission de contribuer à l'unification de la connaissance, en premier lieu celle des « sciences de la nature » et des « humanités », unification qui s'entend aussi bien eu égard aux contenus et à leur signification globale qu'eu égard à la sociologie du monde scientifique ;
- (4) La « systémologie générale » a pour vocation de restaurer une éducation au sens noble du terme, vouée primordialement à la formation de l'esprit et non seulement à celle de « spécialistes », et qui soit par conséquent libérée de tout utilitarisme à courte vue.

¹ Gray W. (1972), p. 125 et (1973), p. 169.

² Bertalanffy L. von (1967a), p. 114.

³ Bertalanffy L. von (1968a), p. xxiii et (1972a), p. 38.

⁴ Gray W. (1972), p. 125 et p. 128.

⁵ Gray W. & Rizzo N.D. (1973), p. xviii.

Aussi bien Boulding que Rapoport et Bertalanffy ont très largement insisté sur ces aspects, et il est intéressant d'observer comment les deux derniers les ont très symptomatiquement connectés à leurs inclinations idéologiques respectives :

L'étroitesse d'esprit et un manque de sens de la signification sont les plus grands ennemis auxquels est confrontée la vie intellectuelle [...] Un point de vue systémologique général est important pour créer un sentiment de communauté intellectuelle et de tâche commune¹.

Aucune approche ni programme [...] ne parviendront plus à « unifier la science » que des arrangements sociaux ou économiques « n'unifieront l'humanité ». Mais *de même que certains arrangements sociaux, économiques et politiques contribuent plus que d'autres à la résolution des conflits humains, certaines méthodologies contribuent plus que d'autres à l'intégration de la connaissance* [...] Dans la mesure où des théoriciens des systèmes généraux ont fait des pronostics optimistes sur « l'unification de la science », ils ont peut-être été coupables de rêves utopiques. Mais dans la mesure où, tels Bertalanffy, ils ont proposé des avancées concrètes vers l'unification conceptuelle, ils ont fait des contributions significatives [à cette unification]².

Le but de l'éducation comme tout n'est pas utilitaire [...] Il est de produire des êtres humains accomplis dans une société libre³.

Je ne vois pas d'antithèse entre science et humanités. L'histoire nous montrerait aisément que la science elle-même est une tentative « humaniste » et que les grands hommes de science l'entendaient bien ainsi : plutôt que le profit publicitaire, c'est la satisfaction esthétique qu'ils attendaient de leurs recherches, et une pénétration des choses qui, en termes abstraits, est comparable à la connaissance unitaire que le mystique a de la réalité [...] Des concepts unificateurs tels que ceux de la systémologie générale apparaissent susceptibles de relier des domaines traditionnellement subsumés sous le titre de « science » et « d'humanités » et de réaliser des synthèses sans pour autant effacer ou minimiser les différences profondes qui existent entre le monde de la science et le champ socioculturel. Dans le domaine de l'éducation, de tels concepts contribueront peut-être à une unification de la connaissance, nous permettant de percevoir un grand plan ou une structure générale dans ce qui n'est sinon que spécialités différentes et divergentes [...] *La science est plus qu'une accumulation de faits et une exploitation technologique de la connaissance au service de l'« establishment ».* Elle peut encore offrir une grande vision et devenir profondément humaniste dans son entreprise. Si nous parvenons à contribuer un peu à l'humanisation de la science, nous aurons contribué au service de la société et de la civilisation⁴.

Le projet initié par Bertalanffy mérite enfin d'être qualifié d'humaniste en un cinquième sens, qui dérive directement de ses dimensions axiologiques et praxéologiques :

- (5) La « systémologie générale » vise à fournir des outils conceptuels non réductionnistes favorisant le développement d'une conscience globale des problèmes sociaux, économiques, écologiques et politiques affectant l'humanité contemporaine, et à servir de cadre adéquat pour l'élaboration de solutions à ces problèmes qui respectent l'homme dans sa dignité propre au lieu de le réifier – c'est-à-dire concilient les deux exigences, vues comme complémentaires et non comme antithétiques, de favoriser l'accomplissement de chaque individu et son intégration à des systèmes socioculturels qui le dépassent.

On manquerait toutefois ce qui constitue probablement la plus grande originalité de l'humanisme « systémologique » si l'on ne prenait pas en compte ses rapports intimes avec les mathématiques. Celles-ci devaient donner à la « systémologie générale » les moyens de ses ambitions, en opérant dans trois directions : (1) donner une rigueur à la pensée systémique, en formaliser les concepts, les principes et les résultats, et lui conférer par là-même une puissance synthétique et prospective ; (2) mettre en correspondance les champs scientifiques ou, tout au moins, favoriser leur communication par l'intermédiaire d'isomorphismes ; (3) contribuer à faire accéder les sciences de l'homme à un stade de développement tel qu'elles permettent de modeler efficacement la compréhension et la résolution des problèmes humains.

¹ Boulding K.E. (1964), pp. 37-38.

² Rapoport A. (1963), p. 123. Les italiques me sont propres.

³ Bertalanffy L. von (1964a), p. 507.

⁴ Bertalanffy L. von (1967a), pp. 114-115. Les italiques me sont propres.

Si l'on considère les cinq sens de l'humanisme de la « systémologie générale » qui viennent d'être distingués, on peut affirmer que *cet humanisme était fondé sur les mathématiques*. En effet, compris aux sens (1), (3), (4) et (5), cet humanisme avait besoin des mathématiques pour devenir effectif, c'est-à-dire opérationnel ; et les mathématiques lui étaient encore nécessaires au sens (2), puisqu'elles étaient en dernière analyse les garantes du perspectivisme sur lequel reposait tout l'édifice « systémologique ». Ceci n'impliquait absolument pas, notons-le bien, une réduction de ce dernier aux constructions formelles élaborées dans la « systémologie théorique fondamentale », Bertalanffy ayant d'ailleurs pris soin de souligner plus généralement qu'une évacuation des aspects humanistes de son projet au profit des approches mathématiques (et bien sûr aussi technologiques) impliquait une « vision très fragmentaire »¹. Cela signifie par contre que non seulement la possibilité et la cohérence d'une « systémologie générale », mais aussi la force de l'humanisme aux multiples facettes dont elle était porteuse, ne pouvaient exister sans les mathématiques.

Par-là même se montre bien aussi que ce projet ne peut en aucun cas être réduit à une philosophie : la « systémologie philosophique » n'était qu'un pôle du « système herméneutique », et tant sa substance que sa signification et sa portée dépendaient de ses relations avec les trois autres pôles. À commencer par celui de la « systémologie théorique fondamentale », ne serait-ce qu'en raison de l'interface ontologique, logique, méthodologique qui la connectait étroitement avec cette dernière.

4-1-3 – *Le pôle de la « systémologie théorique fondamentale »*

Comme le suggèrent déjà les essais fondateurs que Bertalanffy publia dans les années 1948-1951, la « systémologie théorique fondamentale » constituait le cœur de son projet, le pôle totalement novateur qu'il s'agissait non seulement d'assurer dans sa légitimité à la fois scientifique et philosophique, mais aussi d'élaborer avec assez de conséquence pour être en mesure de démontrer la pertinence et la fertilité de l'ensemble du projet « systémologique ». Tous les postulats bertalanffiens étaient suspendus au développement de ce pôle nourri du « contenu d'autres domaines de recherche »² et voué à l'élaboration d'une sorte de « métalangage » dans lequel « les bases logiques des explications (systémiques) effectives de certains types de phénomènes » pourraient être discutées³. Il sera montré ici que les travaux se rapportant à la « systémologie théorique fondamentale » présentaient l'originalité d'être en eux-mêmes constitutifs d'une logique, d'une méthodologie et d'une ontologie, tout en ressortissant pleinement du domaine scientifique dans la mesure où ce pôle avait vocation à devenir un champ d'élaboration de modèles théoriques « du second ordre » inspirés par les « sciences du réel » : les « systèmes généraux », voués à leur tour à structurer la construction de modèles théoriques « du premier ordre » dans ces sciences. Une expression de cette bivalence est l'interprétation par Le Moigne de ce qu'il appelait la « théorie du système général » (ou de la « systémique ») comme « *science des méthodes de modélisation des phénomènes perçus complexes* »⁴. C'est une interprétation que Klir, que j'ai questionné à ce sujet, juge toutefois avec raison « beaucoup trop étroite » – tout en accordant à Le Moigne que « la systémologie générale mène naturellement à une épistémologie constructiviste » : selon lui, la méthodologie en est certes un « ingrédient important », mais elle ne saurait s'y réduire⁵. À quoi l'on peut ajouter que la réduction de la « systémologie générale » à une « théorie du (ou des) système(s) général (ou généraux) » s'identifierait en fin de compte à sa réduction au pôle considéré ici, que l'on peut en définitive décrire comme l'ensemble réunissant les outils logiques et méthodologiques de construction de « systèmes généraux », ainsi que leurs théorisations.

Cette section, qui vise à examiner les fondements et fonctions métathéoriques de la « systémologie théorique fondamentale » tels qu'ils furent discutés après la fondation de la S.G.S.R., prolongera de ce point de vue l'exposé effectué au 3-1 des arguments initiaux de Bertalanffy, ainsi que

¹ Bertalanffy L. von (1968a), p. xxiii et (1972a), p. 38

² Checkland P. (1989), p. 9.

³ Löfgren L. (1972), p. 343.

⁴ Le Moigne J.L. (1977), (1980, 1982), p. 161 et p. 165 ; et (2002a), p. 169.

⁵ Correspondance personnelle avec Klir G.J. (2007). Dans ma correspondance avec Mesarović (2007), celui-ci s'est également refusé à cette réduction : il juge que la « théorie des systèmes généraux » prend avant tout sa source dans les « sciences du réel » en s'intéressant à la possibilité de théorisations générales (si possible mathématiques) des formes relationnelles que ces sciences permettent d'identifier.

certaines discussions sur le concept de système entreprises au 2-2-3. Je l'achèverai en évoquant quelques exemples de théorisations de « systèmes généraux ».

4-1-3-1 – *L'ontologie des « systèmes généraux »*

Il est naturellement impossible d'entreprendre cet examen sans commencer par considérer la manière dont les principaux contributeurs à la « systémologie théorique fondamentale » – à savoir Bertalanffy, Rapoport, Rosen, Mesarović, Klir et Le Moigne – ont précisé leur conception de la nature même de ses objets, c'est-à-dire de ces êtres qu'ils qualifiaient de « systèmes généraux ». Ces précisions concernaient les rôles et les limites des analogies ainsi que les concepts d'isomorphisme et de classe d'équivalence entre modèles. Elles aboutirent à plusieurs définitions précises et complémentaires d'un « système général ».

Bunge a très bien résumé en 1970 un premier point d'accord au sujet des analogies en relativisant leur nécessité dans le processus de connaissance eu égard à leur caractère exclusivement heuristique, et en opérant une distinction indispensable avec l'équivalence :

Sans analogie, il ne pourrait y avoir aucune connaissance de la moindre sorte : la perception d'analogies est le premier pas vers la classification et la généralisation. Mais ce n'est qu'un premier pas, car une classe naturelle (en tant qu'opposée à un ensemble arbitraire) est une classe d'équivalence, i.e. une classe qui possède une structure beaucoup plus forte qu'une classe de similitude. Un premier rôle de l'analogie est de suggérer l'équivalence, sans toutefois l'établir¹.

Rapoport formula différemment la même idée quelques années plus tard en définissant l'analogie comme « l'invariance perçue d'une relation » qui s'introduit dans toute explication (expliquer une chose consistant à « relier quelque chose qui n'est pas encore compris à quelque chose de compris »), tout en insistant sur l'importance, programmatique pour la « systémologie générale », d'« orienter la formation d'analogies dans des canaux théoriques féconds »². Comme il l'exprima avec Gerard et Kluckhohn dès 1956, Rapoport considérait que s'il n'y a pas à remettre en question la fécondité de la pensée analogique, c'est à la seule condition qu'elle s'exerce non en vue de « prouver » que deux choses similaires sont des manifestations de la même chose, mais avec l'objectif d'« enquêter sur ce qui peut être sous-jacent à la similitude » concernée, son utilité dans la théorisation étant dès lors conditionnée tant par « la précision avec laquelle les entités et relations analogues peuvent être identifiées » que par « la nature des questions qui surgissent en conséquence de la comparaison » :

La pensée analogique n'est à nos yeux pas tant une source de réponses sur la nature de phénomènes qu'une source de questions stimulantes à cet égard³.

Les mathématiques constitueraient alors le parfait outil pour rendre féconde cette « stimulation », pour « contrôler » les analogies en les transmutant afin de leur donner une véritable force d'explication⁴, afin de mener à son terme proprement théorique et « systémologique » la transition d'une « focalisation sur le contenu des événements », sur la « nature spécifique des systèmes », vers une focalisation sur leur structure, leur comportement et leur évolution⁵ – c'est-à-dire aussi d'un réductionnisme consistant à « chasser l'organisation pour ne garder que la matière sous-jacente » vers un relationalisme consistant à « chasser la matière pour ne garder que l'organisation sous-jacente »⁶. L'isomorphisme de modèles mathématiques (l'« analogie mathématique » moderne) étant la forme idéale, à la fois la plus subtile et la plus puissante que peut prendre une analogie, celle au moyen de laquelle l'existence d'une véritable classe d'équivalence peut être rigoureusement établie.

¹ Bunge M. (1970), p. 31.

² Rapoport A. (1986, 1988), pp. 14-15 et p. 21.

³ Gerard R.W., Kluckhohn C. & Rapoport A. (1956), pp. 8-9.

⁴ *op. cit.*, p. 9 : « L'analogie est féconde dans la mesure où il est possible de traiter tous les phénomènes [considérés] par des équations de type similaire et dans la mesure où les paramètres des équations suggèrent d'autres analogies [...] La fécondité ultime de l'analogie dépend bien sûr d'un test approfondi des équations proposées dans une diversité de conditions et de la dérivation, grâce aux divergences observées dans les phénomènes, des traits caractéristiques de chaque phénomène ».

⁵ Rapoport A. (1966a), pp. 8-9

⁶ Rosen R. (1991), p. 119.

La puissance de l'analogie mathématique dérive entièrement de la séparation totale entre « substance » et « forme »¹.

Une distinction significative fut explicitée par Rosen, assez tardivement bien qu'il eut beaucoup plus tôt construit une définition rigoureuse et très formalisée de l'analogie entre deux systèmes dynamiques². Rosen appelait « réalisation » d'un système formel tout « système naturel » (i.e. défini sur un ensemble déterminé de phénomènes) dont le premier est un modèle – les deux systèmes entretenant alors une « relation de modélisation » (*modeling relation*). L'analogie entre deux « systèmes naturels », à ne pas confondre avec cette « relation de modélisation », était quant à elle définie comme le fait que ces deux systèmes « réalisent » un même modèle formel³. C'est ce que Rapoport avait appelé avant Rosen un « isomorphisme conceptuel entre systèmes concrets », en le distinguant d'une analogie mathématique tout en justifiant cette dénomination par leur connexion :

Deux systèmes mathématiques sont dits isomorphes l'un à l'autre si une correspondance bijective peut être établie entre les éléments de l'un et ceux de l'autre et si toutes les relations définies sur les éléments de l'un tiennent aussi parmi les éléments correspondants de l'autre. L'isomorphisme entre deux systèmes mathématiques induit un isomorphisme conceptuel entre les systèmes concrets qu'ils représentent. En d'autres termes, deux systèmes concrets peuvent être dits conceptuellement isomorphes l'un à l'autre si tous deux peuvent être représentés par le même modèle mathématique⁴.

Il n'y aurait donc en quelque sorte d'isomorphisme entre « systèmes concrets » que par procuration, *via* des systèmes formels dont ils sont des « réalisations ». Bunge, tout en appliquant le même principe aux « systèmes conceptuels », lui donna une expression plus précise à la même époque, en soulignant très bien la relativité impliquée dans cette notion « dérivée » d'isomorphisme :

Deux systèmes (concrets ou conceptuels) A et B sont isomorphes eu égard à un troisième système, le système relationnel F , seulement dans le cas où A et B sont des modèles (i.e. des réalisations) de F . Selon cette définition, pour s'assurer que deux systèmes sont analogues en un sens fort, nous devons d'abord produire leurs théories, au moins en esquisse. En conséquence, l'isomorphisme en question est relatif aux théories employées en construisant le système relationnel F ⁵.

Klir, qui distinguait trois grands types de modèles (« de comportement », « de programme » et « de structure »⁶) et jugeait qu'une relation d'isomorphisme entre deux systèmes constitue le fondement de la définition de tout modèle, avait d'ailleurs dès 1965 attiré l'attention sur le fait que cette relation est toujours relative au point de vue adopté (au type de modèle considéré)⁷.

Il faut encore se tourner vers Rosen pour observer les réflexions les plus abouties sur cette question de l'articulation entre isomorphisme et « relation de modélisation ». Outre qu'elles lui permirent d'invoquer aussi bien la théorie mathématique des modèles (avec toutefois dans ce cas une utilisation parfois inappropriée du terme « modèle ») que l'analogie « mécano-optique » de Hamilton et la construction de la mécanique ondulatoire de Schrödinger pour justifier les objectifs « systémologiques »⁸, le plus intéressant ici est que c'est en cherchant à montrer que toute

¹ Rapoport A. (1986, 1988), p. 29.

² Voir Rosen R. (1968a), pp. 482-484 en particulier.

³ Rosen R. (1977b), p. 508 ; (1978), p. 495 et (1991), pp. 57-63 et p. 119

⁴ Rapoport A. (1972a), p. 46. Voir déjà Rapoport A. (1966a), p. 9 et Bunge M. (1970), p. 34.

⁵ Bunge M. (1970), p. 34.

⁶ Klir appelait « programme » la partie temporellement variable de l'organisation d'un système et « structure » celle qui reste permanente, l'organisation étant elle-même définie comme la collection de toutes les propriétés produisant le comportement du système.

⁷ Klir G.J. (1965), pp. 37-39.

⁸ Rosen R. (1979), pp. 177-180. Rosen, dans la droite ligne de ses maîtres Rashevsky et Bertalanffy, répondait ce faisant aux critiques du projet « systémologique » d'inspiration empiriste : « Pour beaucoup d'empiristes, il semble d'une manière ou d'une autre outrageant ou malhonnête d'acquiescer de l'information sur des systèmes au moyen d'arguments généraux ; ils considèrent cela comme apparenté à de la magie [...] La différence cruciale entre magie et science réside dans la manière selon laquelle les modèles sont engendrés et au moyen desquels des propriétés spécifiques du système modélisé sont capturées ». Il poursuivit en invoquant la théorie mathématique des modèles, mais en s'appuyant sur une caractérisation inadéquate en termes de « modèles » de la topologie algébrique et de la relation entre un espace topologique et un groupe associé : « Les mathématiciens construisent souvent des modèles mathématiques d'autres systèmes mathématiques. Le meilleur exemple en est probablement la branche des mathématiques appelée topologie algébrique [...] Son domaine est la partie de la topologie concernée par la construction et l'interprétation de modèles algébriques d'espaces topologiques. L'objectif de la topologie algébrique est de construire un spectre assez large de tels modèles algébriques pour classer entièrement les espaces topologiques [...] La relation entre un espace topologique et un groupe associé est une relation de modélisation, et l'on peut voir ici comment l'on peut apprendre au sujet d'un espace en étudiant un système entièrement différent, le groupe. De plus, cette relation entre espaces et leurs groupes associés peut elle-même être étudiée dans un contexte mathématiques [la théorie des catégories] [...] Je pense que l'on peut apprendre beaucoup de

modélisation implique une relation d'équivalence entre des systèmes (et « indique l'existence d'une structure mathématique sous-jacente que ces systèmes réalisent »¹) que Rosen aboutit à ce qu'il convient à mon sens de voir comme la définition la plus adéquate d'un « système général » :

On peut étudier la modélisation dans le contexte d'une relation d'équivalence arbitraire imposée sur une classe (ou catégorie) de systèmes ; une telle relation d'équivalence dit précisément que deux systèmes quelconques dans la même classe d'équivalence sont indiscernables eu égard à une certaine propriété *P* qui définit l'équivalence. Étant donné un système *S*, un modèle *M* en est ainsi tout système se trouvant dans la même classe d'équivalence. L'un des problèmes fondamentaux de la modélisation est d'*extraire de cette classe d'équivalence un certain représentant canonique, caractérisé par une propriété supplémentaire de simplicité et de minimalité*².

C'est pourquoi Rosen put aussi interpréter comme suit ce que j'appelle la « systéologie théorique fondamentale », et il est tout-à-fait remarquable que c'est à Bertalanffy lui-même (un « homme sage et noble » dont il entendait « progresser le long des voies qu'il a[vait] illuminées ») qu'il attribua légitimement la paternité de cette conception :

La théorie des systèmes généraux est précisément l'étude des différents paradigmes analytiques pouvant être appliqués pour comprendre des comportements systémiques particuliers, et la caractérisation des circonstances dans lesquelles un système peut être un modèle d'un autre [...]. Un autre aspect de ces considérations est qu'en dernière analyse, deux systèmes distincts ne peuvent se comporter de manière similaire que dans la mesure où ils comprennent des réalisations alternatives d'une même structure mathématique ou formelle [...]. En conséquence, la théorie des systèmes généraux comprend aussi l'étude des systèmes formels ou mathématiques en tant que partie essentielle des systèmes naturels qui les réalisent [...]. Tout cela était clair il y a longtemps pour von Bertalanffy, et cette compréhension anima chacun des aspects de son œuvre³.

En fait, Klir avait formulé dès 1972 la définition suivante d'un « système général » qui, selon toute vraisemblance, inspira Rosen :

La similitude dans les formes d'équations algébriques ou différentielles est un type d'isomorphisme mathématique. Lorsque ceci est généralisé pour inclure toute relation, qu'elle soit exprimable ou non en équations, alors le concept de *système général* acquiert sa signification propre. C'est un *représentant (un modèle) sans contenu (donc mathématique) d'une classe d'équivalence particulière, obtenu lorsqu'une relation d'isomorphie* (qui est toujours une relation d'équivalence) *est appliquée à certains traits de systèmes*⁴.

L'importance de cette définition est au moins qu'elle caractérisait un « système général » comme un *représentant formel d'une classe d'équivalence induite par une relation d'isomorphie entre divers modèles systémiques*. Elle ne précisait toutefois pas les critères de simplicité et de minimalité pointés par Rosen, et conservait un caractère trop restrictif du fait du caractère nécessairement mathématique attribué aux « systèmes généraux » (même si la seconde phrase montre qu'il s'agissait d'une conception très large des mathématiques) – alors que Rosen, en parlant aussi de « systèmes formels », resta parfaitement fidèle au souci de Bertalanffy et des autres fondateurs de la S.G.S.R. de ne pas exclure du champ « théorético-systéologique » les similitudes entre modèles n'ayant encore aucune forme mathématique à proprement parler⁵. Un autre problème posé par cette définition de Klir, qui apparaît encore plus clairement dans d'autres qu'il avait fournies quelques années auparavant, est

l'analogie entre l'étude par le mathématicien de systèmes formels et l'étude par le scientifique de systèmes naturels ; l'analogie pourrait bien être elle-même responsable de ce que Wigner a appelé l'efficacité déraisonnable des mathématiques en sciences de la nature ». Rosen poursuit enfin en invoquant avec plus de pertinence l'analogie « mécano-optique » : « Il est peut-être ironique que l'une des plus grandes réussites de la physique soit d'un caractère non-réductionniste typique des arguments théorético-systèmeux. C'est bien sûr l'analogie mécano-optique développées par Hamilton il y a plus d'un siècle. Il a montré que deux branches distinctes et indépendantes de la physique, l'optique et la mécanique, pouvaient être conceptuellement unifiées, non par réduction de l'optique à la mécanique ou vice versa, mais plutôt par le fait que les deux disciplines obéissent aux mêmes lois formelles, i.e. réalisent un même système formel [...] Tout comportement d'un système mécanique se révélait pouvoir être simulé ou modélisé en construisant un système optique approprié ; et inversement, tout comportement optique se révélait pouvoir être simulé par un certain système mécanique approprié. Sur cette base, Hamilton fut amené à ce que l'on appelle désormais les équations aux dérivées partielles de Hamilton-Jacobi ». Sur ces dernières, voir l'annexe 2-4-5-2.

¹ *op. cit.*, p. 182.

² Rosen R. (1977b), p. 504. Les italiques me sont propres.

³ Rosen R. (1979), pp. 176-177. Voir aussi p. 184.

⁴ Klir G.J. (1972), pp. 2-3. Les italiques me sont propres.

⁵ Voir notamment Bertalanffy L. von (1955a), p. 76 et p. 80.

selon moi l'exigence – dont je montrerai au 4-1-3-5 le caractère là encore trop restrictif – qu'il posait pour un « système général » d'être « sans contenu », c'est-à-dire construit avec des variables dépourvues d'interprétation dans le moindre contexte particulier :

Je comprends par système général un modèle abstrait d'un système particulier ou d'une classe de systèmes (physiques ou abstraits) n'ayant aucune interprétation concrète¹.

Avec son collègue Robert A. Orchard, lui aussi ingénieur mathématicien, Klir eut par contre le mérite d'insister sur le fait que dans la mesure où la construction d'un « système général » est relative à la perspective adoptée sur les différents modèles dont il est un « représentant canonique », et où une même « chose » peut de surcroît elle aussi être représentée comme un système selon différentes perspectives, un même modèle, voire un même ensemble de modèles, peut être mis en correspondance avec plusieurs « systèmes généraux » :

Un système général est essentiellement un modèle abstrait d'un système existant (physiquement ou conceptuellement) déjà, qui reflète (à un degré que l'on souhaite) tous les traits fondamentaux de l'original [...] Il n'est toutefois pas unique et est directement en relation avec la définition du système qu'il doit modéliser².

Les résultats que l'on peut obtenir au moyen du système général correspondant à une classe de systèmes concrets ne peuvent refléter que les traits fondamentaux pris en considération et rien d'autre. Il s'ensuit que le système général, tel que je l'interprète ici, n'est pas unique. Différents systèmes manifestent toutes les propriétés de certains systèmes généraux, et seulement ces propriétés. Ils ont différents traits fondamentaux – différents niveaux de résolution, différentes structures, etc.³.

Klir fut par là-même amené à définir ainsi la « théorie des systèmes généraux » :

Il y a néanmoins une unique théorie traitant de la classe de tous les systèmes généraux qui, clairement peut être appelée théorie des systèmes généraux [*general systems theory*]⁴.

Il s'avèrera néanmoins par la suite plus judicieux de considérer que, chaque « système général » étant voué à faire l'objet d'une théorisation, la « théorie » formant l'ensemble des « théories de systèmes généraux » doit pour éviter les confusions être dénommée d'une autre manière, raison pour laquelle je l'ai appelée « systémologie théorique fondamentale ».

Mesarović (qui ne fut jamais membre de la S.G.S.R.) fut conduit par une voie propre à d'autres définitions d'un « système général » que celles qui viennent d'être considérées. Leur originalité tient à leur très grande généralité et à leur formalisme extrêmement abstrait. Mesarović fournit certes en 1964 cette première définition d'esprit similaire à celles de Klir et Rosen – c'est elle qui l'incita à identifier la « théorie des systèmes généraux » à la « théorie des modèles formels (mathématiques) des systèmes réels (ou conceptuels) »⁵ :

Un système général est un analogue abstrait ou modèle d'une classe de systèmes réels⁶.

Mais il s'efforça aussi de préciser cette définition selon trois modes différents, dont on pourra apprécier l'ésotérisme⁷. Une définition dite « linguistique », d'abord :

Un système général est un ensemble de propositions vraies [au sens de propositions formelles considérées comme vraies d'un sous-ensemble M d'un ensemble de propositions formelles K tel que les constituants de K dont la valeur de vérité est non spécifiée représentent des objets formels].

Puis une définition dite « explicite » (car les objets formels y sont définis explicitement plutôt qu'en tant que classes conceptuelles de propositions formelles), à caractère ensembliste :

¹ Klir G.J. (1968), p. 18 et (1969), p. 93.

² Orchard R.A. (1972), p. 206.

³ Klir G.J. (1969), pp. 93-94.

⁴ *op. cit.*, p. 94.

⁵ Mesarović M.D. (1968), p. 60.

⁶ Mesarović M.D. (1964), p. 4.

⁷ *op. cit.*, pp. 6-7. Seule la seconde définition ci-dessous fut reprise dans Mesarović M.D. & Takahara Y. (1975), p. 6 et p. 11.

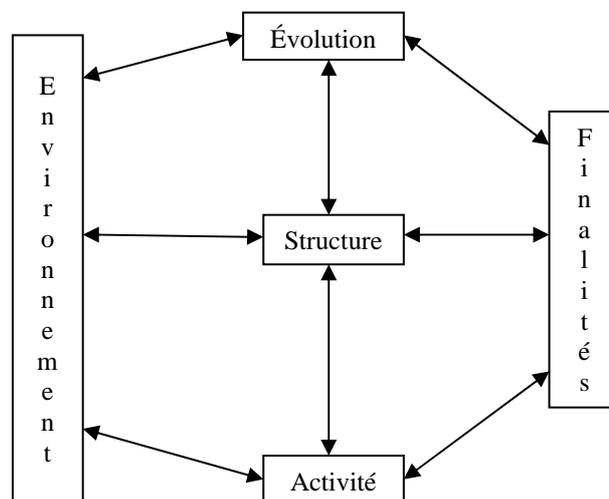
Un système général est un sous-ensemble propre¹ S d'un produit cartésien d'ensembles $X = X_1 \times \dots \times X_n$, chacun des ensembles X_j spécifiant un objet formel qui peut prendre la forme de n'importe quel élément de X_j , ces éléments pouvant être appelés des valeurs de l'objet [...] En d'autres termes, un système général est une relation définie sur le produit cartésien X .

C'est-à-dire encore l'ensemble des relations entre les aspects des objets X_j (les composants) du « système général » par l'intermédiaire desquels son comportement est observé. Enfin, une définition dite « implicite » ou « syntactique », destinée à prendre en compte les situations où les ensembles considérés sont infinis et ne peuvent être spécifiés que comme des classes inductives en définissant des procédés permettant de les engendrer :

Un système général est défini par : (1) un ensemble d'objets formels implicitement définis ; (2) un ensemble de transformations élémentaires T ; (3) un ensemble de règles P voué à former les séquences de T ; (4) un ensemble de propositions indiquant des formes initiales des objets formels à utiliser tout en engendrant de nouvelles formes de ces objets.

Ces définitions s'imposaient à Mesarović comme un premier pas dans son approche axiomatique, mais on peut aisément comprendre que des systémiciens tels que Bertalanffy et Klir, attachés à la formulation de « définitions raisonnables d'un système » (i.e. non seulement précises et complètes, mais aussi en accord avec la signification du terme « système » dans les « sciences du réel » et l'ingénierie, et fondée sur des traits systémiques fondamentaux collectés dans les différentes disciplines)², y virent surtout le signe d'un éloignement formaliste bien peu fécond des problèmes systémiques qui se posent en pratique.

L'approche de Le Moigne, qui mérite d'être mentionnée pour clore cette sous-section, ne correspondait pas plus à la vision d'un « système général » initiée par Bertalanffy, mais pour d'autres raisons. Le systémicien français, inspiré en particulier par Churchman³, ne concevait qu'un seul « système général », identifiant sa théorisation à la seule discussion des méthodes de construction de modèles systémiques fondés sur cet objet. Il le définissait comme la « description d'un schéma », reproduit ci-dessous, lequel typifiait certes très bien par contre ce que Le Moigne décrit comme les « articulations du discours systémique » :



Le système général est un objet qui, dans son environnement, doté de finalités, exerce une activité et voit sa structure interne évoluer au fil du temps, sans qu'il perde pour autant son identité unique. De façon plus triviale, mais peut-être plus mnémorique, c'est quelque chose (n'importe quoi, identifiable) qui fait quelque chose (activité = fonction) et qui, doté d'une structure, évolue dans le

¹ Parce qu'un tel sous-ensemble définit une relation entre les objets formels spécifiés par les ensembles considérés.

² Klir G.J. (1969), p. 83.

³ Churchman W. (1964), p. 175 : « La systémologie générale est la méthodologie de la recherche du système général ».

temps, dans quelque chose (environnement) et pour quelque chose (finalité) ; ou encore, c'est un objet actif, structuré et évoluant dans un environnement par rapport à quelques finalités¹.

4-1-3-2 – *Logique et méthodologie de la théorisation des « systèmes généraux »*

Une part importante des efforts entrepris par les contributeurs au développement de la « systémologie théorique fondamentale » fut consacrée à la codification des aspects logiques et méthodologiques de la théorisation de « systèmes généraux », et ce dans trois directions : (1) la définition précise, voire mathématiquement formalisée, des concepts requis pour construire de tels systèmes ; (2) la méthodologie de leur construction et de leur théorisation ; (3) la formalisation rigoureuse de l'ensemble de la procédure « théorético-systèmeologique ».

Même si d'autres furent très significatives², ce sont les contributions de Klir et de Mesarović qui furent les plus importantes eu égard au premier aspect, par leur influence et par leur caractère systématique. Entre 1965 et 1969, Klir, prenant soin de les illustrer par de nombreux exemples, chercha à préciser l'ensemble des « traits caractéristiques » de toute « définition d'un système sur un objet », en particulier d'un « système général » (la spécificité de ce dernier étant l'absence d'interprétation de ses variables) ; c'est-à-dire les aspects qu'il jugeait nécessairement constitutifs d'une construction systémique. Il aboutit à cette liste³ :

- (1) Un *ensemble de variables* ;
- (2) Un *niveau de résolution*, i.e. la détermination des ensembles de valeurs des variables prises en considération conjointement à celle d'un ensemble d'instantanés auxquels on souhaite les obtenir ;
- (3) Une *activité donnée*, i.e. l'ensemble des variations temporelles de toutes les variables considérées au niveau de résolution donné, pour la définition duquel trois types de relations temporellement invariantes (absolues, relatives ou locales) doivent être distinguées⁴ ;
- (4) Un *comportement permanent*, i.e. l'ensemble de toutes les relations absolues⁵ ;
- (5) L'*ensemble complet des états*, i.e. des valeurs instantanées des variables considérées ;
- (6) L'*ensemble complet des transitions entre états* ;
- (7) Un *univers de discours*, i.e. l'ensemble de tous les éléments du système (ses sous-systèmes) tels que définis par un sous-ensemble distinct de variables et par une relation temporelle invariante entre ces variables au niveau de résolution choisi ;
- (8) L'*ensemble des couplages réels* (ou *lois absolues de superposition*) dans le cadre de l'univers de discours, i.e. de toutes les variables communes à deux éléments telles que cette communauté soit valable sur tout l'intervalle temporel de toute activité du système ;
- (9) La *structure réelle* (i.e. formant la base du comportement permanent), notée *UC*, de l'univers et des couplages, i.e. la partie constante de l'organisation du système (définie comme l'ensemble des propriétés produisant son comportement) relative à l'univers et ses couplages ;
- (10) La *structure réelle*, notée *ST*, des états et des transitions, i.e. la donnée de l'ensemble complet des états et de l'ensemble complet des transitions entre ces états.

Certains de ces aspects n'ayant de signification qu'en relation avec d'autres, Klir restreint en fait à cinq le nombre de ces traits fondamentaux : (1) l'ensemble des quantités conjointement au niveau de résolution ; (2) une activité donnée ; (3) un comportement permanent ; (4) la structure *UC* ; (5) la structure *ST*. Il montra que la spécification de l'un quelconque de ces traits permet toujours de tester sa correspondance avec les autres traits et de retenir les spécifications compatibles de ces derniers. De là vient qu'il put leur faire correspondre cinq « définitions fondamentales » différentes d'une classe de systèmes, qu'il formalisa mathématiquement (en termes d'ensembles, d'applications définies sur ces ensembles et de probabilités conditionnelles de transition d'un état à un autre). Toute « intersection » entre ces définitions induisant une classe plus petite de systèmes que celles induites par chacune

¹ Le Moigne J.L. (1977), p. 34 et p. 37.

² Voir en particulier Delattre P. (1971), dont l'approche fut dans son esprit similaire à celle de Klir.

³ Klir G.J. (1965), pp. 30-33 ; (1968), pp. 13-16 et (1969), pp. 37-55. Voir aussi Orchard R.A. (1972) pour un exposé de l'approche de Klir.

⁴ Une relation était dite par Klir « absolue » si elle est satisfaite sur la totalité de l'intervalle temporel de toute activité particulière possible contenant les variables données au niveau de résolution considéré. Elle était dite « relative » si elle est satisfaite à l'intérieur d'une activité particulière contenant ces variables, et « locale » si elle ne s'applique que sur des intervalles de temps plus court d'une activité particulière.

⁵ Klir distinguait trois types de comportement : outre le « comportement permanent », auquel il jugeait nécessaire de se restreindre parce que « toute définition d'un système doit être fondée sur des traits constants », il s'agissait du « comportement relativement permanent » (comme ensemble des relations relatives d'une activité particulière) et du « comportement temporaire » (comme ensemble des relations locales à l'intérieur d'une section distincte d'une activité particulière).

d'entre elles prises séparément. La nécessité de préserver une cohérence entre ces « intersections » l'amena à affirmer l'existence de trente et un types de définitions possibles (cinq fondamentales, dix paires, dix triades, cinq tétrades et une combinaison des cinq fondamentales), chacune d'entre elles étant applicable dans certaines circonstances et pour la résolution de classes de problèmes particulières. Des déclinaisons supplémentaires pouvaient néanmoins être obtenues en combinant l'une des cinq définitions fondamentales à un ou plusieurs des traits (5), (6), (7) et (8) de la première liste. Klir adjoignit à ces définitions celles de distinctions dont la plupart ont déjà été évoquées (notamment au 4-1-2-5), qui concernent surtout la nature des formalismes mis en œuvre pour les décliner (systèmes physiques ou abstraits, limités ou non, continus ou discrets, déterministes ou stochastiques, téléologiques ou non, etc.) : il aboutit ainsi à une classification des systèmes¹. Le travail de Klir consista pour l'essentiel à développer sur cette base une méthodologie mettant systématiquement en correspondance les classes de systèmes qu'il avait définies et les classes de problèmes systémiques effectivement rencontrés par les scientifiques et les ingénieurs :

Mon approche mène à un spectre de définitions systémiques, chacune d'entre elles étant associée à une classe particulière de problèmes de type systémique. Les traits primaires sont ceux donnés dans le problème ; les traits secondaires sont ceux qu'il s'agit de trouver. Tous les ensembles de traits secondaires qui sont des solutions correctes à un problème représentent une classe d'équivalence eu égard à ce problème. De manière similaire, tous les problèmes de type systémique qui utilisent la même définition d'un système et requièrent que divers traits secondaires soient déterminés créent une classe d'équivalence. Ainsi, les définitions de systèmes classifient des problèmes de type systémique et établissent de la sorte une base large pour une méthodologie des systèmes généraux².

Du fait de son projet axiomatique, l'approche de Mesarović était différente. Au lieu de chercher à préciser dans une perspective « empirico-inductive » les termes logiques constitutifs de la construction de tout système et de développer une conception pluraliste des « systèmes généraux », Mesarović préféra en effet se fonder sur sa seule seconde définition d'un « système général » pour examiner une multiplicité de concepts systémiques dont il était en mesure de produire des définitions mathématiquement formalisées (puis d'énoncer des théorèmes les impliquant). L'idée était celle que Bertalanffy avait déjà discutée à propos de son système différentiel général : enrichir progressivement le « système général » initial (qui utilise une « structure mathématique minimale ») pour étudier des systèmes ayant plus de propriétés particulières, en lui « ajoutant des axiomes » dont on « étudie les conséquences logiques ». Tel fut d'ailleurs le motif avancé pour justifier son approche ensembliste :

Commencer une théorie mathématique des systèmes généraux au niveau ensembliste est pleinement cohérent avec l'objectif annoncé de commencer avec les concepts les moins structurés et les plus largement applicables et de procéder ensuite au développement d'une théorie mathématique de manière axiomatique³.

Mesarović n'envisagea que deux voies pour opérer l'enrichissement en question, considérant que tout système peut être décrit en suivant l'une ou l'autre :

Lorsque nous progressons sur le chemin de la formalisation, c'est-à-dire du plus général au mieux structuré et plus spécifique, la question qui surgit immédiatement est de savoir quelles sont les méthodes de spécification systémique, de définition d'une relation donnée en tant que distincte d'autres définies sur les mêmes objets. Il y a ici deux approches fondamentales : l'*approche intrant-extrant* (appelée aussi terminale, causale, stimulus-réponse ou autres) et l'*approche recherche de but* (appelée aussi prise de décision, résolution de problème, téléologique ou autres)⁴.

Dans la première approche, les objets du système sont groupés en deux catégories : si le système S est une partie du produit cartésien $\prod_{i \in I} X_i$, les intrants X et extrants Y peuvent être définis au moyen d'une partition $\{I_x; I_y\}$ de I sous la forme $X = \prod_{i \in I_x} X_i$ et $Y = \prod_{i \in I_y} X_i$; S devient alors une relation sur les intrants et extrants : $S \subset X \times Y$. Il s'agit ensuite de fournir une procédure constructive, un « mécanisme » défini au moyen d'une structure mathématique plus spécifique dans les ensembles X et Y , qui associe un extrant à tout intrant. Dans la seconde approche, aucun « mécanisme » n'est fourni :

¹ Klir G.J. (1969), pp. 69-73.

² Klir G.J. (1972), p. 8.

³ Mesarović M. D. & Takahara Y. (1975), p. 6.

⁴ Mesarović M. D. (1972), p. 255. Voir aussi p. 254 et p. 257.

le comportement du système est décrit comme répondant à tout intrant de telle sorte qu'un but déterminé soit poursuivi. Mesarović concentra ses travaux sur la première approche, se limitant pour la seconde, jugée « beaucoup plus compliquée », à suggérer la possibilité systématique de redéfinir tout but comme le minimum d'une certaine fonction¹. Poursuivant sa démarche de « spécification constructive » pour les « systèmes intrant-extrant », il aboutit en particulier à des définitions très sophistiquées d'un « système temporel général » et d'un « système dynamique général »². Il put ensuite fournir des définitions non moins sophistiquées d'autres concepts fondamentaux tels que la causalité, la rétroaction, le comportement, la « réponse » d'un système (ou « fonction de représentation des états ») et sa « fonction de transition des états », ou encore sa stationnarité, sa contrôlabilité, sa reproductibilité et sa stabilité. Mesarović fut alors en mesure de caractériser mathématiquement les propriétés des états systémiques et de dresser une typologie mathématique des systèmes³.

Aux deux approches logiques des « systèmes généraux » typifiées par Klir et Mesarović correspondaient clairement deux approches méthodologiques différentes de leur construction et de leur théorisation. Ils s'en expliquèrent, rejoints à ce sujet par d'autres systémiciens tels que Rapoport et Orchard. En ce qui concerne Mesarović, sa méthodologie transparait déjà dans les citations précédentes. Son fondement épistémologique, plus proche dans son inspiration du positivisme logique que du perspectivisme bertalanffien, est qu'il serait possible d'identifier certaines structures invariantes dans les propositions issues des modèles construits pour étudier des situations étudiées dans la « vie réelle », structures qu'il suffirait ensuite de formaliser pour construire des définitions précises et générales de concepts systémiques pouvant à leur tour servir de base à une théorisation de « systèmes généraux » :

Dans le contexte des sciences de la nature, une théorie consiste en un ensemble de propositions au sujet d'un problème donné [...] L'analyse morphologique du concept de proposition en tant que catégorie linguistique montre que les constituants fondamentaux d'une proposition sont des noms et des foncteurs⁴ ; les noms sont utilisés pour désigner des objets et les foncteurs le sont pour former les propositions, i.e. combiner les noms en propositions [...] Tout ce que fait la théorie des systèmes est alors de rendre explicite la relation formelle déjà implicite dans les propositions de la théorie. Le gain, bien sûr, se trouve dans les déductions qui peuvent être tirées du système formel et qui ne peuvent l'être aussi facilement et clairement à partir des propositions elles-mêmes⁵.

Pour tout ensemble convenable de propositions verbales, il existe une relation (mathématique) qui représente la relation formelle entre les objets désignés par des noms⁶.

L'exposé le plus clair de l'approche fondée sur ce postulat se trouve dans le traité sur la « théorie abstraite des systèmes » que Mesarović publia en 1986 avec Takahara :

Notre approche va d'observations de la vie réelle vers des représentations mathématiques du type le moins contraignant et des théories des propriétés et du comportement des systèmes. C'est pourquoi nous la qualifions de *formalisation*. Les divers concepts et propriétés – stabilité, rétroaction, hiérarchie, etc. – ne sont pas des créations intellectuelles artificielles, mais des faits observés dans la vie réelle. Par exemple, la notion de système dynamique n'est pas une invention du mathématicien, de l'ingénieur ou du théoricien du contrôle. Quelle doit être une compréhension « convenable » de l'expression « système dynamique » et comment rendre son aspect formel univoque, i.e. précisément défini, tel est le problème de la formalisation [...] Notre approche de la formalisation consistera dans les procédures suivantes : (1) En premier lieu, des concepts systémiques fondamentaux seront exprimés (formellement) en utilisant une structure mathématique minimale. Il en résultera les notions les plus largement applicables et néanmoins précises. (2) En commençant avec les concepts fondamentaux tels qu'introduits en (1), une structure mathématique additionnelle sera introduite afin d'être en mesure de définir diverses propriétés systémiques. Les conditions les

¹ *op. cit.*, pp. 255-256 et Mesarović M. D. & Takahara Y. (1975), p. xi, p. 11 et pp. 258-261.

² Mesarović M.D. (1972), pp. 257-258 et Mesarović M.D. & Takahara Y. (1975), pp. 7-9 et pp. 16-21. Une idée du niveau de sophistication mathématique de ces définitions sera déjà donnée avec la définition d'un « système temporel », plus « simple ». Un « ensemble temporel » est défini comme un ensemble abstrait linéairement ordonné formant un treillis complet T . A et B étant des ensembles arbitraires et T un « ensemble temporel », A^T et B^T désignent l'ensemble de toutes les applications de T vers A et B respectivement. X et Y désignant des parties de A^T et B^T respectivement, un « système temporel général » S sur X et Y est alors défini comme une relation sur X et Y , i.e. $S \subset X \times Y$.

³ Mesarović M.D. (1964), pp. 8-21 ; (1972), pp. 259-262 et Mesarović M.D. & Takahara Y. (1975), pp. 24-31.

⁴ Voir l'annexe 4-1-3-2 pour la définition d'un foncteur en théorie mathématique des catégories, vers laquelle Mesarović se tournait déjà.

⁵ Mesarović M.D. (1968), p. 78.

⁶ Mesarović M.D. & Takahara Y. (1975), p. 7.

plus fondamentales sous lesquelles s'appliquent ces propriétés seront ensuite analysées. (3) Puis on étudiera quelles sont les conditions les plus générales pour que certains résultats connus soient valides. La véritable nature des résultats théorético-systémiques connus sera révélée de cette manière [...] (4) De nouveaux résultats seront enfin établis en utilisant soit le niveau accru de généralité, soit une formulation plus large ; par exemple en considérant une catégorisation des systèmes et des structures [utilisant le fait que] les étapes (1), (2) et (3) auront produit une image et une compréhension « purifiées », « distillées », des propriétés et des structures des systèmes¹.

Le problème, qui suscita justement les critiques de Bertalanffy et de Klir, est qu'en dépit de sa prétention à se fonder sur les « observations de la vie réelle », cette approche ne prenait guère en compte la grande diversité des modèles qu'elles suscitent : non seulement son abstraction n'était pas solidaire d'un véritable souci de mettre la théorisation en adéquation avec les problèmes systémiques réellement rencontrés, mais un certain type de formalisme y était privilégié, de sorte que sa prétention à l'extrême généralité était d'emblée grevée.

Très différente était l'approche de Klir, qui constitue probablement l'expression la plus aboutie de celle initiée par Bertalanffy et Rapoport. Klir renonça en effet à l'ambition caractéristique de Mesarović de formuler une unique théorie d'un unique « système général » mathématiquement formalisé et progressivement spécifié en « systèmes généraux » de niveau de généralité inférieur. Il privilégiait plutôt l'objectif d'identifier les concepts requis pour toute construction systémique et de définir précisément des « traits systémiques fondamentaux », en étroite connexion avec les problématiques issues des « sciences du réel » et de l'ingénierie. Le but de Klir était de formaliser les différents cadres généraux d'analyse adéquats à ces différentes problématiques, qu'il classifia en trois types méthodologiques distincts : l'« analyse » d'un système, la « synthèse » d'un système et le « problème de la boîte noire »². Il ne s'agissait en particulier jamais pour Klir de prescrire une voie spécifique de formalisation mathématique. En quelque sorte, la « matière » (les théories de « systèmes généraux » effectives) de la « systémologie théorique fondamentale » n'était pas précisée, seule l'était sa « forme » (sa logique, sa structure et son fonctionnement). L'examen au 4-1-4-1 de la méthodologie « théorético-systémologique » que Klir explicita à partir de 1968 dans sa description d'une « procédure de résolution de problèmes systémiques » fera apparaître plus clairement encore que ce qui la différenciait de celle de Mesarović était en définitive le lien organique qu'elle établissait entre les deux types de « systémologies théoriques » que je distingue (« fondamentale » et « appliquée ») :

Il est évident que différentes théories de systèmes généraux peuvent être élaborées, selon les traits systémiques pris en considération et la signification précise donnée à ces traits [...] La théorie des systèmes généraux telle que je l'avance est fondée sur un ensemble cohérent de définitions de systèmes généraux, chacune étant applicable à un problème particulier [...] Son universalité ne s'oppose pas à la multiplicité des systèmes généraux (au contraire de l'approche proposée par C.W. Churchman). Elle est *fondée sur des traits fondamentaux obtenus par généralisation successive jusqu'à un niveau raisonnable afin d'atteindre un compromis convenable entre sa généralité et son contenu* (l'efficacité dans l'application)³.

En dépit de différences entre théories de systèmes généraux, leur essence commune est que chacune reflète certains des traits de systèmes étudiés par différentes disciplines qui ne dépendent pas des propriétés particulières des quantités impliquées. Puisqu'il y a beaucoup de problèmes se posant dans les disciplines particulières qui peuvent être soit complètement, soit partiellement résolus dans les termes de ces traits généraux, l'étude de ces derniers est justifiée. *Les règles et méthodes élaborées pour la résolution de problèmes concernant un ensemble particulier de traits constituent une théorie de systèmes généraux*. Une fois que ces règles et méthodes sont préparées, elles sont applicables dans toute discipline où les problèmes respectifs se posent⁴.

¹ Mesarovic M.D. & Takahara Y. (1986), pp. 9-10. Référence était faite ici à la théorie mathématique des catégories. Voir plus loin à ce sujet

² Voir Klir G.J. (1965), pp. 39-42. : (1) le problème de l'« analyse » est celui de dériver le comportement d'un système de la connaissance de sa structure et de son état initial ; (2) le problème de la « synthèse » est celui de dériver la structure d'un système qui permet de réaliser un comportement donné, à partir de la connaissance de ce comportement et des différents « comportements permanents » de ses éléments ; (3) le problème de la « boîte noire » est la dérivation du comportement et, si possible, de l'organisation d'un système, à partir de la connaissance de son activité (relations entre intrants et extrants).

³ Klir G.J. (1968), pp. 18-19 ; voir aussi (1969), p. 95. Les italiques me sont propres.

⁴ Klir G.J. (1970), p. 161. Les italiques me sont propres.

La méthode de Klir ne prescrivant aucun formalisme mathématique spécifique, rien de constructif n'était toutefois dit ici au sujet de la forme « concrète » que pourraient prendre les « systèmes généraux » : seule était en fin de compte expliquée la procédure de leur construction sur la base des définitions et classifications fournies par Klir, en relation étroite avec les problèmes posés aux « sciences du réel » et à l'ingénierie. Or, le retour récurrent de certaines structures mathématiques dans les modèles théoriques élaborés dans ces dernières fournissait aussi l'opportunité d'étudier ces structures *in abstracto*, et donc d'obtenir déjà par ce biais un ensemble de « systèmes généraux » purement mathématiques et de théories de tels systèmes susceptible de servir de répertoire pour la méthodologie exposée par Klir et Orchard. Rapoport apporta à ce sujet des éclairages importants, lui aussi en 1972, en illustrant son propos par des réflexions sur le système différentiel général déjà discuté par Bertalanffy. Ce faisant, il mit parfaitement en évidence la dialectique constructive devant permettre à des théorisations mathématiques de « systèmes généraux » de satisfaire continuellement l'exigence d'une pertinence pour la recherche empirique, avec des bénéfices réciproques :

La tendance mathématique en théorie des systèmes généraux *prend son point de départ dans le système mathématique plutôt que dans un système concret*. L'étude théorique est ainsi celle des *propriétés mathématiques d'un système abstrait de relations*. Ces propriétés étant communes à tous les systèmes mathématiques isomorphes à celui donné, on peut s'attendre à ce que les conclusions tirées s'appliquent à tous les systèmes concrets dont les systèmes mathématiques sont des représentations adéquates. Ce programme guide naturellement le théoricien des systèmes sur les lignes de moindre résistance mathématique et *les systèmes mathématiques les plus simples sont étudiés en premier*. Des tentatives sont faites pour *faire rentrer des systèmes concrets dans le moule du système mathématique désormais familier*. Inévitablement, le succès perçu de cette tentative est coloré par le désir trop humain de voir cette entreprise réussir. Néanmoins, les échecs sont souvent trop flagrants pour être ignorés. Et ici, les *avantages de l'approche mathématique* deviennent évidents. Les raisons de l'échec peuvent parfois être inférées à partir des inadéquations explicites des postulats qui caractérisent le type de système mathématique, et des directions de généralisation sont indiquées. Par exemple, l'échec des systèmes différentiels linéaires à décrire adéquatement certains systèmes d'interaction peut être attribué à l'absence d'existence de plusieurs équilibres dans les systèmes linéaires, suggérant l'étude du niveau supérieur de complexité, les systèmes du second degré¹. Le refus du système général du second degré de fournir des méthodes générales de résolution suggère alors l'étude de cas particuliers, attirant l'attention sur des systèmes d'interaction où de tels cas pourraient être pertinents².

Comme le précisa utilement Rapoport (en bon disciple de Rashevsky et en parfaite intelligence avec Bertalanffy), cette approche mathématique « directe » de la construction et de la théorisation de « systèmes généraux » avait une autonomie féconde, étant loin d'être strictement conditionnée par l'existence déjà acquise de modèles théoriques de phénomènes déterminés reconnus comme fiables :

Il est clair qu'un isomorphisme entre deux objets ou phénomènes ne peut être établi que si leurs modèles correspondants (dont l'isomorphisme est déduit) sont des représentations assez fiables. Néanmoins, le spectre des phénomènes pouvant être représentés par des modèles mathématiques assez simples pour être résolus est sévèrement limité. Par conséquent, l'utilité de la systémiologie générale serait drastiquement limitée si elle était confinée à la recherche d'isomorphismes entre des modèles précisément spécifiés que l'on sait être des représentations fiables de certaines portions du monde. La portée de la systémiologie générale peut être considérablement étendue si des propriétés systémiques d'objets mathématiques sont étudiées pour elles-mêmes ; car de telles propriétés peuvent fournir une compréhension des propriétés *possibles* des systèmes³.

On ne peut achever l'aperçu entrepris ici des travaux concernant les aspects logiques et méthodologiques de la théorisation de systèmes généraux sans évoquer enfin les formalisations très abstraites de cette dernière élaborées de manière semble-t-il indépendante dans les années 1970 par Rosen d'une part (dans le prolongement de ses travaux « biotopologiques » entrepris aux côtés de Rashevsky dès les années 1950)⁴ et par Mesarović et Takahara d'autre part¹. Ces mathématiciens

¹ C'est-à-dire non linéaires, les dérivées premières des fonctions inconnues étant à d'éventuelles constantes additives près exprimées comme la somme de formes linéaires et de formes quadratiques de ces mêmes fonctions, comme dans le cas du modèle de Lotka-Volterra.

² Rapoport A. (1972a), pp. 56-57. Les italiques me sont propres.

³ Rapoport A. (1973c), p. 440.

⁴ Rosen R. (1958a) et surtout (1958b). Voir aussi Rashevsky N. (1954). Ces travaux seront abordés au 4-1-3-5.

s'efforcèrent en effet de trouver dans la théorie mathématique des catégories, dont les bases avaient été jetées en 1945 par Samuel Eilenberg et Saunders McLane², les ressources pour formaliser mathématiquement les relations de modélisation entre systèmes, par-delà même les différences méthodologiques relevées dans cette sous-section. Présentée par ses auteurs comme une « théorie des équivalences naturelles », cette théorie a effectivement cet attrait de jouer à l'intérieur du champ mathématique un rôle similaire à celui que la « systémologie théorique fondamentale » est destinée à jouer dans le champ de la modélisation systémique : tandis que la première a pour objets des théories mathématiques (telles que celles des ensembles, des groupes, des espaces métriques ou des espaces topologiques), la seconde a pour objets des modèles systémiques théoriques, de sorte que leurs niveaux d'abstraction apparaissent analogues. Pour Rosen, Mesarović et Takahara, la théorie des catégories était appelée à jouer un rôle métathéorique essentiel dans la « systémologie théorique fondamentale » ; elle permettrait notamment préciser son propre statut théorique par rapport aux différentes théories de « systèmes généraux » :

La relation entre espaces topologiques et leurs groupes associés peut être elle-même étudiée dans un contexte mathématique. Une telle étude fut initiée par Eilenberg et McLane [dans un article publié en 1945...]. Une nouvelle branche des mathématiques s'est développée à partir de leur article, que l'on en est venu à appeler la théorie des catégories, laquelle traverse l'ensemble des autres théories mathématiques. On peut voir que la théorie des catégories est en fait une théorie générale des relations de modélisation existant entre systèmes formels. Il n'est pas surprenant que cette théorie en vienne à jouer un rôle de plus en plus important dans la théorie des systèmes généraux (laquelle est précisément consacrée à l'établissement de relations de modélisation)³.

Le premier rôle de la théorie des catégories en mathématiques est de fournir un langage commun et un ensemble de concepts unificateurs aux diverses branches des mathématiques. Par exemple, une application sur des ensembles et un homomorphisme de structures algébriques y sont unifiés par un concept commun de morphisme dans la théorie des catégories [...] Le second rôle de cette théorie est de fournir une définition précise de la « naturalité » ou relation d'universalité entre différents faits [...] Et son troisième rôle est de fournir un véhicule au moyen duquel les résultats et méthodes d'une branche des mathématiques peuvent être transférés à une autre. Un exemple bien connu étant la topologie algébrique. La théorie des catégories peut également jouer ces rôles généraux dans la théorie des systèmes [...] L'une des raisons de la pertinence de la première pour la seconde est qu'elle peut représenter précisément la similitude structurale [...] Les problèmes systémiques suivants seront ici traités au moyen de la théorie des catégories :

- (i) Le développement d'un cadre pour l'étude des similitudes structurales entre systèmes ;
- (ii) L'identification des propriétés structurales des opérateurs de transformation sur les systèmes qui sont introduits pour résoudre divers problèmes systémiques ;
- (iii) La découverte d'universalités dans la théorie des systèmes⁴.

Sans entrer dans les détails, quelques éléments sur la théorie mathématique des catégories (déjà implicites dans les citations précédentes) doivent être donnés pour comprendre l'enjeu des considérations de ces mathématiciens. On les trouvera dans l'annexe 4-1-3-2. L'idée commune à Rosen, Mesarović et Takahara fut de représenter l'ensemble des relations de modélisation entre systèmes dans le cadre formel de cette théorie :

Un système est considéré comme un objet d'une catégorie. La similitude structurale entre deux systèmes est représentée comme un morphisme [...] Puisque les morphismes sont des éléments fondamentaux de la théorie des catégories, chaque concept catégorique ou résultat de la théorie des systèmes peut être interprété directement ou indirectement en termes de similitudes structurales⁵.

La définition d'un « système général » comme partie S d'un produit cartésien d'ensembles $X \times Y$ par Mesarović et Takahara se prêtait par exemple à la définition d'une catégorie de « systèmes généraux »

¹ Rosen R. (1978), pp. 497-501 ; Mesarović M.D. & Takahara Y. (1975), pp. 217-247 et (1989), pp. 221-255. Voir aussi Vatrenne F. (2004), pp. 227-231 sur Rosen et Eugene J. (1981), pp. 97-102 et 221-235 en ce qui concerne Mesarović et Takahara. Ces derniers ne se sont pas référés à Rosen et si Rosen s'est référé à Mesarović, ce n'est pas directement au sujet discuté ici.

² Eilenberg S. & McLane S. (1945).

³ Rosen R. (1979), p. 179.

⁴ Mesarović M.D. & Takahara Y. (1989), pp. 222-223.

⁵ Mesarović M.D. & Takahara Y. (1989), p. 223.

au moyen de l'ensemble des relations d'inclusion $S \subset X \times Y$ et des applications entre elles. Ils se limitèrent néanmoins pour l'essentiel à montrer qu'il est possible d'étudier entièrement la classe des systèmes linéaires du point de vue de la théorie des catégories. Et cette manière de transformer la « systémologie théorique fondamentale » en exercice de mathématiques hautement abstraites se limitant en définitive à formaliser des concepts connus et à retrouver par des voies purement formelles des résultats déjà établis suscita bien moins d'enthousiasme que de critiques acerbes chez les autres systémiciens – même des mathématiciens comme Delattre et Thom s'accordant par exemple à ce sujet avec la dénonciation par Berlinski de la « mathématisation ornementale », en exprimant leur crainte que « la pompe de la théorie des catégories excède de loin son utilité » pour les systémiciens¹. Les travaux que Rosen publia dès 1958 dans le *Bulletin of mathematical biophysics* après des discussions approfondies avec Rashevsky n'étaient pas plus indemnes de ce genre de critiques². Prétendant déjà fixer « un cadre mathématique pour une théorie rigoureuse des systèmes généraux utilisant les notions de la théorie des catégories », ils étaient voués à construire des représentations d'un réseau de neurones et d'un automate fini dans les termes de cette théorie, et à discuter la possibilité d'une représentation catégorique des systèmes biologiques. Mais leur fécondité n'était guère supérieure à celle des travaux de Mesarović et Takahara et il semble d'ailleurs qu'ils ne furent pas plus repris par la suite. Par contre, Rosen publia en 1978 un article dans un livre collectif édité par Klir où l'utilisation des concepts de la théorie des catégories fut cette fois mise au service d'une représentation formalisée de la procédure « théorético-systèmeologique » qui constitue certainement la plus précise jamais réalisée et est à ce titre d'un grand intérêt ici.

Le point de départ de cette représentation³ est le principe selon lequel on ne définit jamais dans l'optique « théorético-systèmeologique » un système spécifique, mais plutôt une classe de systèmes similaires. Étant donnée une telle classe, ses différents éléments peuvent être « comparés » au moyen d'homomorphismes, au sens d'applications préservant la structure à l'intérieur de cette classe. Deux classes A et B de systèmes peuvent alors être considérées comme des catégories (dont les objets sont des systèmes et dont les morphismes sont les relations de similitudes entre ces systèmes), entre lesquelles un foncteur $F = (\omega; \mu)$ établit une « relation de modélisation », au sens où $F(A)$ est un modèle de A dans B et où $\omega(s)$ est un modèle de s pour tout système s de A (et donc s est une réalisation de $\omega(s)$). Deux situations complémentaires sont alors possibles. La première est celle où plusieurs classes $A_1; \dots; A_n$ de systèmes peuvent être liées par autant de foncteurs à une même classe B (par $F_i: A_i \rightarrow B$). Dans ce cas, tous les systèmes d'une classe A_i peuvent être reliés aux systèmes d'une classe A_j (quels que soient i et j dans $\llbracket 1; n \rrbracket$), du fait qu'ils ont un modèle en commun : tous les systèmes se trouvant dans les images réciproques $\omega_i^{-1}(b) \subset A_i$ et $\omega_j^{-1}(b) \subset A_j$ d'un système b quelconque de B peuvent être vus comme des modèles les uns des autres. Comme le souligna Rosen, il s'agit là d'une formalisation rigoureuse de la situation où deux systèmes distincts (en tant que membres de différentes classes A_i et A_j de systèmes) manifestent un comportement commun et sont donc vus comme analogues : ils réalisent un modèle commun $b = \omega_i(A_i) = \omega_j(A_j)$. Une autre situation (qui correspond à une formalisation de l'opposition aux réductionnismes) est celle réciproque où une même classe A de systèmes est reliée par n foncteurs $F_1; \dots; F_n$ à n classes $B_1; \dots; B_n$ de systèmes. Dans ce cas, un système donné a de A peut être considéré comme possédant simultanément n modèles $\omega_i(a)$ (avec $i \in \llbracket 1; n \rrbracket$). Or, chaque classe B_i suscite un certain mode propre d'analyse, donc (par l'intermédiaire des foncteurs F_i) un mode déterminé d'analyse de la classe A ; de sorte qu'un même système a de A peut être décomposé en unités analytiques de multiples manières distinctes, toutes ces décompositions étant valides bien qu'elles ne puissent en général être réduites les unes aux autres. C'est l'ensemble de ces considérations qui amena Rosen à définir en ces termes les étapes de la procédure de la « systémologie théorique fondamentale » (ce qu'il appelait pour sa part la recherche systémique [*systems research*]) :

- (1) L'analyse de systèmes individuels dans une classe de systèmes apparentés ; (2) la détermination de relations fonctorielles entre de telles classes de systèmes (interprétées en termes de modélisation ou de réalisation), de telle sorte qu'un mode particulier d'analyse à l'intérieur d'une classe puisse

¹ Delattre P. (1982), p. 10 et Thom R. (1993b), p. 115.

² Rosen R. (1958b).

³ Rosen R. (1978), pp. 498-501.

être transféré vers d'autres classes ; (3) l'établissement de notions d'analogie entre systèmes appartenant à différentes classes par le partage de modèles communs.

Dans la poursuite de ce *modus operandi*, on établit un réseau de relations entre systèmes appartenant à différentes classes. Ce réseau se manifeste par les homomorphismes à l'intérieur des classes et par les foncteurs entre classes. Et c'est ce réseau qui est l'objet d'étude, la caractéristique distinctive de la recherche systémique elle-même¹.

Ce jugement, comme l'ensemble de la présente sous-section, fait bien apparaître la dimension métathéorique de la « systémologie théorique fondamentale » en tant que champ d'étude des « systèmes généraux ». Il me faut maintenant considérer les fonctions attribuées à ce champ.

4-1-3-3 – Statut et fonctions théoriques de la « systémologie théorique fondamentale »

Les réflexions entreprises après la fondation de la S.G.S.R. autour du statut et des fonctions de la « systémologie théorique fondamentale » précisèrent considérablement les vues ébauchées au cours des années antérieures par Bertalanffy – dont l'exposé a principalement été effectué au 3-1-4. Il s'agit ici d'examiner les plus significatives, avec deux problèmes en vue : (1) comment se définit et se légitime son statut théorique, alors même que le sens du terme « théorique » devient avec elle problématique au regard des conceptions classiques (notamment positivistes), puisqu'elle prétend être irréductible à une composante soit des « sciences formelles », soit des « sciences du réel » ? (2) Quels aspects des recherches entreprises en son sein peut-on repérer comme étant effectivement constitutifs de son caractère théorique, et quelles fonctions associées peut-on lui attribuer ?

Le premier problème est sous-jacent à une remarque saisissante inaugurant l'article fondateur que Boulding publia en 1956 à la suite de discussions avec Bertalanffy :

La théorie des systèmes généraux est un nom dont on use désormais pour décrire un niveau de construction de modèles théoriques se trouvant quelque part entre les constructions hautement généralisées de la mathématique pure et les théories spécifiques des disciplines spécialisées².

Rapoport alla dans le même sens lorsqu'il décrivit l'approche du théoricien des « systèmes généraux » mathématiques comme tendant « d'un côté vers celle du mathématicien pur et, de l'autre, vers le constructeur de modèles mathématiques abstraits de contenu spécifique »³. Tout le problème est bien évidemment de préciser le « quelque part » énigmatique dont parla Boulding. On ne saurait se satisfaire de la réponse apportée par Bunge en 1974 lorsqu'il avança que la « théorie générale des systèmes » (*general theory of systems*), qu'il décrivait comme une « famille de théories », appartient à la fois à la métaphysique et à la science, au motif qu'« elle concerne des systèmes concrets appartenant à des genres entiers » et (je vais y revenir plus loin) qu'elle produirait des énoncés si généraux qu'ils sont aussi irréfutables empiriquement que n'importe quelle proposition métaphysique, tout en étant susceptible d'engendrer d'authentiques théories scientifiques dès lors qu'elle est enrichie de certaines hypothèses spécifiques⁴ : cette position, qui conduisit Bunge à caractériser aussi bien la dynamique lagrangienne par la même dualité, me semble reposer sur une confusion entre l'ontologie scientifique (vouée à la construction d'objets tels que les « systèmes généraux », susceptibles d'être opérationnellement interprétés en vue d'une théorisation scientifique de phénomènes) et l'ontologie en tant que domaine de la métaphysique (qui s'affranchit du souci précédent). S'il faut bien utiliser le préfixe « méta » pour caractériser la « systémologie théorique fondamentale », c'est pour le faire en la désignant comme une métathéorie entièrement inscrite dans le champ scientifique. La première raison en est que sa « matière » est déjà constituée de modèles théoriques, dont elle a pour vocation d'étudier la structure conceptuelle ; c'est en ce sens qu'elle constitue une « théorie des systèmes généraux » :

La théorie abstraite des systèmes peut être considérée comme représentant une métathéorie, une « théorie systémique des théories de systèmes »⁵.

¹ *op. cit.*, pp. 500-501.

² Boulding K.E. (1956b), p. 11.

³ Rapoport A. (1972a), p. 74.

⁴ Bunge M. (1974), en particulier pp. 17-18.

⁵ Mesarović M.D. & Takahara Y. (1989), p. 8.

Tandis qu'émergent des disciplines scientifiques des modèles théoriques de systèmes spécifiques qui ignorent leurs traits tenant au seul fait de leur « systémicité », la « systémologie théorique fondamentale » se concentre au contraire sur ces traits et au regroupement des systèmes en classes d'équivalence, puis à l'étude des propriétés générales de « représentants canoniques » de ces dernières, chacune de ces études donnant lieu à une théorie d'un « système général » particulier – avec d'éventuelles possibilités d'intégrer ces théories elles-mêmes dans des théories de systèmes plus généraux encore car moins spécifiés¹. La cybernétique peut par exemple être conçue comme la partie de la « systémologie théorique fondamentale » focalisée sur l'étude des processus informationnels². Mais si Rapoport put écrire que la « théorie des systèmes généraux » n'est « pas une 'théorie' au même sens que la plupart des théories scientifiques »³, c'est aussi parce que son caractère métathéorique tient à ses fortes composantes logique et méthodologique. Sans aller, comme d'aucuns ont pu le faire, jusqu'à l'identifier de manière à la fois trop générale et trop restrictive à une « théorie de la modélisation systémique » ou encore à « la science et l'art des modèles et de la modélisation »⁴, il est certain que ces deux composantes sont constitutives de la recherche « théorético-systèmeologique fondamentale ». La meilleure caractérisation de celle-ci, qui résume bien ses aspects métathéoriques, est probablement celle que fournirent Sadovsky et ses collègues soviétiques au début des années 1970, à la suite de Shchedrovitzky :

Le problème [systèmeologique] est celui de formuler un système de principes et de règles généraux approprié à la construction d'études systémiques-structurales d'entités spécifiques⁵.

On peut décrire la théorie des systèmes généraux comme la recherche interdisciplinaire dont les objectifs sont les suivants : (1) l'élaboration des moyens de représenter les objets d'étude comme des « systèmes » ; (2) le développement de modèles généralisés de systèmes et de diverses classes de systèmes et de leurs traits, en particulier les théories des systèmes dynamiques, du comportement finalisé, de la structure hiérarchique, des processus de contrôle, etc. ; (3) l'étude de la structure conceptuelle des théories de systèmes. Considérée de cette manière, la théorie des systèmes généraux est d'un côté une généralisation de théories particulières de systèmes, et elle a d'un autre côté beaucoup en commun avec la logique et la méthodologie de la recherche systémique⁶.

Doivent ainsi être inclus dans la « systémologie théorique fondamentale » non seulement la définition des concepts systémiques fondamentaux et la classification des systèmes, mais aussi la construction de méthodes de représentation et de formalismes systémiques sur la base d'une analyse de ceux déjà mis en œuvre⁷. Lenk l'a bien décrite lui aussi lorsqu'il expliqua en 1978 qu'elle se constitue afin de « préparer des modèles opératoires, des instruments de formalisation ou de calcul qui présentent un caractère instrumental pour la représentation des systèmes de propositions des modèles ou des théories empirique-scientifiques »⁸.

Ceci étant, on peut lui repérer sept fonctions proprement théoriques (c'est-à-dire se rapportant directement à la construction de modèles théoriques spécifiques), dont je vais ici illustrer diverses expressions typiques dans la littérature systémique :

- (1) Une fonction définitoire ;
- (2) Une fonction taxonomique ;
- (3) Une fonction de cadre conceptuel de la modélisation théorique des systèmes ;
- (4) Une fonction de véhicule de la mathématisation et de la détermination de lois dans les domaines où elles manquent ;
- (5) Une fonction explicative *ou* simulatrice ;

¹ Orchard R.A. (1972), pp. 206-210 insista sur cette hiérarchie des niveaux de généralité au cœur de la « théorie des systèmes généraux ».

² Klir G.J. (1970), pp. 162-163.

³ Rapoport A., (1972a), p. 44.

⁴ Walker J.D. (1977), p. 503 ; Le Moigne J.L. (1977), p. 36.

⁵ Shchedrovitzky G.P. (1966), pp. 27-28.

⁶ Blauberg L.V., Sadovsky V.N. & Yudin E.G. (1973), p. 253. Sadovsky V.N. (1971), pp. 547-548, lui associait les tâches de définir le concept de système et ceux qui lui sont liés ; de « classer les systèmes » et « découvrir les lois se rapportant aux systèmes en général et aux classes particulières de systèmes » ; de « construire des modèles de divers degrés de généralité de la conduite (fonctionnement, développement) des systèmes » ; et d'« élaborer un appareil formel spécial (y compris logique et méthodologique) à l'aide duquel il est possible d'accomplir les tâches précédentes et de créer les fondements théoriques généraux pour les conceptions de systèmes particuliers ».

⁷ Voir Sadovsky V.N. (1971), pp. 550-551.

⁸ Lenk H. (1978), pp. 246-247.

- (6) Une fonction heuristique ;
- (7) Une fonction régulatrice.

Je ne reviendrai pas ici sur cette dernière fonction, celle de contrôler les transferts analogiques entre constructions conceptuelles et de s'assurer de leur pertinence : rien ne fut ajouté à son sujet par rapport au peu qu'en avait dit Bertalanffy dans ses écrits fondateurs.

La première fonction fut précisée par Rapoport. Il souligna qu'avant d'être en mesure de produire une « théorie au sens étroit », c'est-à-dire un système de propositions connectant des événements tout en précisant les conditions de leur occurrence, un travail préliminaire s'impose : celui de déterminer les variables et les définitions appropriées à la construction d'une telle théorie. Le mathématicien considérait par conséquent que dans la mesure où elle accomplit cette tâche préparatoire nécessaire à la théorisation systémique, la « systémologie générale » doit déjà être vue comme une « théorie au sens large »¹.

La seconde fonction de la « systémologie théorique fondamentale » est indissociable de la première et c'est là encore Rapoport qui la mit en exergue en plusieurs occasions :

La systémologie générale [*general system theory*] cherche à classifier les systèmes selon la manière dont leurs composants sont *organisés* (inter-reliés) et à dériver les « lois », ou schèmes typiques de comportement, caractéristiques des différentes classes de systèmes distingués par cette taxonomie².

Des propriétés de systèmes s'appliquant à tous les systèmes sont celles qui découlent de la définition d'un système et sont donc dépourvues de contenu empirique. En principe, des assertions empiriquement vérifiables peuvent être formulées au sujet d'une classe donnée de systèmes. S'il en est ainsi, la tâche de la théorie des systèmes généraux [*general systems theory*] apparaît être celle de créer des taxonomies théoriquement fécondes de systèmes³.

C'est-à-dire des classifications permettant d'engendrer des théories fécondes, « au sens étroit » du terme « théorie ». Dans la mesure où la recherche se focalisait sur l'exploitation d'isomorphismes entre modèles mathématiques, l'objectif devenait de surcroît de « créer une taxonomie purement logico-structurale des systèmes, vide de contenu »⁴, donc mathématique :

Une systémologie générale mathématique [*mathematical general system theory*] fournit des descriptions des trois aspects systémiques, structure, comportement et évolution, en langage mathématique abstrait. Une typologie des systèmes devient dès lors une typologie mathématique⁵.

Le concept d'isomorphisme mène à une classification de tous les systèmes pouvant être représentés par des modèles mathématiques. La classification de tels systèmes devient simplement une image de la classification de modèles mathématiques les représentant [...] L'objectif central est d'étudier les conséquences de la classification des systèmes *induite* par des isomorphismes mathématiques⁶.

La théorie des jeux fournit à Rapoport des exemples significatifs de taxonomies mathématiques de systèmes classifiant les situations de conflit indépendamment de leur contenu empirique, sur la base de leur seule structure logique ; en particulier sa propre taxonomie des jeux (à somme constante ou non) à deux joueurs ayant chacun deux stratégies disponibles, qui comprenait dix catégories⁷. Mais l'exemple du « système différentiel général » qu'avait mis en avant Bertalanffy dès les années 1940, surtout sa spécification en un système différentiel linéaire, resta toujours paradigmatique chez Rapoport aussi bien que chez Bertalanffy, du fait des possibilités qu'il offre de dresser des typologies « exactes » :

Les systèmes d'équations différentielles peuvent être étudiés comme des objets simplement mathématiques d'intérêt, indépendamment de savoir s'ils représentent des systèmes physiques spécifiés. De telles études révèlent certaines propriétés générales de tels systèmes, et l'existence ou l'inexistence de classes spécifiques de propriétés suggère une taxonomie des systèmes d'équations différentielles qui, à son tour, suggère une taxonomie des systèmes physiques pouvant être

¹ Rapoport A. (1972a), p. 44.

² Rapoport A. (1968), p. xvii.

³ Rapoport A. (1972b), p. 28. Voir aussi (1986, 1988), p. 1.

⁴ Rapoport A. (1972a), p. 74.

⁵ Rapoport A. (1966a), p. 9.

⁶ Rapoport A. (1972a), p. 74.

⁷ Rapoport A. (1966b), en particulier p. 207. Voir aussi (1972a), pp. 72-73.

représentés par eux. Ainsi l'étude des systèmes différentiels porte à notre attention la distinction cruciale entre systèmes linéaires et systèmes non linéaires, les distinctions selon la nature des solutions, à savoir leur périodicité, leur stabilité, etc.¹

On dénombre en fait bien d'autres approches, aussi représentatives de l'ubiquité du souci taxonomique – dont les classifications déjà évoquées de Klir et de Mesarović². Il n'est pas inutile enfin d'insister ici sur le fait que ses fondateurs considéraient aussi la fonction taxonomique en question comme un *outil de discrimination*. Après Bertalanffy, qui souligna dès 1956 que la « systémologie » devrait aider à distinguer les principes spécifiques à certaines classes de systèmes aussi bien qu'à formuler des universaux systémiques³, Boulding souligna plusieurs fois l'importance de cet aspect, notamment dans la présentation introductive de la « théorie générale du conflit » qu'il publia en 1962 :

Comme il importe de percevoir les similitudes dans différentes situations, il importe de percevoir les différences. Celles-ci ne peuvent toutefois être perçues sans que l'on dispose d'une théorie générale servant de critère de comparaison. Je prétends qu'il existe une théorie générale du conflit dérivable de nombreuses sources et disciplines. En la développant, je montrerai en premier lieu les similitudes essentielles dans toutes les situations de conflit dans une série de modèles largement applicables. En appliquant ces modèles à diverses situations de conflit, les différences entre ces situations seront ensuite plus clairement révélées en termes de divergences par rapport aux modèles généraux⁴.

C'est encore Rapoport qui insista sur la troisième fonction que j'ai relevée, l'une de celles que Bertalanffy avait mises le plus en avant dans ses écrits fondateurs⁵. Suivi par Mesarović et Takahara⁶, le mathématicien remarqua en effet que la « systémologie théorique fondamentale » ne saurait se limiter à être un « schème de définitions et de classifications », car la taxonomie n'est « pas le but d'une théorie, mais seulement un pré-requis de la poursuite d'un objectif théorique ». L'unique critère de jugement de la qualité d'une classification des systèmes était d'ailleurs à ses yeux « sa capacité à produire des concepts à partir desquels une théorie (au sens étroit du terme) de grande portée peut être construite ». Illustrant sa réflexion par l'exemple de la théorie des jeux, dont les résultats sont en eux-mêmes trop abstraits pour être directement applicables à des situations réelles, Rapoport souligna que la « systémologie théorique fondamentale » a pour vocation d'« élargir le répertoire conceptuel » des « sciences du réel » et d'être « une source d'idées génératrices de nouvelles hypothèses », par là-même susceptible de « fournir des dividendes par la suite »⁷. Tout en réintégrant dans le champ scientifique des problèmes auparavant tenus pour métaphysiques, elle serait ainsi destinée à préparer le terrain de modélisations théoriques spécifiques dans les « sciences du réel » confrontées à la « complexité organisée », où les cadres théoriques font encore défaut. A. Wayne Wymore, qui fut un contributeur majeur à la théorisation mathématique de « systèmes généraux », insista pour sa part sur cette fonction de matrice de la théorisation systémique en écrivant que la « théorie des systèmes généraux » vise à « fournir un toit sous lequel les problèmes de l'ingénierie des systèmes peuvent être attaqués », et que sa propre approche de cette « théorie » était constamment « motivée par la nécessité de créer des outils intellectuels utiles pour modéliser les phénomènes réels »⁸. L'originalité de cette conception par rapport aux conceptions « orthodoxes » (notamment positivistes) de la théorie, qui fut notamment préparée par Poincaré⁹, est que le travail théorique ne se trouve plus ici focalisé sur l'organisation d'hypothèses empiriquement interprétables et sur leur mise à l'épreuve expérimentale, mais sur une systématisation d'analogies structurales entre modèles existants devant servir de principe à l'« élargissement » des concepts et à l'élaboration de nouveaux modèles théoriques : l'analogie devient dans le cadre « systémologique » constitutive de la connaissance théorique, en ce qu'elle doit permettre d'établir *a priori* des relations encore empiriquement inconnues entre certaines variables.

¹ Rapoport A. (1973c), pp. 440-441. Voir aussi (1972a), pp. 50-62.

² Voir par exemple aussi Ropohl G. (1978), pp. 33-37.

³ Bertalanffy L. von (1956c), p. 5.

⁴ Boulding K.E. (1962), p. 2. Voir aussi (1964), p. 37 : « L'affaire de la science est de détecter des similitudes parmi les différences, et des différences parmi les similitudes ».

⁵ Bertalanffy L. von (1950b), p. 142 ; (1951b), p. 339 ; (1955a), pp. 75-76 ; en encore dans (1962a), p. 2 ; (1965b), p. 294 ; (1965c), p. 1099.

⁶ Mesarović M.D. & Takahara Y. (1975), p. 2.

⁷ Rapoport A. (1972a), pp. 44-45 et p. 72. Voir aussi (1975), p. 58.

⁸ Wymore A.W. (1972), p. 271.

⁹ C'est un point qu'a très bien souligné Müller K. (1996), pp. 227-229.

La quatrième fonction de la « systémologie théorique fondamentale », celle de véhicule de la mathématisation et de la détermination de « lois » dans les domaines où elles manquent, prolonge la précédente. Très peu de réflexions à ce sujet cher à Bertalanffy furent menées à la suite de ce qu'il en avait dit dès les années 1940. Rapoport se limita à réaffirmer cette fonction en insistant sur l'idée que l'impossibilité de formuler maints phénomènes en termes de lois physiques impose aux velléités de mathématisation et aux ambitions nomothétiques un élargissement du spectre des systèmes mathématiques étudiés, la « théorie des systèmes généraux » servant cette fin¹. Les ressources fournies par les développements de domaines tels que la topologie, la théorie des graphes ou celle des jeux apparaissaient de ce point de vue précieuses à Rapoport comme aux autres mathématiciens des « systèmes généraux », conscients comme l'avait très tôt été Bertalanffy que le défi à relever était celui du traitement « exact » de problèmes structuraux, essentiellement qualitatifs. Parmi les cinq fonctions attribuées par Mesarović et Takahara à une « théorie mathématique abstraite des systèmes », on relève ainsi qu'elle devrait être une « théorie des structures traitant les problèmes structuraux des systèmes et leurs propriétés », et « fournir une théorie pour les systèmes réels où des nombres ne peuvent être correctement assignés à des observations, comme en biologie et en sciences sociales », ouvrant ainsi des « perspectives pour une théorie mathématique plus appropriée dans ces domaines »².

Dans la mesure où elle sert la fonction précédente, la « systémologie théorique fondamentale » sert aussi une fonction explicative, à concevoir dans la perspective développée au 2-2-2-7 en connexion avec les réflexions de von Hayek sur la notion d'« explication de principe » – que Bertalanffy invoqua dès leur publication en 1956. Si les diverses « théories de systèmes généraux » telles que les modèles du « système ouvert général » et du « système organisé général » de Bertalanffy, sont bien, comme celui-ci s'était justement efforcé de le démontrer par l'exemple, susceptibles de servir de matrices pour des constructions théoriques d'aspects spécifiques du « réel » énonçant des propositions nomothétiques empiriquement testables, les propositions de la « systémologie théorique fondamentale » ne peuvent en tant que telles avoir valeur de loi au même sens, du fait de leur « hyper-généralité »³ : elles ne formulent aucune prédiction directement, quantitativement et précisément testable, restant en ce sens irréfutables d'un point de vue positiviste. Bertalanffy et Rapoport, qui avaient en particulier toujours à l'esprit la « Cinétique générale » de Lotka, considéraient que ces propositions n'en ont pas moins une précieuse valeur « explicative de principe », *qualitativement* prédictive, du fait qu'elles se rapportent à des problèmes de « complexité organisée » au moins provisoirement rétifs aux connaissances analytiques et quantitatives nécessaires pour élaborer des propositions ayant une force prédictive telle que la physique en donne à voir :

En physique (et, jusqu'à un certain point, dans d'autres domaines comme la biophysique et la génétique), il existe un système hypothético-déductif de lois où peuvent s'insérer les paramètres appropriés ; cela permet d'expliquer et de prévoir des phénomènes empiriques particuliers [...] De nombreux phénomènes biologiques et la plupart des phénomènes de comportement présentent une structure trop complexe et trop obscure pour se prêter à des explications ou prédictions de ce genre. Le mieux que nous puissions faire – tout au moins pour le moment – c'est une « explication sur le plan des principes » (i.e. schématique) [...] La systémologie générale est en mesure d'offrir des « explications schématiques » ; on ne saurait en revanche lui faire grief de ne pas apporter de solution quantitative pour des phénomènes où la complexité des processus et l'absence d'une définition des paramètres appropriés constituent des obstacles insurmontables⁴.

À la question de savoir si la systémologie générale a une valeur explicative lorsque les variables pertinentes ne peuvent être définies quantitativement, comme c'est en général le cas avec les phénomènes psychologiques, je réponds que si la quantification est impossible et même si les composants d'un système sont mal définis, il peut au moins être attendu que certains principes s'appliqueront qualitativement au tout en tant que système : une explication de principe peut au moins être envisagée⁵.

¹ Rapoport A. (1973c), pp. 442-443.

² Mesarović M.D. & Takahara Y. (1989), p. 8. Les trois autres fonctions répertoriées par ces auteurs sont « la révélation de l'essence des divers concepts et propriétés » impliqués dans toute théorie systémique, le fait d'être un « cadre intégrateur pour les diverses théories systémiques spécialisées » et la fonction de « véhicule pour le transfert de connaissances d'un domaine à un autre ».

³ Voir à ce sujet Bunge M. (1974), p. 17 ; Lenk H. (1978), pp. 248-249 ; Müller K. (1996), p. 227.

⁴ Bertalanffy L. von (1956d), pp. 3-4. Voir aussi (1956c), p. 10 et (1957c), p. 10.

⁵ Bertalanffy L. von (1962a), p. 13.

Les propositions de la systémologie générale se rapportent aux communautés formelles ou structurales faisant abstraction de la « nature des éléments et des forces dans le système » sur lesquelles les sciences particulières (et leurs explications) sont focalisées. En d'autres termes, les arguments théorético-systémiques se rapportent à de telles structures générales et n'ont de valeur prédictive que dans la mesure où celles-ci sont concernées. De telles « explications de principe » peuvent avoir une valeur prédictive considérable ; pour des explications spécifiques, l'introduction des conditions particulières à un système est naturellement requise¹.

Rapoport précisa en particulier, citant l'exemple de la démonstration par von Neumann de la capacité d'un automate de se reproduire une fois atteint un certain niveau de complexité :

Il fut conjecturé il y a longtemps par des philosophes que l'accumulation de quantité peut produire un changement qualitatif dans un système. La systémologie générale met clairement en lumière de tels phénomènes. Elle montre comment, lorsque certains paramètres excèdent certaines limites quantitatives, un système peut passer d'un état stable à un état instable, et subir en conséquence un changement qualitatif (devenir un autre système obéissant à des lois différentes)².

Il était parfaitement légitime dans la perspective « systémologique » d'accorder une pleine légitimité scientifique à des modèles substituant à des explications de type nomologique à visée prédictive des explications simplement « plausibles », comme le souligna avec force Rapoport dans certaines réflexions sur la valeur de la théorie des jeux en biologie et en sciences sociales³. Il y avait évidemment là un glissement significatif dans la compréhension du concept de modèle, qui se révèle d'autant plus souple chez les systémiciens si l'on prend aussi en compte leur rapport à la problématique de la simulation, où la *nécessité* même pour le systémicien de délaisser l'objectif d'explication fut assez vite posée – le constructivisme perspectiviste trouvant certainement là son parachèvement, puisque le propre du simulateur est de substituer à l'étude d'observables empiriques une analyse de ses propres constructions⁴. Boulding semble avoir été le premier à apercevoir l'affinité entre le « point de vue systémologique général » et les méthodes de simulation, lorsqu'il remarqua dès 1964 que si les secondes ne sont « pas des enfants » de la première, elles sont « hautement en phase » avec elle⁵. On peut observer Bertalanffy considérer six ans plus tard qu'en raison des considérations précédentes, la « systémologie théorique fondamentale » serait en mesure de fournir une justification épistémologique à ce type novateur de modélisations de plus en plus fréquentes à mesure du perfectionnement des ordinateurs, qui visaient délibérément non plus l'explication (même schématique) de phénomènes, mais leur simple simulation :

Une théorie générale de systèmes isomorphes peut être élaborée, qui se rapporte à leur structure formelle [...] Ceci présente l'avantage remarquable qu'une telle théorie peut décrire et prédire le fonctionnement d'un système même lorsque les composants et processus élémentaires sont inconnus dans leurs détails [...] C'est là-dessus que repose la méthode de la simulation, de nos jours largement utilisée⁶.

L'idée sous-jacente était celle que Mesarović explicita dès 1968 : la simulation informatique pourrait se substituer à l'analyse mathématique de « systèmes généraux » dès lors qu'aucune procédure mathématique n'est disponible pour l'entreprendre, ce qui est le plus souvent rapidement le cas du fait de la complexité des situations étudiées⁷. C'est une idée qui ne tarda pas à s'imposer dans la communauté des systémiciens, au point que Klir put bientôt affirmer :

Bien qu'une réforme des mathématiques pourrait en faire un outil plus adéquat pour la formalisation de la théorie des systèmes généraux, il n'y a aucun espoir de progrès significatif si l'on ne dispose

¹ Bertalanffy L. von (1968a), p. 252. Voir aussi (1972a), p. 31.

² Rapoport A. (1973c), p. 459.

³ Rapoport A. (1975), p. 58 : « La fonction des modèles de théorie des jeux [en biologie et en sciences sociales] se manifeste non dans des prédictions ou observations spécifiques (ce qui constitue la fonction usuelle associée aux modèles mathématiques en sciences physiques), mais plutôt dans des explications plausibles d'une grande variété de phénomènes et comme une source d'idées qui engendre de nouvelles hypothèses ». Voir aussi Slobodkin L.B. (1958), qui décrit comme des « méta-modèles » des modèles tels que celui de Lotka-Volterra dont la fonction est d'améliorer la compréhension de phénomènes sans pour autant fournir de moyens de prédiction empirique.

⁴ Pour une réflexion critique approfondie à ce sujet, voir Müller K. (1996), pp. 233-238.

⁵ Boulding K.E. (1964), p. 35.

⁶ Bertalanffy L. von (1970c), p. 24. Voir aussi Bunge M. (1970) pour une réflexion sur les liens entre isomorphismes et simulation.

⁷ Mesarović M.D. (1968), p. 60 et p. 72.

pas d'ordinateurs puissants équipés de programmes sophistiqués. Le rôle des ordinateurs dans la théorie des systèmes généraux peut difficilement être surestimé. Pour les théoriciens des systèmes, l'ordinateur est un outil aussi fondamental et essentiel que l'est le microscope pour le biologiste¹.

La simulation informatique permet au systémicien de mener à bien des expériences exactement de la même manière que d'autres scientifiques dans leurs laboratoires, bien que les entités expérimentales soient dans ce cas des propriétés structurales abstraites (indépendantes du contexte et libres d'interprétation) plutôt que des propriétés spécifiques du monde réel².

Les objets expérimentaux de la science des systèmes ne sont pas des objets du monde réels, mais plutôt des abstractions que l'on peut rendre réelles sur l'ordinateur³.

La fonction heuristique attribuée à la « systémologie théorique fondamentale » était pour une part connectée à la légitimation des « explications de principe », quand bien même elles se réduisent à des « explications plausibles » : l'idée était en effet que de telles explications peuvent constituer un pas dans la direction d'explications nomologiques. Mais cette fonction heuristique aurait une raison plus profonde. Dans le prolongement de ses premiers écrits, Bertalanffy insista en effet plusieurs fois après 1955 sur la capacité de principe de la « théorie des systèmes généraux » à « rendre d'anciens problèmes accessibles à la recherche scientifique » (tels que celui du comportement finalisé), à en poser de nouveaux et à « ouvrir des perspectives inédites susceptibles d'applications »⁴. Rapoport insista lui aussi maintes fois sur cet aspect. Bien que le niveau d'abstraction d'une théorie d'un « système général » interdise aux conclusions qui en sont tirées d'être directement applicables au « réel », ces conclusions pourraient constituer « d'utiles points de départ pour émettre des hypothèses » concernant certains phénomènes⁵. Rapoport expliqua ainsi au sujet des « systèmes différentiels généraux » :

Il est fréquent que [leurs] propriétés mathématiques suggèrent des propriétés physiques *grossièrement* observées de systèmes matériels correspondants. Des liens *conceptuels* sont alors établis entre nos enquêtes sur la nature des systèmes physiques et les recherches mathématiques, et la théorisation est dirigée vers des canaux dont l'existence aurait sinon pu ne pas être suspectée⁶.

Le mathématicien put dès lors aller jusqu'à écrire :

Les récompenses de l'analyse systémologique générale [*general system analysis*] viennent typiquement sous la forme de nouveaux problèmes plutôt que sous la forme de solutions à d'anciens. Les récompenses n'en sont pas moins réelles, car la formulation de nouveaux problèmes implique un affinement des concepts nouvellement trouvés et une redirection de l'énergie intellectuelle vers des domaines nouveaux, parfois même vierges⁷.

Loin de rester un discours de principe, cette réflexion fut illustrée très « concrètement » par les travaux qu'il avait co-publiés en 1957 au sujet de la validité du « théorème de Prigogine » en thermodynamique des processus irréversibles, auxquels il a été fait allusion au 2-6-2-2. Il avait alors démontré que l'état d'équilibre d'un système électrique ouvert peut bien dans certaines circonstances satisfaire ce théorème (qui stipule que cet état correspond à un minimum de production d'entropie), mais que ce n'est pas nécessairement le cas si le circuit comporte des boucles de rétroaction, tout étant alors fonction de sa topologie. Selon lui, la « systémologie générale » montrait typiquement ici sa faculté d'ouvrir des pistes de recherche :

Cette circonstance fait surgir une question générale qui demeure à ma connaissance sans réponse dans la théorie des systèmes généraux : comment le second principe de la thermodynamique peut-il être généralisé aux systèmes ouverts *comportant des boucles de rétroaction* dans un arrangement topologique arbitraire ?⁸

¹ Klir G.J. (1972), p. 4.

² Klir G.J., in Cavallo R.E. (1979), p. 107.

³ Klir G.J. (1988), p. 156.

⁴ Bertalanffy L. von (1957c), p. 10 ; (1962a), p. 13 et (1967a), p. 71 en particulier.

⁵ Rapoport A. (1960a), p. 154.

⁶ Rapoport A. (1973c), p. 441.

⁷ Rapoport A. (1972a), p. 74.

⁸ *op. cit.*, p. 61.

4-1-3-4 – « *Systèmes généraux* » *ininterprétés*

Il me reste ici, pour achever mon exposé du pôle de la « systémologie théorique fondamentale », à évoquer des exemples caractéristiques de théorisation de « systèmes généraux ». Ces exemples ont été choisis afin de dresser un panorama représentatif des productions, la plupart ayant fait l'objet de publications dans *General systems* ou *Behavioral science*. La sélection a été opérée en ne retenant que des études allant au-delà du seul stade des définitions pour énoncer des principes généraux. Il ne saurait être question ici d'entrer dans leurs détails : il s'agira seulement d'en présenter brièvement l'inspiration et les objectifs. Elles forment un corpus de travaux sur lesquels l'attention d'éventuels futurs historiens de la « systémologie générale » mérite d'être portée.

La liste constituée ici a été scindée en deux parties, conformément à la distinction que j'opère entre deux types de « systèmes généraux » au motif de leurs niveaux différents d'abstraction. Ceux que j'appelle « systèmes généraux ininterprétés », dont il va être question dans cette sous-section, exposent des relations entre des concepts et des variables n'ayant aucune interprétation particulière. Ils sont du fait même de leurs niveaux d'abstraction et de généralité susceptibles d'être interprétés dans de multiples contextes et de se rapporter de la sorte aux maintes disciplines scientifiques correspondantes. Ce sont des modèles purement formels, même si l'on peut y distinguer plusieurs degrés de formalisation – certains étant couchés en langage mathématique ou logico-mathématique, tandis que d'autres manient ces langages avec sobriété voire s'en dispensent. Les « systèmes généraux transdisciplinairement interprétés », considérés dans la sous-section suivante, ont un niveau moindre d'abstraction (même s'ils peuvent être mathématiquement formalisés de manière tout aussi sophistiquée que ceux du premier type) : leurs concepts et variables sont introduits en référence à quelques problématiques issues de plusieurs (en général deux ou trois) champs disciplinaires distincts, de sorte que ces systèmes sont d'emblée et constamment théorisés en connexion avec ces problématiques, avec en vue l'énoncé de principes généraux s'y appliquant.

Un premier exemple de « système général » ininterprété n'ayant recours à aucun formalisme mathématique, incontournable du fait de son caractère emblématique et de son importance dans l'histoire du projet de « systémologie générale », est le modèle du « système organisé général » de Bertalanffy, auquel on peut adjoindre aussi bien celui de l'*org* élaboré par Gerard. Même si ces deux modèles s'enracinent en biologie, une discipline qui met à leur service un réservoir d'illustrations immédiatement convaincantes, on a en effet affaire avec eux à la description parfaitement abstraite d'une entité qui, de part ses échanges de composants avec son environnement, se structure et fonctionne hiérarchiquement, et est capable d'évoluer en s'adaptant à des conditions changeantes. Un autre cas intéressant de « théorie » parfaitement abstraite et transdisciplinaire bien que dépourvue de formalisme mathématique est le « cadre conceptuel et taxonomique » publié en 1970 dans *General systems* par Francisco Sagasti, construit en vue de définir très généralement les concepts référant au comportement adaptatif et de structurer leur mise en œuvre, de classifier les types de comportement adaptatif et de jeter les bases d'une théorie normative de ce dernier¹.

L'esquisse de « théorie générale de la croissance » publiée par Boulding en 1956 constitue un bon exemple de « système général ininterprété » faisant un usage très modéré des mathématiques, limité à l'illustration des formes de croissance discutées (croissance « simple », « populationnelle » ou « structurale »). Boulding développa surtout dans cet essai un concept transdisciplinaire de croissance « structurale », en s'efforçant d'énoncer cinq principes universels s'appliquant à ce type de croissance². Dans le prolongement de cette étude doit être relevée celle que le systémicien écologiste Edward Goldsmith publia en 1971 : elle était vouée à énoncer un certain nombre de principes relatifs aux limites de la croissance de tout système et aux conséquences qu'elles impliquent nécessairement pour sa perpétuation³.

La plupart des « systèmes généraux ininterprétés » eurent une forme mathématique. L'exemple historiquement premier est celui de la « Cinétique générale » de Lotka, et il est certain qu'à la suite de la reprise qu'en fit Bertalanffy, l'analyse *a priori* de systèmes différentiels dont les fonctions inconnues n'ont aucune interprétation particulière a constitué un axe important de la

¹ Sagasti F. (1970).

² Boulding K.E. (1956c). Je renvoie au 3-2-5-5, où il a déjà été question de ces principes.

³ Goldsmith E. (1971).

recherche « systémologique » des années 1950 aux années 1970. Typiques à cet égard sont aussi bien la théorie des « systèmes à état déterminé » d'Ashby que les travaux consacrés par Rapoport (dans le prolongement de la théorie développée à la fin du XIX^e siècle par le mathématicien russe Aleksandr M. Lyapunov) à l'analyse des conditions de stabilité des états stationnaires solutions de systèmes différentiels, qu'ils soient linéaires non homogènes à coefficients constants, linéaires non homogènes à coefficients variables ou même non linéaires – Rapoport cherchant de la sorte à montrer de quelle manière une telle analyse peut « mener à certaines compréhensions théoriques », ainsi que « le rôle de l'analogie mathématique dans la construction de théories »¹. Dans le même esprit se trouvent les études consacrées à la problématique de la stabilité publiées en 1971 et 1973 par Spyros Makridakis dans *General systems*, où furent notamment discutés un cadre analytique pour la détermination de la relation entre la taille et la stabilité d'un système (avec la preuve que pour les systèmes linéaires, la probabilité de stabilité du système décroît exponentiellement en raison du nombre de variables d'état) ; des moyens pour quantifier les facteurs influençant la stabilité ; et les aspects de la stabilité lorsqu'un système est formé au hasard, lorsqu'il se réorganise lui-même, ou lorsqu'il croît et se différencie².

Les considérations sur les systèmes différentiels généraux se rattachent bien sûr à un intérêt marqué pour la théorie des systèmes dynamiques. Une grande partie de la « théorie mathématique des systèmes généraux » de Mesarović et Takahara fut ainsi consacrée à de tels systèmes, avec l'énoncé de multiples définitions ensemblistes très abstraites précisant les concepts et méthodes de représentation associés, ainsi que des théorèmes non moins abstraits relatifs aux questions de stationnarité, de stabilité et de contrôlabilité³. D'autres études méritent d'être évoquées parce que leur perspective sur les systèmes dynamiques était particulièrement originale et typique des préoccupations « systémologiques ». Il en va ainsi de celle que Rosen publia en 1968 qui, partant d'une définition précise de l'analogie entre systèmes dynamiques en termes d'ensembles et de familles d'applications paramétrées par le temps entre des espaces d'états, établit l'existence de « systèmes universels » au sens où ils contiennent des sous-systèmes analogues à n'importe quel système dynamique⁴. Hans W. Gottinger publia pour sa part en 1977 dans *General systems* une « théorie algébrique de la complexité dans les systèmes dynamiques » qui, tout en reprenant initialement le cadre formel introduit par Mesarović et Takahara, eut l'idée inédite d'investir les théories des groupes, des anneaux et des idéaux pour, au moyen de ces outils, définir la complexité d'un système dynamique et en établir certaines propriétés fondamentales⁵. La théorie purement mathématique de la stabilité structurelle publiée par Thom en 1972, dont le point d'orgue était une typologie des « catastrophes élémentaires » (i.e. une classification des types de points structurellement instables d'un espace de phase, tels qu'une trajectoire y passant implique un changement discontinu de comportement du système), peut quant à elle être vue comme l'une des contributions les plus abouties à la « systémologie théorique fondamentale ». Elle fut en tout état de cause interprétée comme telle : d'une part du fait que Thom, tout en se référant dans ses écrits à certaines grandes figures historiques de la pensée systémique (telles que von Uexküll et Waddington), fut très tôt en relation avec les principaux systémiciens français contemporains tels que Delattre et avec le groupe *Systema* ; et d'autre part parce que plusieurs publications exposant sa théorie et ses applications potentielles furent publiées en 1978 et 1979 dans *General systems* et *Behavioral science*, qui tendirent de la sorte à l'introniser en tant que tête de proue des études « théorético-systèmeologiques »⁶.

Un autre groupe significatif de « théories de systèmes généraux ininterprétés » concerne le problème de l'organisation hiérarchique. Ce problème fit d'ailleurs l'objet d'un colloque fin 1968 en Californie, auquel participèrent Gerard, Rosen, Mesarović et Bunge⁷. La plupart des travaux à ce sujet n'étaient pas mathématiques. Les plus représentatifs du genre sont probablement ceux que Platt publia

¹ Rapoport A. (1972a), pp. 50-54 ; (1973c), pp. 441-443 ; (1986), pp. 38-77.

² Makridakis S. & Weintraub E.R. (1971) et Makridakis S. & Faucheux C. (1973).

³ Mesarović M.D. & Takahara Y. (1975). Voir notamment p. 21 pour une définition d'un système dynamique en termes de produit cartésien d'ensembles et d'une paire de familles d'applications paramétrées (par le temps) (fonctions de réponse et fonctions de transition entre états).

⁴ Rosen R. (1968a).

⁵ Gottinger H.W. (1977).

⁶ Voir *Behavioral science*, vol. 23, n°5, September 1978 (entièrement consacré à la « théorie des catastrophes » et à ses potentielles applications dans les sciences du comportement et les sciences de la vie) ; ainsi que Golubitsky M. (1978, 1979), qui exposa dans *General systems* l'ensemble des fondements de la théorie de Thom et en présenta diverses applications. Voir aussi Rosen R. (1978), pp. 503-504.

⁷ Whyte L.L., Wilson A.G. & Wilson D. (1969). Voir Wilson D. (1969) pour une bibliographie contemporaine des travaux sur le sujet.

en 1968 et 1970, qui énonçaient des « théorèmes » généraux concernant les frontières des systèmes hiérarchiques et leurs capacités de restructuration spontanée¹. Incontournable est néanmoins la théorie des « systèmes hiérarchiques à niveaux multiples » que Mesarović et D. Macko publièrent en 1970 avec Takahara² : non seulement parce qu'elle constitua à l'époque la seule théorie mathématique de l'organisation hiérarchique (les travaux logico-mathématiques de Bunge ne dépassant pas le stade des définitions³), mais aussi parce qu'elle fut le fondement du « modèle-monde » sur les limites de la croissance que Mesarović remit au Club de Rome en 1974. Cette théorie était en fait rattachable à la « recherche opérationnelle », puisque destinée à être interprétable de manière spécifique pour appréhender n'importe quelle situation nécessitant des prises de décision dans des contextes impliquant une grande multiplicité d'acteurs et de problèmes organisationnels. En assimilant toute prise de décision à la résolution d'un problème mathématique d'optimisation, elle formalisait les procédures de prise de décision idéales dans le contexte d'une organisation hiérarchique, en s'intéressant à la question de la décomposition des problèmes en sous-problèmes adaptés à des niveaux spécifiques de prise de décision et en attribuant aux niveaux supérieurs de la hiérarchie la fonction de coordonner ces décisions partielles prises aux niveaux inférieurs en vue d'une résolution globale de l'ensemble des problèmes auquel le système hiérarchique est confronté.

Je mentionnerai enfin ici la théorie des « automates finis » (ou encore des « machines séquentielles »), développée au cours des années 1960 par des auteurs comme Taylor L. Booth, Arthur Gill, Michael A. Harrison et Juris Hartmanis dans le prolongement des travaux pionniers de Turing, von Neumann, Shannon et Edward F. Moore : elle fut considérée – notamment par Klir et Rosen⁴ – comme l'une des contributions les plus significatives à la « systémologie théorique fondamentale ». La théorie des « automates à état fini » (avec une variante déterministe et une variante probabiliste), qui ne se distingue pour l'essentiel de la théorie des « systèmes à état déterminé » d'Ashby que par le fait qu'elle traite de systèmes discrets, en constituait le domaine principal incluant en particulier la théorie des « automates à mémoire finie »⁵. La théorie dite « abstraite » des automates finis était orientée vers des problèmes tels que l'étude de ce que Klir appelait la structure *ST* de transition des états pour un comportement donné, la spécification d'états internes équivalents, ou le problème de la boîte noire. La théorie dite « structurale » des automates finis traitait plutôt des problèmes axés sur ce que Klir appelait la structure *UC* (définie au C-1-3-2), tels que les questions de savoir comment un automate donné peut être composé au moyen d'un ensemble donné d'automates plus simples, ou comment une structure *UC* donnée peut être simplifiée.

4-1-3-5 – « Systèmes généraux » transdisciplinairement interprétés

J'en viens maintenant aux « systèmes généraux » que je qualifie de « transdisciplinairement interprétés ». Le plus fameux d'entre eux est certainement la « théorie des systèmes comportementaux » de Miller. Rappelons qu'elle représentait l'ensemble du monde vivant comme structuré en sept niveaux d'organisation où dix-neuf mêmes types de sous-systèmes seraient nécessairement constitutifs de tout système ; et qu'elle énonçait cent soixante treize « hypothèses trans-niveaux » prétendument applicables à au moins deux d'entre ces niveaux d'organisation. Néanmoins, la trame conceptuelle en était physicaliste, focalisée sur les transferts de matière et d'énergie ; de sorte que les « hypothèses systémiques générales » de Miller, qui constituaient essentiellement des généralisations inductives à partir de la considération des niveaux biologiques d'organisation, ne s'appliquaient par-delà ces niveaux qu'au prix d'extensions métaphoriques très contestées. Du point de vue de la distinction avec un « système général ininterprété », celui-ci est exemplaire en ce que sa transdisciplinarité pourtant revendiquée comme très vaste (de la biologie

¹ Platt J. (1970) et (1968) in Whyte L.L. & al.

² Mesarović M.D. & Macko D. (1968) et Mesarović M.D., Macko D. & Takahara Y. (1970). Sur cette théorie des systèmes hiérarchiques à niveaux multiples (ou « multi-échelons »), voir aussi Eugene J. (1981), pp. 86-94 et pp. 203-219.

³ Bunge M. (1968), in Whyte L.L. & al et surtout (1979b), pp. 4-36.

⁴ Klir G.J. (1969), pp. 99-100 ; Rosen R. (1978), pp. 497-498.

⁵ Un automate à état fini est un système discret caractérisé par la donnée d'ensembles finis d'intrants et d'extrants, d'un ensemble fini d'états internes et d'une paire de familles paramétrées de systèmes d'équations du type $y_i = f_i(x_i; z_i)$ et $z_{i+1} = g_i(x_i; z_i)$, où les x_i , y_i et z_i sont respectivement l'intrant, l'extrant et l'état interne du système à l'instant t_i . Un automate à mémoire finie est un système discret caractérisé par la donnée d'ensembles finis d'intrants et d'extrants et d'une famille paramétrée d'équations exprimant que l'extrant y_i à l'instant t_i est déterminé par l'intrant x_i et par certains intrants et extrants passés ; ici, la description ne prend pas en compte les états.

cellulaire à la macrosociologie humaine et à la politique internationale) était drastiquement limitée par l'interprétation spécifique de ses concepts centraux¹.

Typique de l'esprit « systémologique » est également l'étude systématique des similitudes et des différences entre évolutions biologique et culturelle que Gerard, Kluckhohn et Rapoport publièrent en 1956 dans le premier numéro de *Behavioral science*. En examinant chacun des concepts associés à des problématiques d'évolution tant dans les disciplines biologiques qu'en sciences sociales, cette étude aboutit à des tables de correspondances analogiques permettant d'envisager une généralisation de chacun des concepts examinés et supposées justifier la valeur au moins heuristique de certaines transpositions analogiques de principes biologiques à des problèmes se posant dans des domaines tels que l'anthropologie culturelle et la linguistique². La même ambition se retrouve dans une série d'études publiées entre 1958 et 1962 dans *General systems*, vouée elle aussi à dégager des champs de la biologie et des « sciences du comportement » des concepts et principes évolutionnaires communs³.

Plusieurs autres articles publiés dans la littérature systémique des années 1950 et 1960 se placèrent dans la même optique illustrant parfaitement la compréhension du « système général » comme « représentant canonique » d'une classe d'équivalence de schèmes conceptuels, dont la conception se rapportait toutefois à quelques champs disciplinaires bien déterminés. En 1956 fut par exemple reproduit dans *General systems* un article sur le « parallélisme entre apprentissage et évolution [biologique] » qu'avait publié cinq ans plus tôt le zoologiste anglais John W.S. Pringle⁴. Ce dernier y cherchait en premier lieu à formuler en termes très généraux les caractéristiques du processus d'apprentissage chez les animaux, la plus générale étant un accroissement de complexité (définie dans les termes de la théorie de l'information) du comportement qui en résulte. Il considéra ensuite le phénomène de synchronisation d'oscillateurs électriques en montrant qu'il peut mener, dans une population d'oscillateurs, à un accroissement « évolutionnaire » de complexité des rythmes d'oscillation analogue à la complexité que l'évolution organique donne à voir. Il élaborait alors un modèle de synchronisation d'oscillateurs abstraits prenant en compte les traits connus de la physiologie du système nerveux central des animaux, dont les propriétés sont analogues à celles que manifeste l'opération du principe de sélection naturelle sur des variations génétiques. Pringle établit que les types d'apprentissage peuvent être mis en correspondance avec les propriétés de ce modèle, et que celui-ci permet une explication de principe de phénomènes tels que l'habitude, le réflexe conditionné et la mémorisation de stimuli.

Un autre exemple caractéristique est fourni par la conférence, en tant que président, de John H. Milsum au colloque annuel de la S.G.S.R. de 1967 : il s'y efforça de dégager un certain nombre de grandes problématiques concernant aussi bien la « géosphère » et la « biosphère » que la « technosphère » et la « sociosphère », puis une liste de concepts et de principes assez généraux pour s'appliquer à la modélisation des systèmes dans chacune de ces « sphères », avec une attention particulière portée à l'optimisation de leur fonctionnement⁵.

Le plus emblématique des travaux de théorisation de « systèmes généraux » transdisciplinairement interprétés reste toutefois certainement la série d'études publiées dans *General systems* entre 1960 et 1966 par le psychologue (mais initialement météorologue) John W. Thompson⁶. Directement inspiré par Bertalanffy dès son premier article, il considérait comme « salutaire » pour la psychologie de prendre pour point de départ les tendances au déséquilibre et attira l'attention sur la pertinence du principe de « causalité d'impulsion », qui était déjà établie en météorologie. Thompson entreprit une étude des similitudes entre d'une part le traitement par les psychologues de l'apprentissage et du comportement intelligent, et d'autre part le traitement par les météorologues de la stabilité hydrostatique. Il suggéra que la notion météorologique de « discontinuité frontale » pourrait être pertinente en psychologie et en sciences sociales. Dans l'article qu'il publia l'année suivante, Thompson s'appuya là encore sur Bertalanffy en pointant les analogies « organismiques » en météorologie tels que le cycle de vie des dépressions, la possibilité de concevoir les systèmes

¹ Voir les débats au sujet de la théorie de Miller dans *Behavioral sciences*, vol. 25, n°1, January 1980 ; en particulier Rapoport A. (1980).

² Gerard R.W., Kluckhohn C. & Rapoport A. (1956).

³ Russell W.M.S. (1958), (1959), (1961) et (1962).

⁴ Pringle J.W.S. (1951, 1956).

⁵ Milsum J.H. (1968).

⁶ Thompson J.W. (1960), (1961), (1962), (1963), (1964), (1965) et (1966).

atmosphériques comme des systèmes ouverts, le fait que ces systèmes soient capables de régulation et de régénération, l'existence d'un analogue météorologique du concept de cellule, ou encore la compétition ou la coopération entre systèmes atmosphériques. En 1962, il exposa un modèle météorologique de l'instabilité applicable en psychologie sociale et en économie (qui transposait une procédure de prévision du temps à l'étude des dynamiques sociales), tout en remarquant que le développement des sciences sociales pourrait se révéler précieux pour les progrès de la météorologie. Dans son article de 1963, le plus long et le plus élaboré, il poursuivit dans cette voie en discutant l'applicabilité simultanée de certains concepts à la météorologie et aux sciences sociales : outre ceux de système ouvert et de « causalité d'impulsion », il s'agissait de ceux de « facteur dominant », d'homéostasie, d'équifinalité, de « pente frontale » [*frontal slope*] et de « jet stream »¹. Thompson y faisait aussi des suggestions pour l'échange de techniques de prédictions entre météorologues et sociologues. En 1964, il insista cette fois sur l'idée que la météorologie, en adoptant l'approche « organismique », pourrait bénéficier des méthodes des sciences sociales ; il y montra principalement la possibilité de transférer vers la première les méthodes d'analyse factorielle de données sociométriques. En 1965, Thompson développa l'idée que la manière dont les sauts de pression, les discontinuités frontales et les « jet-streams » météorologiques facilitent la diffusion, l'intensification et le terme des changements de temps, présente des similitudes profondes avec la diffusion du comportement et des idées dans la communication humaine ; et il appela les météorologues et les sociologues à échanger leurs méthodes et à diversifier leurs notions en se tournant vers la biologie et la linguistique. Enfin, son dernier article développa de nouvelles analogies « météorologico-sociologiques » centrées sur le concept de « jet-stream ». En définitive, l'ensemble de ses travaux exposait un « système général » interconnectant météorologie, biologie et « sciences sociales » par la mise en évidence de problématiques, de concepts et de principes transdisciplinaires s'y appliquant.

Les « systèmes généraux » précédemment évoqués avaient en commun une absence totale (ou quasi-totale, c'est-à-dire limitée à un rôle illustratif) de formalismes mathématiques. Mais tel ne fut pas toujours le cas. Dans leur travail commun entrepris en 1955 au C.A.S.B.S. et publié dans le premier volume de *General systems*, Bertalanffy et Naroll cherchèrent ainsi à généraliser les réflexions qu'avait menées le premier entre 1937 et 1942 au sujet de la large applicabilité en biologie de l'équation allométrique, en faisant de celle-ci un « système général » de la croissance relative, tout en restreignant néanmoins leurs considérations et leur interprétation des variables impliquées dans l'équation aux domaines biologiques et sociologiques. Les deux auteurs justifèrent leur approche en mettant en correspondance les utilisations d'équations allométriques en biologie (en physiologie du métabolisme et de la croissance, en biochimie et en théorie de l'évolution phylogénétique) et leurs utilisations plus récentes pour le traitement de problématiques sociologiques². À l'étude allométrique de la distribution des revenus par Pareto en 1897, venaient en effet de s'ajouter : (1) la démonstration par George K. Zipf, en 1949, d'une relation allométrique entre la population d'une ville et le nombre d'entreprises manufacturières et de service s'y trouvant ; (2) la preuve par Rutledge Vining, en 1955, de la validité d'une telle relation concernant cette fois les campagnes, entre leur densité de population et leur distance à la métropole la plus proche ; et (3) une étude publiée par Naroll en 1955 qui, à partir d'une analyse des données ethnographiques concernant vingt-quatre tribus, avait établi des relations allométriques entre trois variables, qui tendaient à confirmer les vues d'Adam Smith sur le lien entre urbanisation et division du travail : la taille de la plus grande colonie dans une tribu donnée, le nombre de métiers et le nombre de types d'organisations. Naroll en avait déduit la construction d'un indice quantitatif de développement social prenant en compte ces trois variables³.

Un autre exemple mathématiquement beaucoup plus sophistiqué est la « théorie des ensembles organismiques » que Rashevsky élabora en 1967 et 1968. Le physico-mathématicien avait réorienté ses travaux à partir du milieu des années 1950 en direction de la construction d'une biologie mathématique non physicaliste, qui ne s'inspirait plus de la physique que pour s'engager dans un processus de « géométrisation » similaire⁴, mais avec une géométrie adaptée : la topologie, comprise

¹ En météorologie, le « jet stream » est un flux d'air très rapide et d'épaisseur relativement mince existant dans les couches médianes de l'atmosphère. La « pente frontale » désigne le front de deux masses d'air, qui n'est pas un plan vertical mais tend à ressembler à un escalier.

² Bertalanffy L. von (1956b). Le modèle « allométrique » de distribution démographique qu'ils dérivèrent sera étudié au 4-1-4-2.

³ Zipf G.K. (1949) ; Vining R. (1955) et Naroll R.S. (1955).

⁴ Rashevsky N. (1954) ; (1956) ; (1958) et (1938, 1948, 1960), pp. 306-436 ; il s'inspirait d'Hermann Minskowski. Sur le processus de géométrisation de la physique, voir Lochak G. (1994).

dans la lignée leibnizienne comme une « géométrie des relations » – et dont le grand intérêt *a priori* pour la théorisation des « systèmes généraux » fit plus largement l'objet de plusieurs réflexions¹ au début des années 1970. Rashevsky, qui reconnut s'inspirer de Woodger², indiqua dès 1954 sa volonté de construire une « biologie relationnelle » permettant de substituer aux discussions du concept jugé « vague » d'organisation l'étude des propriétés topologiques de graphes orientés représentatifs des relations entre fonctions biologiques dans les organismes vivants. Il se consacra à cette tâche, bientôt rejoint par son élève Rosen – celui-ci se concentrant toutefois plutôt sur une cytologie relationnelle fondée sur l'élaboration d'un « système général » consistant en un « prototype de système métabolisant »³. Le principe fondamental de la « biologie relationnelle », appelé « principe de l'application bio-topologique » [*biotopological mapping*], était qu'il existe un petit nombre d'organismes « primordiaux » caractérisés par leur graphe, les graphes de tous les autres organismes pouvant s'obtenir à partir de l'un de ces graphes primordiaux au moyen d'un homomorphisme, une application préservant la structure du graphe. L'idée en fin de compte très « goethéenne » (à l'esprit mathématique près...) était de pouvoir parvenir au moyen de l'étude des propriétés topologiques de ces graphes primordiaux à découvrir de nouvelles propriétés biologiques des organismes multicellulaires ; si Rashevsky démontra de multiples théorèmes non triviaux biologiquement pertinents, le fait est toutefois qu'ils ne faisaient guère que retrouver par une voie formelle des résultats empiriques déjà acquis. Ce qui importe ici est que non seulement l'objectif ultime de la « biologie relationnelle » était d'appréhender les aspects holistiques des organismes et l'unité du monde organique au moyen de « systèmes généraux » mathématiques, mais aussi que Rashevsky envisagea dès 1954 un homologue de son principe fondamental : le « principe de l'application socio-topologique », selon lequel toutes les relations possibles entre individus et groupes sociaux pourraient de manière similaire être représentées par des graphes constituant des transformations du graphe biologique de l'individu. La combinaison de ces deux principes devait selon lui « donner une vision unitaire complète du monde biologique et social »⁴. C'est cette idée qu'il approfondit une douzaine d'années plus tard dans sa « théorie des ensembles organismiques », fondée sur la conviction que « puisque beaucoup de similitudes relationnelles existent entre biologie et sociologie, une superstructure conceptuelle doit être possible, à partir de laquelle sont dérivables les propriétés générales des organismes biologiques et des sociétés »⁵. Rashevsky définissait un « ensemble organismique » comme la réunion de trois sous-ensembles deux à deux disjoints : celui des éléments dont toutes les activités sont essentielles pour l'existence de l'ensemble ; celui des éléments non absolument nécessaires à son existence mais qui lui permettent de se développer et de gagner en adaptabilité ; et celui des éléments dépourvus de pertinence pour son existence. Tout en structurant cet ensemble, il définit la probabilité de survie d'un « ensemble organismique », une mesure de son « degré de spécialisation » et deux types de spécialisation. Puis il démontra plusieurs théorèmes relatifs à celle-ci⁶. Bien que son âge avancé ait limité les développements que Rashevsky fit de cette « théorie », elle constitue dans son principe le type même de « système général » transdisciplinairement interprété mathématiquement formalisé. Notons qu'elle fut réinterprétée dès 1968 dans le cadre plus général d'une théorie des « supercatégories organismiques » (dont les objets sont des « ensembles organismiques ») qui s'appuyait sur Rashevsky et Rosen pour représenter tout système biologique dans le cadre formel de la théorie mathématique des catégories⁷.

¹ Voir surtout Cornacchio J.V. (1972), pp. 304-305 ; Hammer P.C. (1972), pp. 410-411 ; et Kohout L. (1975).

² Rashevsky N. (1938, 1948, 1960), p. 342.

³ Rosen R. (1958a). Voir aussi Rosen R. (1978), pp. 505-506.

⁴ Rashevsky N. (1954), p. 340.

⁵ Rashevsky N. (1968), p. 163.

⁶ *op. cit.*, pp. 168-169. À savoir : (1) Dans certaines conditions assez générales, des éléments pouvant former un ensemble organismique mais qui sont complètement spécialisés (ou, pour parler biologiquement, différenciés) ne s'agrègeront pas spontanément : un ensemble organismique ne peut pas se former spontanément ; (2) Dans un ensemble organismique d'ordre différent de 0, il est impossible que tous les éléments soient complètement spécialisés (les éléments d'un ensemble organismique d'ordre naturel n étant eux-mêmes des ensembles organismiques d'ordre $(n - 1)$) ; (3) Tout ensemble organismique spécialisé est mortel et porte en lui-même les causes de son déclin.

⁷ Baianu I. & Marinescu M. (1968). Cette théorie, qui caractérisait tout système biologique comme une « supercatégorie avec rétroaction » fut développée entre 1968 et 1971. Une « supercatégorie » est la donnée d'une classe d'objets et d'une classe de morphismes telles que pour deux objets quelconques, il existe une classe de morphismes qui connecte ces objets ; et qu'il existe une loi de composition associant à tout n -uplet de morphismes un autre m -uplet de morphismes satisfaisant un ensemble déterminé de règles concernant la composition itérée.

4-1-4 – *Le pôle de la « systémologie théorique appliquée »*

Ni la raison d'être, ni l'existence même de la « systémologie théorique fondamentale » ne sauraient subsister sans un contact avec les « sciences du réel ». Ce contact, indirect, lui est fourni par la « systémologie théorique appliquée », qui lui fournit la matière nécessaire à la construction de « systèmes généraux » ; lesquels sont, au moins dans l'idéal visé par les théoriciens de ces derniers, destinés à structurer les constructions de modèles théoriques de phénomènes spécifiques. La « systémologie théorique appliquée » est le pôle de la « systémologie générale » consacré à ces constructions. Son importance tient à ce qu'elle seule est à même de permettre à la « systémologie générale » de gagner ses légitimités scientifique et philosophique, de la même manière que seuls les succès effectifs engrangés par Bertalanffy dans son traitement théorique de problèmes biologiques spécifiques avaient pu assurer ces légitimités à sa « systémologie biologique » dans les années 1930.

Je vais ici dans un premier temps repérer dans les réflexions de certains des principaux systémiciens les éléments clefs me permettant de construire un schéma du fonctionnement de principe de la « systémologie théorique appliquée ». Puis, comme pour son homologue « fondamentale », je dresserai une liste d'exemples que j'estime particulièrement représentatifs de ce fonctionnement.

4-1-4-1 – *Entre théories de « systèmes généraux » et modélisations systémiques spécifiques : schéma de la procédure d'application « théorético-systèmeologique »*

Mesarović est le premier, en 1968, à avoir cherché à expliciter sa conception relative au sujet qui nous occupe ici, lorsqu'il précisa sa compréhension de la procédure de construction de modèles systémiques en biologie. En cohérence avec sa conception de la méthodologie de la théorisation des « systèmes généraux », il la décrit comme un processus à trois étapes : (1) la construction abstractive d'un système S d'un phénomène (biologique), que Mesarović identifiait à un modèle mathématique formalisant des relations entre les attributs du phénomène retenus pour son étude ; (2) l'étude des propriétés du système formel ainsi construit au moyen de méthodes déductives ou, à défaut, de simulations ; (3) l'interprétation des propriétés du système ainsi connues dans le contexte du phénomène en question. Mesarović précisa qu'il comprenait ce processus comme récursif plutôt que comme séquentiel : d'abord parce qu'on n'est en général intéressé que par certaines propriétés du phénomène à modéliser et que les attributs sélectionnés pour la construction du système formel le sont de telle sorte que ces propriétés puissent être étudiées de manière significative ; ensuite parce que l'on construit le système formel de telle sorte que l'étude de ses propres propriétés soit facilitée : la procédure requiert en pratique beaucoup de changements dans les hypothèses fondamentales et le choix final de la représentation systémique jugée la meilleure est déterminé tant par les conditions expérimentales que par la disponibilité de résultats théorético-systèmeologiques permettant d'étudier les propriétés du système¹. Mesarović semble avoir situé les rôles de la « théorie des systèmes généraux » aux trois étapes du processus ; il décrit en ces termes sa fonction de guide de la modélisation systémique : « être un premier pas vers une représentation plus détaillée du système biologique réel » qui utilise la structure mathématique la plus faible compatible avec la représentation intuitive qu'on s'en fait initialement, puis « permettre une évaluation réaliste des hypothèses qui devraient être introduites si un modèle mathématique plus structuré doit être utilisé » et, éventuellement, « suggérer de nouvelles expériences afin de décider laquelle des structures mathématiques alternatives plus profondes est la plus compatible avec le système biologique considéré »².

Cette conception de Mesarović manquait de précision : elle ne clarifiait pas les relations entre le modèle du phénomène considéré et le « système général » utilisé pour sa construction ; et elle laissait dans l'ombre le fait que ces deux modèles sont situés à des niveaux différents d'abstraction, de sorte que les procédures pour les interpréter sont différentes. Un travail de réflexion méthodologique beaucoup plus complet fut fourni par Klir et Orchard entre 1968 et 1972. Le premier, qui connaissait très bien dès cette époque les travaux de Mesarović, décrit lui aussi en 1968 « l'application fondamentale de la théorie des systèmes généraux » comme un processus à trois étapes :

¹ Mesarović M.D. (1968), pp. 62-63.

² *op. cit.*, p. 64. Voir aussi p. 80.

En premier lieu, un problème est formulé pour un système particulier utilisant le langage des branches respectives de la science. Ensuite, ce problème est traduit par une application intrante [*input mapping*] dans le langage de la théorie des systèmes généraux [*general systems theory*]. Enfin, tous les résultats obtenus sont interprétés par une application extrante [*output mapping*] dans le langage du système original. Si la théorie des systèmes généraux n'a pas répondu à toutes les questions posées, un travail supplémentaire s'ensuit au sujet du système original¹.

Il faut dans cette description prendre en compte le fait que Klir, beaucoup plus clairement que Mesarović, distinguait l'« objet d'étude » du « système défini sur cet objet » (c'est-à-dire d'un modèle systémique de cet objet). Le principe essentiel de la procédure qu'il décrit est que ce système, en tant que « système source » (défini comme l'ensemble des variables du système et des ensembles d'états associés à ces variables) est construit à la fois par homomorphie² à un « système objet » (i.e. une construction de l'objet que je qualifie de pré-système, définie comme l'ensemble formé d'une sélection d'attributs de l'objet et des « ensembles d'apparences » de chacun de ces attributs), et par isomorphie à un « système général ». Ce point souligné par Le Moigne en 1977 dans sa théorisation de la « systémographie » le fut déjà par Klir deux ans auparavant³. Mais c'est Orchard qui, dès 1972, contribua le plus significativement à la systématisation de ce que Klir appelait la « procédure de définition d'un système sur un objet », alors qu'il s'efforçait de synthétiser et de compléter les travaux de ce dernier. Orchard insista sur les étapes permettant de connecter un problème spécifique à un « système général » en vue de construire un modèle systémique voué à résoudre ce problème :

Une formulation d'un problème est en réalité un point de vue pris par un chercheur concernant un problème. S'il souhaite utiliser une certaine théorie systémique générale, il doit définir un système sur le phénomène sous-jacent (i.e. prendre un point de vue) qui coïncide avec une définition englobée par cette théorie particulière. Il importe de remarquer que le *point de vue* en est un qui considère le problème original dans ses aspects systémiques. Le système qui est éventuellement défini sur lui prend en compte seulement les traits fondamentaux des systèmes qui sont présents dans la collection de définitions systémiques de la théorie générale utilisée ; par conséquent, les résultats de toute recherche menée au moyen de la théorie ne fourniront nécessairement que des informations de nature systémique [...] Une fois le système défini sur le phénomène, des applications ou homomorphismes sont établis entre ce système et le système général fondé sur la même définition. Le système général (avec ces applications) est appelé un modèle du système du chercheur, qui est lui-même un point de vue pris sur l'objet original d'étude⁴.

Il interpréta cette procédure comme celle de la formalisation « exacte » d'un « sentiment de similitude » entre le phénomène étudié et un autre, sentiment sans lequel l'idée même de conceptualiser l'objet d'étude comme un système ne saurait voir le jour :

Le sentiment de similitude est en général une conscience intuitive d'un ou de plusieurs traits systémiques communs à deux phénomènes apparemment sans relation [...] À moins que nous puissions formaliser ce sentiment (d'une analogie faible) pour fournir un isomorphisme fort entre entités spécifiques, tout espoir d'extraire de l'information au moyen de l'analogie est futile. Pour entreprendre la formalisation, nous procédons comme suit :

- (1) Nous établissons (définissons) un système S_1 sur l'objet d'intérêt, en incorporant le (ou les) trait(s) qui semblent être le fondement de l'analogie.
- (2) Nous établissons un système général S_2 sur la base de la même définition ou d'une autre qui prend aussi en compte le (ou les) trait(s) pris en compte.
- (3) Nous définissons une unique transformation T (ensemble d'applications ou homomorphismes) entre certains composants de S_1 et S_2 , son type dépendant du (ou des) trait(s) étudiés.

[...] En résumé, nous commençons avec une similitude intuitive et isolons sa base. Dans la seconde étape, un système abstrait est établi, qui exhibe aussi le ou les trait(s) isolés [...] En réalité, ce qui a été fait est ni plus ni moins que dire qu'un ou plusieurs aspect(s) particulier(s) de l'objet original apparai(ssen)t être de nature systémique (i.e. partagé(s) par une classe d'objets). Nous formulons

¹ Klir G.J. (1968), pp. 18-19 ; voir aussi (1969), p. 95. Les italiques me sont propres.

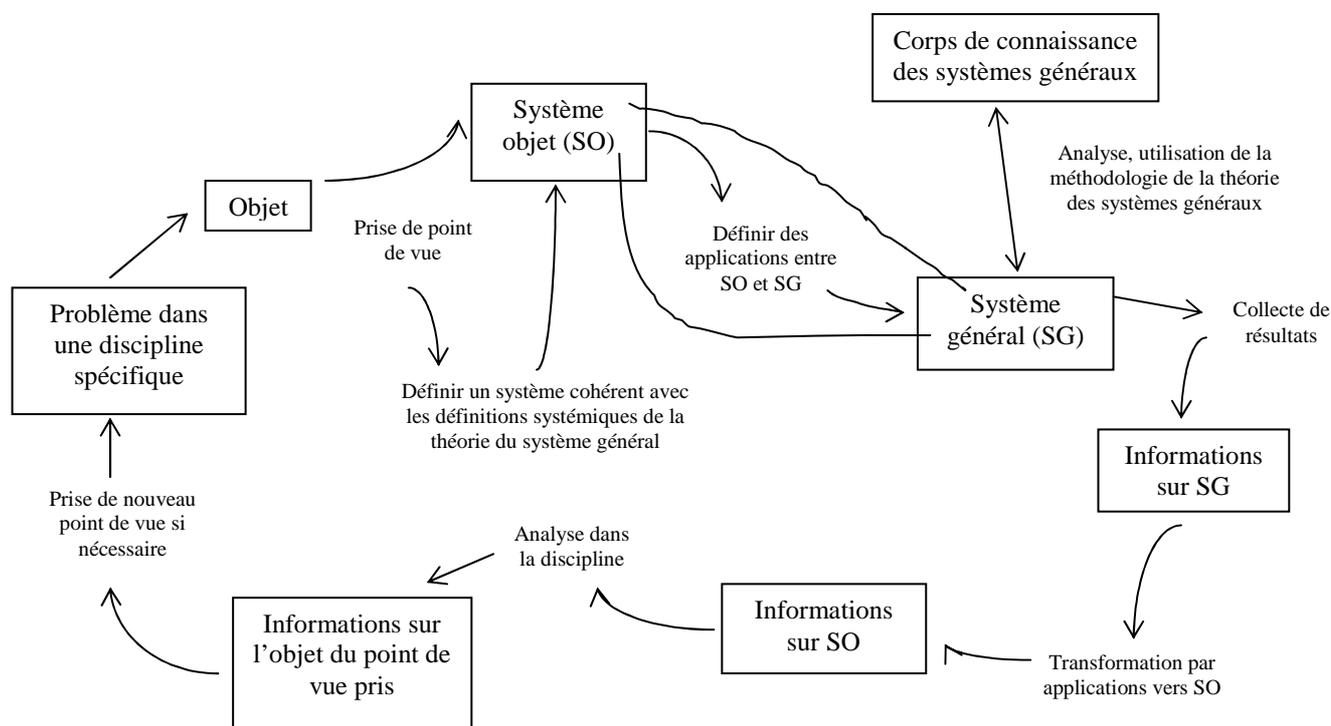
² Contrairement à la notion d'isomorphie, celle d'homomorphie utilisée ici ne réfère pas à une application bijective, mais seulement à une application transportant sur l'ensemble d'arrivée la structure des relations entre les éléments de l'ensemble de départ. Comme Klir l'a bien souligné (dans (1972), p. 2), la relation d'homomorphie se distingue dès lors de celle d'isomorphie en ce qu'elle est certes réflexive et transitive, mais qu'elle n'est pas symétrique.

³ Voir Le Moigne J.L. (1977), pp. 43-55 et Klir G.J. (1975), pp. 151-152.

⁴ Orchard R.A. (1972), p. 210.

ensuite une définition systémique et interrogeons la théorie des systèmes généraux, qui est après tout une théorie de traits largement manifestés, pour obtenir de nouvelles informations concernant les traits d'intérêt. La formulation de l'isomorphisme correspondant à l'analogie est représentée dans la troisième étape. Le système général S_2 et l'ensemble T des applications sont qualifiés de modèle de S_1 [...] La théorie des systèmes généraux nous permet ainsi d'étudier des traits systémiques indépendamment de toute signification contingente [...] Elle se situe à cet égard dans la meilleure tradition mathématique¹.

Le « système général », outil nécessaire à la formalisation d'un « sentiment de similitude », apparaît ici simultanément comme le pivot d'une construction systémique de l'objet conçue là encore comme une procédure récursive. Orchard schématisa celle-ci tout en affirmant décrire par là-même la relation de principe (indirecte) entre la « théorie des systèmes généraux » et les « sciences du réel ». Dans son schéma², reproduit ci-dessous, le concept de « système objet », référant à l'ensemble des traits systémiques de l'objet d'étude, n'avait toutefois pas exactement la même signification que chez Klir – la distinction que celui-ci opéra entre « système source » et « système objet » étant absente :

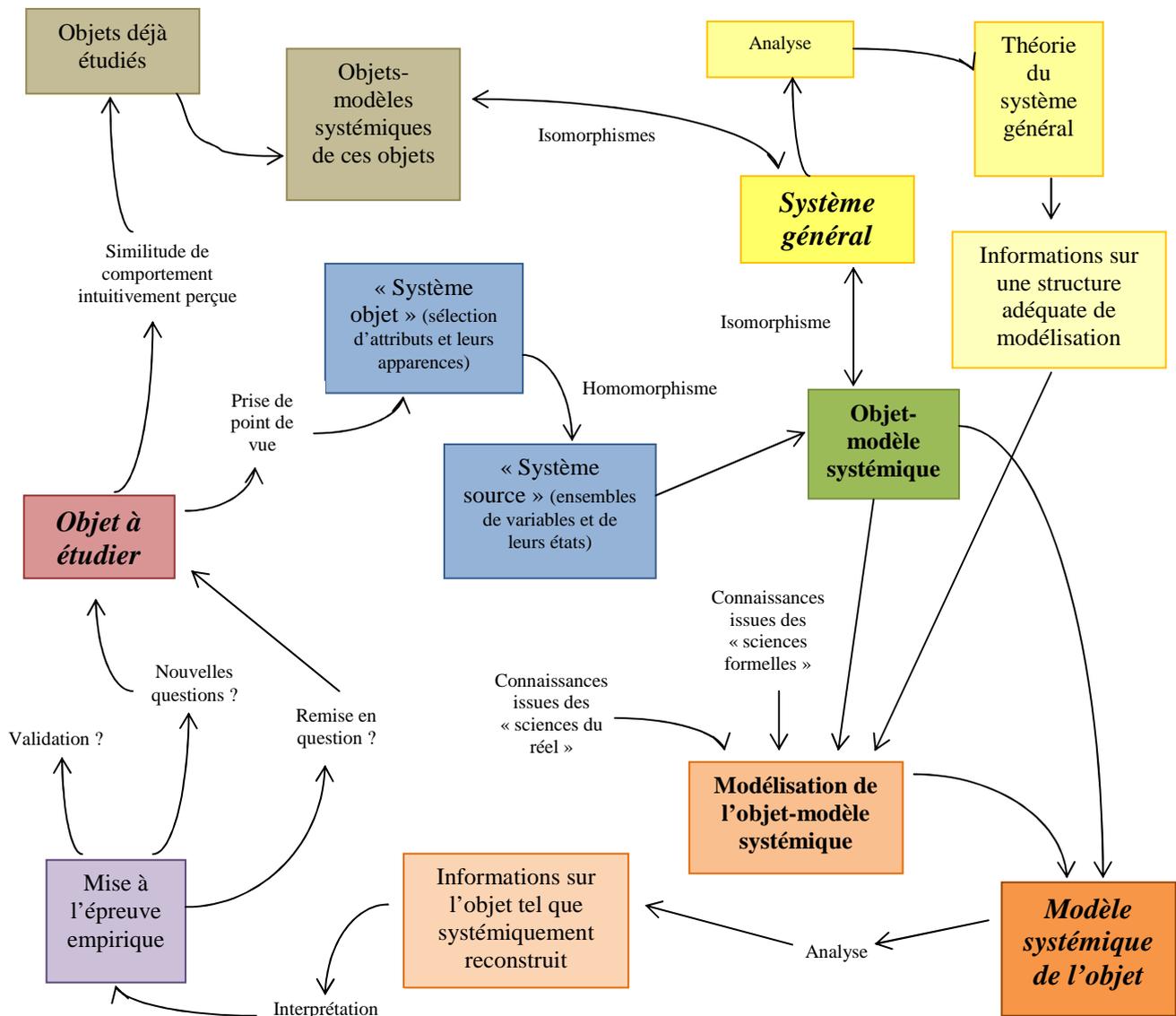


Il me semble non seulement possible, mais utile et même nécessaire de raffiner encore les descriptions de la procédure de construction d'un modèle systémique exposées par Klir et Orchard. La distinction que j'ai opérée dans la seconde partie entre « objet-modèle », modélisation et modèle, dont j'ai illustré la pertinence lorsque j'ai considéré la théorie de la croissance de Bertalanffy, devient ici particulièrement utile. Car ce n'est pas directement le « système source » dont parla Klir que le systémicien modélise par une construction isomorphe au « système général », mais une représentation abstraite liant de manière encore très formelle et non spécifiée les variables sélectionnées : cette représentation est ce que j'appelle l'« objet-modèle systémique » de l'objet d'étude. L'idée de Klir de distinguer entre « système-objet » et « système-source » et de considérer leur relation comme un homomorphisme du premier vers le second me semble par contre plus précise que la conception trop vague qu'Orchard se faisait du premier : le « système-objet » d'Orchard apparaît mêler en un seul trois concepts distincts (les deux distingués par Klir et celui d'« objet modèle systémique »). Il me semble encore nécessaire de préciser que la fonction directe du « système général » concerne la construction de l'objet à modéliser, tandis que celle de la théorie du « système général » concerne la modélisation à

¹ *op. cit.*, pp. 224-225.

² *op. cit.*, p. 211.

proprement parler. C'est d'ailleurs là qu'elle exerce sa fonction de guide logique. Quelques autres précisions, notamment concernant le terme potentiel du processus récursif, me sont également apparues utiles. Enfin, bien que la figure ne le fasse pas apparaître, j'insiste sur le fait que l'éventuelle remise en question du modèle systémique obtenu, si elle concerne en général en premier lieu les spécifications de l'« objet-modèle systémique » impliquées dans sa modélisation, pourra le cas échéant affecter le choix du « système général » lui-même.



Tous les modèles systémiques construits dans le sillage du projet de « systémologie générale » me semblent justiciables de cette procédure. Tel me semble aussi être le cas des constructions de modèles « proie-prédateurs » par Lotka et Volterra. Et en prenant quelques libertés avec la réalité chronologique des travaux de Bertalanffy sans toutefois, bien au contraire, trahir son inspiration, il apparaît possible d'illustrer au mieux le fonctionnement de cette procédure en reformulant dans ses termes la construction du modèle systémique de la croissance animale globale étudiée au 2-5-1. L'objet à étudier est bien sûr ici l'organisme animal en croissance, dont le comportement à cet égard, notamment l'équifinalité apparente du processus, présente des similitudes avec ceux de certains systèmes chimiques ouverts aux échanges de matière avec leur environnement. Ces comportements étant décrits au moyen de systèmes différentiels isomorphes au « système ouvert général » tel que formalisé par Bertalanffy au moyen d'un système d'équations aux dérivées partielles, le choix de guider la construction du modèle de croissance au moyen de ce « système général » apparaît alors

pertinent. Le « système-objet » est dans ce cas défini comme une entité échangeant de la matière avec son environnement, avec des processus d'assimilation et de dissimilation tels que les premiers prédominent. Le « système-source » est ce système tel qu'étudié du point de vue des états d'une seule variable : la masse de l'organisme (la liste des valeurs temporellement paramétrées de la masse de l'organisme étudié constituant l'ensemble des états associés). L'« objet-modèle » de l'organisme en croissance étudié est alors sa représentation encore très formelle et générale par l'équation différentielle exprimant la dérivée temporelle de la masse comme différence entre deux fonctions ayant la masse pour argument et symbolisant les processus métaboliques antagonistes. La théorie du « système ouvert général » peut dans ce cas apporter l'information cruciale selon laquelle l'équifinalité de l'état stationnaire impose à ces deux fonctions de ne pas avoir le temps pour argument explicite. Les connaissances issues de la physiologie du métabolisme combinées à celles du calcul différentiel complètent ensuite cet acquis pour engendrer la famille d'équations de croissance de Bertalanffy. Enfin, l'analyse purement mathématique de ces équations fournit des informations quantitatives et qualitatives interprétables au niveau des organismes concrets étudiés, informations susceptibles de permettre une mise à l'épreuve expérimentale du modèle.

Je termine cette section en évoquant plusieurs modèles typiques, sans les détailler : je me limiterai à mentionner quelques éléments saillants.

4-1-4-2 – *Un modèle « allométrique » de distribution démographique*

Un premier exemple est l'application démographique que Bertalanffy et Naroll firent en 1956 de l'équation « allométrique » qu'ils venaient d'ériger en « système général » de la croissance relative, interprétable en sciences sociales aussi bien qu'en biologie¹. Tandis que de telles applications avaient jusqu'alors été synchroniques, ils firent l'hypothèse qu'une relation allométrique diachronique existe dans les différents pays entre les populations urbaines et rurales. L'origine de cette hypothèse était l'interprétation par Bertalanffy de la croissance relative des organes comme l'expression d'un processus de compétition pour l'appropriation des ressources énergétiques de l'organisme qu'ils composent, et des constantes « allométriques » associées à sa modélisation de cette croissance comme des « constantes de distribution » : l'analogie consistait en fait à se représenter les populations urbaines et rurales comme deux organes de « l'organisme social » dans son ensemble. Dans la mesure où un certain type de relation devait être posé entre les variables retenues dans le « système source » (les effectifs des populations) et où le « système général » retenu à cette fin du fait de l'analogie était le type « allométrique » d'équation, l'« objet modèle systémique » de l'ensemble étudié des populations rurales et urbaines s'identifiait par isomorphisme aussi bien à sa modélisation qu'au « système général » : c'est un cas particulier limite survenant dans la procédure lorsque le « système général » est réduit à un type d'objet mathématique de forme déjà très spécifique (ici la famille des équations différentielles du type $\frac{dy}{dt} / \frac{dx}{dt} = \alpha y/x$). La constante « allométrique » apparaissant dans l'équation qui lie les effectifs des deux types de population devenait interprétable comme l'indicateur d'une « force d'attraction » des villes. L'analyse du modèle obtenu prédisant une relation affine entre les logarithmes des fonctions impliquées dans l'équation « allométrique »², la confrontation empirique consistait simplement à effectuer une étude de régression linéaire par les « moindres carrés » des données de recensement dans chaque pays étudié à différentes années : la « constante allométrique » devait se dévoiler comme le coefficient directeur de la droite de régression.

Bertalanffy et Naroll exhibèrent deux listes de données (concernant la Suisse entre 1850 et 1950 et la Belgique entre 1846 et 1939) qui s'ajustaient impeccablement aux prédictions du modèle. Mais le plus instructif est sans doute qu'ils n'hésitèrent pas à exhiber des données de recensement mettant leur modèle « allométrique » en défaut : leur discussion du sens et de l'intérêt méthodologique de ces apparentes inadéquations est l'une des meilleures illustrations de la fonction heuristique des études « systémologiques ». Le fait est que des discontinuités dans les droites de régression linéaire étaient observables : la croissance apparaissait alors « allométrique », mais seulement « par morceaux ». Bertalanffy et Naroll montrèrent que de telles discontinuités sont des indices de changements réels dans les processus d'urbanisation qui peuvent passer inaperçus sans l'aide du

¹ Bertalanffy L. von (1956b).

² La relation entre x et y est du type $y = kx^\alpha$, et on a donc $\ln(y) = \alpha \ln(x) + \ln(k)$.

modèle, et qu'elles suscitent la recherche de causes (telles que des guerres) expliquant ces changements dans des cadres théoriques purement sociologique, économique, politique ou historique¹ : la force heuristique du modèle mathématique, comme nous avons vu Rapoport le souligner, se révélait ici résider plus encore dans ses « échecs » que dans ses éventuelles adéquations. Bertalanffy était en fin de compte fondé à voir dans ce modèle une bonne illustration de la capacité du cadre « systémologique » à favoriser en sciences sociales une substitution non réductionniste et théoriquement féconde de mesures quantitatives aux « jugements intuitifs usuels »².

4-1-4-3 – *Interprétations du « système organisé général » bertalanffien en psychologie, psychiatrie et sciences sociales*

On doit aussi à Bertalanffy l'un des exemples les plus emblématiques d'application de la « systémologie théorique », avec la transposition aux sciences de l'homme de son modèle général du « système organisé », initialement construit pour embrasser les niveaux biologiques d'organisation. À partir de 1951 et surtout de 1956, une part croissante de ses travaux fut en effet consacrée à la psychologie, à la psychiatrie et à la « culturologie », avec l'objectif d'y démontrer la pertinence et la fécondité de la combinaison, caractéristique de ce modèle, de ses deux schèmes théoriques d'interprétation « organismique » (celui du système ouvert en « équilibre de flux » et celui de hiérarchisation progressive). Au point qu'une majeure partie de ses publications (à l'image de son essai intitulé « Psychologie organismique et systémologie »³) en vinrent à partir de 1965 à être consacrées à ces champs disciplinaires.

En réponse au vif intérêt que manifesta le psychiatre David Krech pour son concept de système ouvert et pour sa compréhension associée du « système dynamique capable de se développer spontanément vers des états d'hétérogénéité et de complexité croissantes »⁴, Bertalanffy écrivit dès 1950 qu'il concevait sa « systémologie générale » comme une « expansion de sa théorie des systèmes ouverts » qui, « précisément à cause de sa généralité, devrait avoir une valeur en psychologie, domaine où la connaissance des bases matérielles des phénomènes est très limitée »⁵ : en fournissant les moyens d'y élaborer des modèles « dynamiques, molaires et formels » (et non « statiques, moléculaires et matériels ») mieux adaptés à leurs objets que les modèles antérieurs (notamment behavioristes ou psychanalytiques)⁶, elle offrirait à la psychologie et à la psychiatrie la possibilité de développements théoriques autonomes à la fois exempts de l'introduction d'entités hypothétiques et préservant la possibilité d'une correspondance non réductionniste, purement formelle (celle d'un isomorphisme de constructions conceptuelles à penser en termes de code), entre processus psychologiques et neurophysiologiques, qui soit en mesure de favoriser une compréhension de l'homme respectant son unité psychophysique⁷. Contrairement à ce que j'ai souligné au 2-6-1-2 à propos de son article de 1940 sur le « système ouvert général », Bertalanffy en vint toutefois dans les années 1950 à expliciter le caractère spéculatif et la visée avant tout heuristique de son approche, liés aux extensions métaphoriques nécessaires pour transposer son concept de système ouvert – il n'était plus question d'échanges matériels ni d'une hiérarchisation structurale et fonctionnelle matérialisable, mais de « transactions » (au sens de Dewey et Bentley) à l'intérieur d'univers symboliques :

¹ *op. cit.*, pp. 86-88.

² Voir par exemple Bertalanffy L. von (1968a), p. 103.

³ Bertalanffy L. von (1968b). Et (1965a) ; (1965c) ; (1966b) ; (1967a) ; (1967b) ; (1967c) ; (1968e) ; (1970a) ; (1971a) ; (1971b) ; (1971c).

⁴ Krech D. (1950b), en particulier p. 352 et p. 360. Voir aussi Krech D. (1950a) et Klein G.S. & Krech D. (1951).

⁵ Lettre de Bertalanffy L. von à Krech D. (15/10/1950), *Archives du B.C.S.S.S.*

⁶ Bertalanffy L. von (1951c).

⁷ Voir notamment Bertalanffy L. von (1964c), p. 12 : « Nous devons postuler un isomorphisme entre les constructions de la psychologie et de la neurophysiologie afin de les relier. C'est à la fois l'hypothèse minimale requise et l'hypothèse maximale permise par la science : l'hypothèse minimale car la neurophysiologie n'aurait aucun sens sans correspondance avec les processus mentaux ; l'hypothèse maximale parce que c'est ce que l'on peut dire de mieux sans métaphysique. Néanmoins, on doit prendre garde à ne pas comprendre cet isomorphisme d'une manière simple et naïve. Il n'implique aucune similitude simple entre les processus psychologiques et cérébraux [...] L'analogie avec les « machines pensantes » moderne est illustrative ici. Par exemple, on peut bien imaginer – et je pense que c'est technologiquement faisable – une machine qui construise des automobiles de manière totalement automatisée. Ceci impliquerait un programme se déroulant par l'intermédiaire d'un ordinateur et d'une série de machines associées. Mais le programme n'aurait aucune ressemblance apparente avec l'automobile produite bien qu'en tant que code, il soit isomorphe à cette dernière [...] L'isomorphisme entre événements psychologiques et neurophysiologiques ne présuppose [de même] aucune ressemblance entre ces deux séries [de processus] [...] Je vois l'unification des théories physiologique et psychologique dans des constructions qui sont généralisées par rapport aux deux et qui sont en ce sens neutres eu égard à la physique et à la psychologie ».

Il va de soi que les systèmes ouverts dont s'occupent la physique et la biophysique sont très différents de ce qu'entend par-là le psychologue. J'estime néanmoins qu'à titre de modèle provisoire ou de référence, le « système ouvert », avec « activité autonome » et « anamorphose », constitue au départ une meilleure construction que le « système fermé », la « réactivité primaire » et l'organisation mentale considérée comme un appareil destiné à maintenir l'« équilibre »¹.

Son modèle « organismique » de l'homme, progressivement élaboré entre 1951 et 1965, le caractérisait comme un « système de personnalité active » [*active personality system*]², ouvert sur ses environnements social et culturel aussi bien que matériel, et capable du fait de cette ouverture de se structurer progressivement en se maintenant dans un état de tension perpétuellement recréé, éloigné de l'équilibre psychique ; un système « intérieurement dirigé » dont l'« activité primaire » se manifeste par la créativité, la volonté d'exploration et les inclinations ludiques, qui ne peut se développer sainement que par des interactions avec un univers culturel investi de fonctions « psycho-hygiéniques », et dont la maladie psychique (en particulier la schizophrénie) s'identifie par contre, de manière analogue à la maladie somatique, à une « perturbation des fonctions systémiques » (et non à une perte de fonctions spécifiques) – une « dés-intégration » de la personnalité traduisant une « perturbation des fonctions symboliques ». Bertalanffy s'efforça de montrer que tous les concepts et principes constitutifs de son modèle général du « système organisé » peuvent être interprétés dans les contextes psychiatrique et psychologique par des analogues des interprétations biologiques qu'il avait fournies dans les années 1930 et 1940. Il annonça en fait dès 1951 :

Un organisme vivant est une hiérarchie de systèmes ouverts se maintenant dans un équilibre dynamique dû à ses conditions systémiques propres. Il apparaît qu'une définition correspondante pourrait être appliquée comme modèle général de la personnalité³.

Ainsi le principe de « différenciation » se retrouvait-il désormais appliqué aux fonctions mentales et, en conjonction avec une transposition du concept de « frontière » (du système), à la caractérisation du processus au cours duquel le « moi » cristallise comme entité séparée d'un « monde extérieur ». Il en allait de même des principes de « mécanisation progressive », de « centralisation », de « parties dominantes », de « causalité d'impulsion » et de « stratification ». Bertalanffy retrouvait par exemple un « parallèle » à la stratification du cortex en trois principales « couches » (ou « pas évolutionnaires ») – paléo-cortex, cortex et néocortex – avec une stratification isomorphe de la personnalité en trois « couches » : la « personnalité profonde » (instincts, pulsions, émotions), la perception consciente et l'action volontaire, et les activités symboliques⁴.

Bertalanffy élaborait ce modèle en étroite connexion avec les développements contemporains dans les disciplines concernées. Sa réorientation quasiment complète vers celles-ci tint pour une large part à une situation professionnelle de plus en plus difficile, devenue particulièrement calamiteuse en 1960 – un aspect que j'ai détaillé dans ma biographie⁵. Son association avec le psychologue Joseph R. Royce, le philosophe Hermann Tennessen et le psychiatre W.E. Weskowitz pour la création, entre 1961 et 1963 d'un « Centre d'études avancées en psychologie théorique » à Edmonton, ainsi que son élection en 1967 comme membre d'honneur de la « Société américaine de psychiatrie », sont des manifestations d'une intégration réussie et d'un intérêt soutenu pour l'approche « organismique » du psychisme qu'il promouvait. Une intégration et un intérêt qui, à une époque où l'on put parler d'une « popularité des systèmes ouverts en psychologie analogue à une épidémie » ou voir dans la « systémologie générale » le véhicule d'une « troisième révolution en psychiatrie »⁶, allèrent dans la littérature de pair avec maintes références croisées entre Bertalanffy d'une part et, d'autre part, des psychologues et psychiatres dont la plupart eurent des contacts directs, voire travaillèrent un temps avec lui, tels qu'Egon Brunswik, Jean Piaget, Karl A. Menninger, William Gray, Nicolas D. Rizzo, Roy R. Grinker, Charlotte Bühler, Abraham Maslow, Silvano E. Arieti, Frederick J. Duhl ou Gordon W. Allport. Le modèle « organismique » bertalanffien fut très largement commenté et repris entre la

¹ Bertalanffy L. von (1956d), p. 9.

² Expression introduite dans Bertalanffy L. von (1965c), p. 1099.

³ Bertalanffy L. von (1951c), p. 37.

⁴ Bertalanffy L. von (1965c), pp. 1101-1107 pour le premier exposé relativement complet de ces correspondances analogiques, dont certaines furent avancées dès (1951c) ; voir (1967a), (1967c) et (1968b) pour les exposés les plus détaillés et systématiques.

⁵ Pouvreau D. (2009b), pp. 164-186.

⁶ Respectivement avec le psychologue David Rapaport et le psychiatre Roy Grinker (voir Bertalanffy L. von (1965c), p. 1095).

fin des années 1950 et celle des années 1960 dans les cercles de psychologues et de psychiatres engagés dans une profonde remise en cause des paradigmes « mécanicistes » (parce que « réactivistes » ou exclusivement orientés vers un concept inadéquat d'équilibre) qui dominaient alors leurs disciplines¹. Il fut érigé en tête de proue du mouvement de « psychologie humaniste » dont Maslow, Goldstein et Bühler furent les principaux représentants ; un mouvement battant en brèche le « mécanomorphisme », le « zoomorphisme » et la stérilité de la psychologie behavioriste académique tout autant que le formalisme et le déterminisme de la psychanalyse classique, mais qui correspondait aussi à une recherche constructive de voies alternatives permettant d'appréhender l'individu en tant que « personne », c'est-à-dire sans faire abstraction de son humanité, de son unité, de son autonomie, de sa subjectivité ou de ses émotions ; et qui prêtait une attention soutenue aussi bien à la spécificité de l'homme qu'à la signification pour l'humanité de ce qui est étudié sous le nom de « psychologie » et à la manière dont de telles études sont menées². Par sa capacité à permettre de penser le comportement individuel dans son contexte social et culturel sans pour autant perdre de vue les déterminants subjectifs, « internes », de ce comportement, le modèle bertalanffien offrait au même titre que les théories de Goldstein une approche systémique que ces scientifiques jugeaient aussi plus pertinente que celle de l'école de Palo Alto. Il est remarquable que le psychanalyste français Henri Bianchi ait pu en 1990 encore en louer la valeur et le décrire comme une « révolution conceptuelle pour le problème psychophysique »³. Manque toutefois encore un bilan des apports à la psychologie et à la psychiatrie de ce modèle et, plus généralement, du mouvement systémique que Bertalanffy a contribué à y faire émerger : il devrait être réalisé⁴.

Si Bertalanffy fut prompt à transposer son modèle général du « système organisé » dans le domaine psychologique, il n'en fut pas de même eu égard à cet autre domaine qui avait pourtant été si important dans la genèse de ses idées qu'est la « culturologie », à comprendre au sens de « morphologie culturelle » (ou historique), en tant que « science traitant de la forme des aspects structurels des phénomènes culturels » (ou historiques)⁵. Il est clair que l'intention n'était pas absente chez lui, mais il l'est tout autant qu'il craignait après-guerre qu'une incursion de son modèle « organismique » dans le champ de ce qu'il appelait parfois aussi l'« histoire théorique » ne lui attire une avalanche de critiques acerbes et néfastes à la promotion de son projet « systémologique », à une époque où toute pensée apparentée de près ou de loin à l'organicisme restait en général moribonde chez des historiens pour la plupart « poppérisés »⁶, principalement en raison du destin funeste de l'œuvre de Spengler. 1960 est l'année où, pour la première fois depuis les années 1920, Bertalanffy réintégra les considérations « morphologico-historiques » dans ses publications. Ce qu'il fit d'ailleurs très prudemment pour commencer, en se limitant (en conjonction avec Anderle) à réaffirmer son idée qu'en dépit de ses incontestables erreurs, une légitimité scientifique devrait être accordée à la morphologie historique de Spengler en tant que modèle théorique, dans la mesure où elle a tous les attributs justifiant ce qualificatif (principalement des capacités explicative et prédictive)⁷. La transposition en question ne commença à s'opérer vraiment qu'en 1962, sa principale élaboration⁸ n'intervenant même qu'en 1971. Un tel « retour aux sources » s'explique par un contexte intellectuel certes encore difficile, mais nettement plus favorable. Ses causes peuvent être circonscrites. La première est que Toynbee venait d'achever avec un douzième volume le tableau grandiose d'« histoire comparée » des civilisations qu'il avait commencé à peindre depuis 1934 : ce tableau, le premier du genre depuis Spengler, suscitait d'importants débats méthodologiques, remettant à l'ordre du jour dès la seconde moitié des années 1950, la question de la légitimité d'une approche théorique de l'histoire. La seconde cause tient aux activités de l'Autrichien Anderle, dont Bertalanffy connaissait très bien les travaux. Non seulement Anderle, qui s'appuyait d'ailleurs sur les travaux de Bertalanffy, fit partie de ceux qui contribuèrent aux controverses autour de l'œuvre de Toynbee, mais il s'efforça dès 1956 de

¹ Voir par exemple Allport G.W. (1960, 1968), ainsi que Bühler C. (1959) et (1960). Voir aussi Sorokin P.A. (1966), pp. 145-152.

² Pour un exposé systématique et synthétique de ce que l'on a appelé alors la « psychologie humaniste », voir Bugental F.F.T. (1966), où sont notamment présentés ses caractéristiques et ses principes (principalement pp. 225-233).

³ Bianchi H. (1990), notamment p. 7, p. 11, p. 15 et pp. 25-39. Voir néanmoins aussi les sévères critiques de Minary J.P. (1992), pp. 46-69.

⁴ Voir néanmoins Weckowicz T.E. (1987), qui constitue une ébauche de panorama des contributions de Bertalanffy dans ces domaines.

⁵ Voir Sorokin P.A. (1966), p. 205. La définition fournie ici de la « morphologie culturelle » est celle donnée par Anderle en 1963.

⁶ ... c'est-à-dire vaccinés contre la « misère de l'historicisme » (mais pas contre une compréhension superficielle du procédé théorique !)...

⁷ Bertalanffy L. von (1960a), pp. 209-211. Voir aussi Anderle O. (1960), p. 149. Les expressions utilisées sont quasiment les mêmes.

⁸ L'évolution se mesure par la considération successive de Bertalanffy L. von (1962a), pp. 19-20 ; (1967a), pp. 112-113 et (1971a).

promouvoir activement une réhabilitation de la « morphologie historique »¹. Un effort qui se traduit notamment par l'édition, à partir de 1959, de la « revue d'études holistiques » [*Zeitschrift für Ganzheitsforschung*] et par la co-fondation, en 1960 avec Sorokin, de la « Société internationale pour l'étude des civilisations »². Une troisième cause (très probable) tient aux vives controverses épistémologiques contemporaines autour de la légitimité d'un holisme méthodologique en sciences sociales, qui s'engagèrent après la publication en 1957, par Maurice Mandelbaum, d'un article où celui-ci démontra sur des bases logiques que l'on peut fort bien rejeter l'individualisme méthodologique (la position alors « orthodoxe » défendue par Popper et von Hayek au premier chef) en admettant l'existence de lois sociales irréductibles à une agrégation de comportements individuels, lois qui gouvernent les relations fonctionnelles d'aspects spécifiques de la vie sociale mais dont la détermination n'exige d'adopter ni la thèse de l'inévitabilité historique, ni les implications morales et politiques de l'historicisme ou de l'organicisme, ni un holisme métaphysique³.

Bertalanffy jugeait que, le point de vue « théorético-systémologique » se révélant applicable au traitement synchronique de maints problèmes posés dans les sciences de l'homme, il n'y a aucune raison *a priori* qu'il ne le soit pas aux phénomènes historiques. À condition toutefois d'avoir une compréhension correcte de la construction « théorético-historique », consciente de la diversité des « degrés d'explication » et du fait que la recherche et la formulation de régularités dans la structure des événements historiques (i.e. de « lois de structure ») ne s'identifie pas nécessairement à celles de lois déterministes⁴. Bien qu'il ne l'ait pas cité dans ses publications, Bertalanffy rejoignait clairement à ce sujet les positions soutenues par Anderle⁵. C'est aussi en réponse à l'appel formulé en 1958 par ce « morphologue de l'histoire » à poursuivre l'œuvre de « critique de la raison historique » initié par Dilthey, Simmel et Rothacker⁶, que Bertalanffy s'efforça en 1971 de soutenir ce qu'il appelait dix « thèses d'une systémologie de l'histoire » [*theses of a system theory of history*]. Il avait déjà explicité quatre ans plus tôt leur perspective générale :

L'histoire n'est pas le progrès d'une humanité amorphe, mais est portée par un nombre relativement petit de systèmes socioculturels appelés diversement cultures, civilisations, super-systèmes, etc. Ils manifestent des régularités dans leur développement qui, selon une métaphore grossière, sont comparables à une croissance, une maturité, un déclin et une éventuelle extinction [...] Le développement et l'histoire des « hautes cultures » est intimement connecté à l'émergence de colonies plus grandes, de « villes » ; d'où vient que le terme anglais de « civilisation », impliquant la corrélation entre hautes cultures et urbanisation, est tout-à-fait justifié. On peut difficilement douter que dans leurs aspects « synchroniques » aussi bien que « diachroniques », les phénomènes socioculturels ne sont pas le résultat de l'addition d'actions individuelles, et qu'ils ne sont pas portés par une humanité indifférenciée mais par des « systèmes supra-individuels » dont les lois sont ouvertes à la recherche. Ceci ne signifie bien sûr pas que les sociétés et les cultures sont des « organismes » tels que les animaux ou les plantes, des choses vivantes bien séparées les unes des autres ou ayant des cycles de vie prédéterminés [...] Si nous prenons les théories de l'histoire pour des modèles opérationnels nous permettant de voir certaines régularités – qui sont à présent très immatures et contradictoires – nous serons plus justes [dans notre jugement d'œuvres comme celles de Spengler et Toynbee], admettant même que différents modèles sont possibles et pertinents. En fait, le modèle « organismique » que les historiens ont en horreur est bien accepté en sociologie, où il est appliqué à des choses aussi peu romantiques que la croissance des affaires et des organisations

¹ Voir en particulier Anderle O. (1956), (1958) et (1960), tous présents dans la bibliothèque de Bertalanffy, et soigneusement annotés.

² Voir Sorokin P.A. (1966), p. 206.

³ Mandelbaum M. (1957), en particulier pp. 223-224. Pour les controverses qui s'ensuivirent, voir notamment Brodbeck M. (1958) ; Agassi J. (1960) et Scott K.J. (1961). Agassi (*op. cit.*, p. 251 et p. 266 notamment) soutint par exemple encore qu'aucune théorie holistique ne peut avoir de pouvoir explicatif et qu'elle mène invariablement à l'obscurantisme.

⁴ Bertalanffy L. von (1971a), pp. 74-77.

⁵ Anderle O. (1958), p. 31, p. 33 et p. 35 : « Une science ayant pour objet des complexes hautement organisés du type des phénomènes culturels ne peut renoncer ni au point de vue individualisant, ni au point de vue généralisant. Le premier doit fournir l'« intuition » sans laquelle les « concepts » sont « vides », mais le second doit fournir les « concepts » sans lesquels l'« intuition » reste « aveugle » (Kant) [...] On commet encore l'erreur de faire comme si « généraliser » s'identifiait à « théoriser » et comme si l'introduction d'une perspective théorique s'identifiait *eo ipso* avec le postulat d'une structure nomologique de l'histoire. Ce n'est naturellement pas le cas. Toute généralisation implique certes un procédé théorique ; mais réciproquement, l'exigence d'un traitement théorique de l'histoire ne préjuge pas encore de l'existence de lois. Une théorie de l'histoire sur des bases individualisantes, strictement indéterministes, est aussi pensable [...] Rejeter les lois, les schémas, les cycles et les points de vue qui pourraient mener à la découverte de telles régularités au prétexte qu'on ne veut rien savoir d'une détermination et que l'homme doit être libre, revient à soumettre la recherche au diktat du sentiment ».

⁶ *op. cit.*, p. 51.

commerciales, et où il mène à des formules quantitatives. Par une réduction à des termes sobres s'évapore la mystique qui diffuse dans les travaux de prophètes tels que Spengler et Toynbee, aussi bien que l'ire de l'histoire académique contre leurs efforts dilettantes¹.

Les dix thèses exposées par Bertalanffy² formaient l'ébauche d'une interprétation de son « système organisé général » dans le domaine de l'histoire ; on y aperçoit sans difficulté la persistance de l'ancrage de ses idées dans le contexte culturel germanophone des années 1920 :

- (1) L'histoire est l'évolution d'entités holistiques ou systèmes appelées cultures ou civilisations, localisées dans l'espace et dans le temps ;
- (2) Les cultures ont un développement autonome au sens où l'on ne peut pas complètement rendre compte de leurs changements en invoquant des changements dans leurs environnements physique ou culturel. Elles sont « intérieurement dirigées » au sens de Riesman ; ce sont des systèmes qui ne sont pas simplement « réactifs » en réponse à des stimuli, mais « actifs » et « créateurs ».
- (3) La diffusion culturelle, même si son existence est patente et indiscutable, ne contribue en rien à l'explication du « style » ou de l'origine d'une culture.
- (4) Des traits culturels ne font pas une culture³.
- (5) Il faut distinguer deux aspects, et en conséquence aussi deux entités historiques, lorsqu'on applique le modèle systémique : (a) les communautés structurales trouvées dans différents systèmes et exprimées par leurs isomorphies ; et (b) les spécificités des systèmes, appelées leur « style » dans les considérations culturologiques⁴.
- (6) Il est dans une certaine mesure trivial qu'il y ait dans l'évolution culturelle des régularités grossièrement comparables au cycle de vie biologique [...] Tenter d'établir des principes structuraux communs au changement culturel et à l'évolution [biologique] n'est donc qu'une extension d'un modèle ou paradigme largement appliqué.
- (7) Deux principaux types peuvent être distingués dans la diversité des cultures explorées par l'histoire, l'archéologie et l'anthropologie. On peut les appeler cultures « anthropologiques » et cultures « historiques », cultures primitives et civilisations, ou autres⁵.
- (8) Le « style » est difficile à définir et il en est en conséquence de même du nombre de civilisations et périodes distinctes qui sont énumérées. On doit néanmoins se souvenir que des difficultés similaires sont fréquemment rencontrées dans les entreprises taxonomiques des sciences de la nature [...] la définition du « style » et de la « culture » en général contient toujours un modèle conceptuel et n'est pas simplement dérivable de « faits ».
- (9) En dernière analyse, l'« esprit culturel » apparaît dériver de catégories de l'expérience, i.e. des voies perceptuelles et conceptuelles selon lesquelles les humains introduisent un ordre dans la « confusion florissante et bourdonnante » (W. James) qu'ils reçoivent par les impressions sensorielles.
- (10) La différence entre les grandes civilisations du passé et la nôtre est le caractère global et technologique de cette dernière [...] Ces deux singularités font exploser le schème cyclique et placent notre civilisation à un niveau différent des précédentes.

Même si Bertalanffy reconnaissait volontiers qu'il ne faisait là que recenser « superficiellement » quelques aspects d'un « modèle systémique de la culture », il considérait que ce modèle « organismique », même à cet état d'ébauche, « autorise, par rapport à la procédure historiographique conventionnelle, de nouveaux aperçus sur la civilisation en général et sur certaines civilisations spécifiques en particulier », et qu'il « permet une vision plus claire des problèmes tels que la croissance et le déclin, l'autonomie et la diffusion culturelles ou la distinction entre civilisation et culture primitive ». Il jugeait de plus que la « systémiologie générale » pourrait fournir un « langage

¹ Bertalanffy L. von (1967a), pp. 108-109.

² Bertalanffy L. von (1971a), pp. 77-82.

³ *op. cit.*, p. 78 : « 'Culture traits do not a culture make' may be a *bon mot* for a system conception of culture, and the criticism it implies of much of conventional research ». Bertalanffy signifiait par là qu'une liste de similitudes dressée entre les productions de deux cultures n'aide pas comprendre les spécificités de ces cultures.

⁴ *op. cit.*, p. 79 : « Des lois systématiques générales peuvent être établies dans le domaine socioculturel [...] D'un autre côté, les spécificités des systèmes individuels leur donnent un caractère idiographique ou 'style'. Cette dichotomie est de nature tout-à-fait générale [...] La question biologique concernant l'homologie et l'analogie a un parallèle culturel avec la question de la convergence de développements indépendants et de la diffusion culturelle. Il semble y avoir certains prototypes qui apparaissent dans des cultures différentes et indépendantes. En d'autres termes, il semble y avoir des 'structures fondamentales' telles que Chomsky en a décrit en linguistique et qui sont probablement aussi présentes dans d'autres domaines de la culture [...] d'un autre côté, il y a des traits 'idiographiques' ou idiosyncratiques des cultures et périodes particulières ».

⁵ *op. cit.*, p. 80 : « Parmi les centaines de cultures connues, relativement peu ont eu et fait une 'histoire', i.e. ont subi des changements significatifs dans l'histoire enregistrée. Les autres sont restées plus ou moins stationnaires ».

commun » et une unité aux travaux fondés sur une perspective systémique, qu'il s'agisse de ceux de Spengler, Toynbee et Sorokin, de la sociologie et de l'ethnologie fonctionnalistes américaines, de l'anthropologie structuraliste de « l'école française » (Lévi-Strauss) ou de la linguistique de Chomsky.

C'est au sens d'une hypothèse de travail – menant à de nouvelles recherches empiriques et fournissant un cadre conceptuel – que j'avance le concept des « cultures comme systèmes » [...] Dans la mesure où les modes de pensée historique qui prévalent consistent à examiner des parties plutôt que des tous, à adopter une focalisation mono-culturelle plutôt que transculturelle, à être linéaires plutôt que cycliques dans leurs présupposés, et à considérer les événements comme uniques plutôt qu'à rechercher des structures communes et des tendances isomorphes, ce cadre conceptuel est implicitement une contribution à une « critique de la raison historique »¹.

En réalité, c'est vers Sorokin qu'il faut se tourner pour voir plus substantiellement élaboré et appliqué ce modèle systémique d'inspiration « organismique ». Aux convergences entre ces deux penseurs, qui ont très justement été soulignées et qui se manifestèrent par de multiples références mutuelles dans leurs publications, se sont d'ailleurs probablement ajoutés des échanges privés². Sorokin fonda ainsi l'ensemble de ses travaux concernant ce qu'il appelait les « systèmes socioculturels » sur des schèmes typiquement « organismiques » (au sens de Bertalanffy) : l'« individualité » et le « caractère holistique » de ces systèmes ; leur « capacité à maintenir leur continuité, leur individualité et leur identité en dépit du changement régulier de leurs membres » ; leur « auto-directivité » et un relatif « degré d'autonomie par rapport à leur environnement », c'est-à-dire l'existence de facteurs « immanents » de changement, avec un rôle des facteurs externes réduit à l'accélération ou au retardement des changements ; et leur « sélectivité », leur assimilation de certains éléments extérieurs seulement, compatibles avec leur logique propre et favorisant son expression³. Le concept de « changement immanent » de Sorokin était l'analogue direct de celui d'« activité primaire » de Bertalanffy. Leurs critiques du concept de « cycle de vie » d'une culture ou d'une civilisation se fondaient sur un même rejet du concept classique de causalité (« mêmes causes, mêmes effets ») exprimé avec précision dans le concept bertalanffien d'équifinalité. Ils partageaient enfin l'idée que par-delà les aspects idiographiques de l'histoire, des régularités dans la structure des processus historiques prenant la forme de « lois systémiques » peuvent être dégagées, dont le déterminisme éventuel est au mieux de nature statistique.

Deux autres déclinaisons en sciences sociales du modèle général du « système organisé » de Bertalanffy méritent d'être évoquées ici : l'« analyse systémique de la vie politique » d'Easton et la « psychologie sociale des organisations » de Katz et Kahn. Ces deux essais qui firent référence au sein du mouvement systémique, respectivement publiés en 1965 et 1966, furent en effet pour l'essentiel et explicitement construits sur la base du concept bertalanffien de « système ouvert ». Easton interprétait ainsi la vie politique comme formant « un système ouvert exposé aux influences des autres systèmes sociaux, dont est issu un constant flux d'événements et d'influences qui façonnent les conditions sous lesquelles les membres du système politique doivent agir » ; un système dynamique, qui gagne par cette ouverture la capacité à s'adapter à ses environnements en régulant son comportement et en transformant sa structure interne, allant jusqu'à remodeler ses objectifs fondamentaux dès lors que se profile la menace que certaines de ses « variables essentielles » soient portées au-delà de leur valeur critique. Easton mit au cœur de ses analyses le principe bertalanffien de « persistance par le changement », qui caractériserait même selon lui « le problème le plus fondamental de la science politique ». Il adapta aussi bien au contexte politique la critique de la focalisation sur les équilibres stables, en montrant que le modèle du système ouvert permet de rendre compte de la possibilité pour les acteurs politiques d'entreprendre des actions positives en vue de détruire un équilibre ou même de favoriser un constant déséquilibre (notamment lorsqu'il s'agit de conserver le pouvoir en favorisant les tensions internes ou les dangers externes)⁴. Notons qu'Easton ne fut qu'un théoricien des sciences politiques parmi d'autres à inscrire ses travaux dans la sphère « systémologique » et que le modèle

¹ *op. cit.*, p. 84.

² On retrouve dans les restes des archives personnelles de Bertalanffy une autobiographie intellectuelle de Sorokin publiée en 1963 (« *Sociology of my mental life* ») dédiée à Bertalanffy. L'existence d'une correspondance est donc probable et il resterait à se tourner vers les archives de Sorokin pour en décider. Voir Peter K. (1973), pp. 131-139 pour l'analyse de leurs convergences.

³ Sorokin P.A. (1966), pp. 29-30. Voir aussi p. 124 pour une liste de similitudes entre « systèmes socioculturels » et organismes.

⁴ Easton D. (1965), en particulier pp. 18-19, p. 20, p. 33, p. 475 et p. 479.

bertalanffien servit en fait maintes fois de ressource, non seulement du fait de sa capacité à permettre de penser simultanément les conditions de la conservation et de la stabilité d'un système politique et celles de son adaptation et de son évolution, mais aussi parce qu'il fournissait un cadre conceptuel utile pour penser son ordre hiérarchique dans une perspective dynamique¹.

Ces mêmes raisons inspirèrent l'essai de Katz et Kahn, orienté quant à lui vers la « théorie des organisations » : ces auteurs entendaient y « adapter » les travaux biologiques et biophysiques de Bertalanffy². Ils voyaient dans son modèle général du système organisé un outil conceptuel permettant « une intégration de l'approche macroscopique du sociologue et l'approche microscopique du psychologue » dans l'étude des phénomènes sociaux, car dans une organisation sociale pensée comme un système ouvert, les individus ne peuvent être ignorés : ils fournissent constamment l'« intrant » permettant à cette organisation de ne pas décliner³. Ces deux psychosociologues trouvaient aussi dans le modèle bertalanffien matière à nourrir leur « grand respect pour l'organisation hiérarchique »⁴. Ils définirent l'organisation sociale comme un « système social ouvert » se distinguant des systèmes physiques ouverts en ce qu'il constitue une « structure d'événements ou d'actes humains » plutôt qu'une structure de composants physiques. Une collection de tels actes destinés aux performances d'un individu était définie comme un rôle, l'organisation se redéfinissant dès lors aussi comme un « système de rôles » confronté à l'exigence de réduire la variabilité, l'instabilité et la spontanéité des actes individuels⁵. Katz et Kahn recensèrent plus précisément cinq sous-systèmes constitutifs de toute organisation : (1) des « structures de conservation, de production et de soutien de la production » ; (2) un « schème formel élaboré de rôles » dans lequel la division du travail implique une spécificité fonctionnelle des rôles ; (3) une structure d'autorité claire ; (4) des structures d'adaptation ; et (5) une idéologie fournissant des normes au système et soutenant la « structure d'autorité »⁶. Tout leur travail consista à montrer que les neuf caractéristiques des systèmes ouverts en général, qu'ils recensaient à la suite de Bertalanffy tout en y intégrant certains principes cybernétiques, sont interprétables dans le contexte des organisations sociales ; qu'ils fournissent un cadre conceptuel adéquat pour penser les interactions entre les sous-systèmes précédents, et qu'ils rendent par là-même intelligibles les principes de fonctionnement (sain ou pathologique) de ces organisations. Ils accordèrent notamment une attention particulière au « mouvement des systèmes ouverts en direction d'une différenciation » fonctionnelle, au principe de « mécanisation progressive » et à celui d'équifinalité⁷. Leur message global, qui rejoignait en le généralisant celui cité plus haut au sujet de l'analyse des univers entrepreneuriaux, était que le modèle de l'organisation comme système ouvert au sens de Bertalanffy permet de rompre avec la négligence usuelle de la dépendance des organisations à leur environnement, liée à une focalisation exclusive sur les principes de leur fonctionnement interne qui aboutit invariablement à des échecs aussi bien théoriques que pratiques à comprendre et à développer les processus « métaboliques » essentiels à leur survie⁸.

4-1-4-4 – Une reconstruction « systémologique » de la « course aux armements »

Un autre exemple illustrant l'approche « théorético-systèmeologique » de phénomènes spécifiques est le modèle mathématique de la « course aux armements » de Richardson-Rapoport. Il fut certes déjà dans une large mesure construit par Richardson dès 1939 (qui l'élabora jusqu'à sa mort en 1953), de sorte qu'on pourrait contester la pertinence du choix de cet exemple ici : il n'est pas en tant que tel une expression du projet « systémologique », dont la formulation et l'actualisation lui sont

¹ Voir Young O.R. (1964b), notamment p. 244 et pp. 249-253 ; et Keren M. (1979), pp. 312-313.

² Katz D. & Kahn R.L. (1966), p. 28.

³ Katz D. & Kahn R.L. (1966), p. 9.

⁴ *op. cit.*, p. 222.

⁵ *op. cit.*, p. 199 par exemple.

⁶ *op. cit.*, p. 47.

⁷ *op. cit.*, pp. 19-26. Ces neuf caractéristiques dessinaient en fait une combinaison du modèle bertalanffien et du modèle général de la cybernétique du 1er ordre, qui passait outre les distinctions fondamentales entre ces modèles sur lesquelles Bertalanffy n'avait pourtant cessé d'insister. Katz et Kahn retiennent : (1) l'import d'énergie ; (2) la transformation de l'énergie qui leur est disponible ; (3) l'export de matériel dans l'environnement ; (4) le caractère cyclique des schèmes d'activité d'échange énergétique ; (5) l'acquisition d'entropie négative ; (6) un intrant sélectif d'informations codées au sujet de l'environnement, avec des mécanismes de rétroaction permettant d'ajuster le comportement interne aux conditions externes ; (7) l'équilibre de flux et l'homéostasie ; (8) la différenciation fonctionnelle ; (9) l'équifinalité.

⁸ *op. cit.*, p. 29.

postérieurs. Mais l'inspiration du météorologue que fut initialement Richardson était largement similaire à celles qui conduisirent Bertalanffy à ses modèles de croissance organique et Lotka à ses modèles de compétition biocénétique. C'est surtout la manière dont Rapoport s'efforça à la fin des années 1950 de faire connaître ses travaux alors largement ignorés qui légitime mon choix. En effet, le mathématicien illustra bon nombre d'aspects épistémologiques et axiologiques de l'approche « théorético-systémologique » au moyen de ce modèle. Ce sont précisément *ses* exposés de ce modèle, non ceux de Richardson, qui s'inscrivirent parfaitement dans la sphère « systémologique »¹.

Cette « course » entre deux nations ou groupes de nations² X et Y était décrite comme une trajectoire d'un système dynamique. Les variables retenues dans le modèle étaient les « hostilités » réciproques x et y des nations, mesurées par leurs dépenses d'armement respectives (ou, plus subtilement, par les différences respectives entre les dépenses que chacune consacre à l'armement et le niveau de ses exportations vers l'autre nation³). Le problème devenait alors de formaliser l'évolution temporelle de ces deux variables, sous la forme d'un système différentiel du type ($\frac{dx}{dt} = f(x; y)$; $\frac{dy}{dt} = g(x; y)$), où f et g sont deux fonctions à déterminer. Comme l'a souligné Rapoport, la perspective adoptée était d'emblée imprégnée par des convictions éthiques bien déterminées. Car l'analyse avait pour centre d'intérêt les conditions de stabilité du système, la caractérisation des conditions dans lesquelles un désarmement peut se substituer aux menaces réciproques indéfinies, ou dans lesquelles un équilibre des menaces peut s'instaurer et persister, ou encore dans lesquelles une croissance illimitée des « hostilités » entre nations peut advenir. Et il est clair que Richardson cherchait à montrer comment, au moins en principe, certaines dispositions politiques, économiques et psychologiques peuvent suffire à se détourner d'un engrenage guerrier, ainsi que la sensibilité de l'évolution du système considéré à ces dispositions. C'est la raison majeure pour laquelle Rapoport, précisément à une époque de tension extrême entre « blocs de l'Ouest » et « de l'Est », manifesta tant d'intérêt pour son modèle⁴. Ce que nous avons vu le mathématicien appeler la « ligne de moindre résistance » (mathématique) pour le type d'analyse entrepris incitait clairement à une construction isomorphe au système différentiel linéaire général homogène ($\frac{dx}{dt} = cx + ay$; $\frac{dy}{dt} = bx + dy$), où a , b , c et d sont des paramètres arbitraires. Néanmoins, un tel système ne prend pas en compte l'existence d'éventuels « griefs » ou de « réserves de bonne volonté » permanents et plus ou moins inconscients entre les nations. De plus, le seul état stationnaire possible est le couple nul⁵ correspondant à un désarmement bilatéral total, de sorte qu'un tel système ne peut rendre compte des différentes situations décrites plus haut. L'isomorphisme « de moindre résistance » devait par conséquent être plutôt recherché avec un système linéaire non homogène ($\frac{dx}{dt} = cx + ay + g$; $\frac{dy}{dt} = bx + dy + h$). L'analyse déjà discutée de ce « système général » montrait qu'il constitue un cadre adéquat aux buts visés ; ne restait dès lors plus qu'à interpréter les paramètres et à préciser adéquatement leurs caractéristiques en vue d'une modélisation plausible, qui se trouva être :

$$\frac{dx}{dt} = ay - mx + g \quad ; \quad \frac{dy}{dt} = bx - ny + h$$

a et b sont dans ce système des constantes positives exprimant une stimulation réciproque proportionnée des « hostilités » (l'« hostilité » de Y stimule de manière positive et proportionnelle l'évolution de l'« hostilité » de X). m et n sont des constantes positives traduisant l'existence de « facteurs restrictifs » intrinsèques à chaque nation, directement proportionnés à sa propre « hostilité » (le poids croissant des dépenses d'armement sur l'économie devient par exemple un fardeau). Enfin, g et h sont des constantes positives ou négatives traduisant l'existence de « griefs » ou de « réserves de bonne volonté ». L'analyse du modèle ainsi obtenu permet de dégager quatre types de situations lorsque g et h sont de mêmes signes, qui dépendent de ce signe commun et des relations entre a , b , m

¹ Rapoport A. (1957) ; (1960a), pp. 13-32 ; (1970), pp. 20-21 ; (1972a), pp. 53-54.

² Seul le cas de deux nations est envisagé ici, mais Richardson travailla aussi à une généralisation à un nombre quelconque de nations.

³ x est dans ce cas une mesure d'hostilité nette lorsqu'elle est positive (les dépenses d'armement de X excèdent le montant des recettes de ses exportations vers Y) ; mais elle s'interprète comme une mesure de l'inclination à la « coopération » dans le cas contraire.

⁴ Voir Rapoport A. (1957), pp. 57-58 en particulier.

⁵ Si la matrice du système est inversible, mais j'ai expliqué au 3-3-4-6 qu'il est toujours possible de faire varier de manière infinitésimale les coefficients afin de satisfaire cette condition : elle peut légitimement être considérée comme satisfaite dans une optique modélisatrice.

et n : (1) un équilibre stable d'« hostilités » ; (2) un désarmement total ; (3) une « course aux armements » effrénée ; (4) une situation ambiguë où aussi bien (2) que (3) sont possibles, selon le niveau initial des « hostilités ». Lorsque g et h sont supposés de signes contraires peut de surcroît survenir une situation de désarmement unilatéral¹.

Le modèle suggérait ainsi non seulement qu'un équilibre est possible lorsqu'existent des griefs entre nations, mais aussi, et c'était plus surprenant, qu'une certaine cordialité dans leurs relations peut mener à une « course aux armements » effrénée. Le message général en était toutefois qu'une dose de « bonne volonté » peut avoir de grands effets qualitatifs et que l'issue de tensions internationales peut être considérablement affectée par une petite modification de certains paramètres de nature politique ou économiques. Rapoport jugeait que ce modèle est une excellente illustration de la fonction heuristique d'un modèle systémique, par les questions inédites qu'il peut faire surgir concernant l'importance relative de paramètres qui, lorsqu'ils sont interprétés en termes socio-économico-politiques, permettent au moins la construction d'une théorie qualitative. Il y voyait un exemple type de l'explication mathématique de principe, capable, tout en renonçant à des prédictions précises, de dresser une taxonomie des phénomènes envisageables en dégagant leur physionomie. Il trouvait aussi que ce modèle, parce que dirigé par l'idée de « tourner la lumière froide et brillante des mathématiques sur un sujet où les passions obscurcissent la raison », incarnait « ce qu'il y a de meilleur dans l'éthique scientifique »². Le mathématicien y voyait toutefois aussi une très bonne illustration de la distance qui sépare un modèle « au sens étroit » (selon les termes de Bertalanffy) d'un modèle théorique digne de ce nom : la plus grande faiblesse du modèle de Richardson était à ses yeux le trop grand nombre de paramètres libres introduits, qui impliquent autant de degrés de liberté pour l'ajuster aux observations (un travail auquel Richardson consacra une bonne part de son énergie)³.

4-1-4-5 – Construction d'un modèle des fluctuations des valeurs de titres boursiers isomorphe à un modèle statistico-thermodynamique des systèmes biocénotiques

Un exemple de modèle systémique mathématique construit dans une parfaite logique « systémologique » mérite encore d'être évoqué pour clore cette section. Et ce d'autant plus qu'il fut consciemment non pas reconstruit (comme le fut le précédent par les soins de Rapoport), mais bien directement construit dans cette logique. Il s'agit d'un modèle des fluctuations des titres boursiers qui fut publié en 1974 dans *General systems* par un auteur américain dont la spécialité scientifique originelle semble avoir été la physique théorique et dont l'affiliation institutionnelle me reste inconnue, Paul A. La Violette⁴. Ce dernier cherchait avec ce modèle à attaquer les thèses alors en vogue dans le monde de la finance surtout chez les plus disposés à l'ultralibéralisme, selon lesquelles toute variation dans la valeur d'un titre boursier se produit de manière essentiellement aléatoire, de sorte que toute tentative pour analyser ses fluctuations est futile. Cette thèse apparaissait effectivement pertinente du point de vue « microscopique » des évolutions de titres particuliers sur un court terme,

¹ Rapoport a fourni ce résultat à la suite de Richardson, mais sans en donner les justifications. L'analyse de stabilité suit les mêmes lignes que celle concernant le modèle de Lotka-Volterra, mais puisqu'il est linéaire non homogène au lieu d'être non linéaire, toutes les trajectoires solution du système différentiel peuvent être complètement explicitées (globalement et non seulement localement) de manière relativement simple. Dans le cas où le déterminant $(mn - ab)$ du système est non nul, il existe un unique état stationnaire qui correspond aux coordonnées du point de l'espace des phases intersection des deux droites d'équations $ay - mx + g = 0$ et $bx - ny + h = 0$: c'est $(x_0; y_0) = ((gn + ah) / (mn - ab); (mh + bg) / (mn - ab))$. Lorsque les « facteurs de stimulation » ne sont pas nuls, les valeurs propres de la matrice du système sont réelles car le discriminant du polynôme caractéristique de la matrice est $(m - n)^2 + 4ab > 0$. Ce sont, au facteur 1/2 près : $-(m + n) \pm \sqrt{(m + n)^2 - 4(mn - ab)}$. Dans le cas où $mn > ab$, les deux valeurs propres sont négatives et l'état stationnaire est stable, avec deux cas envisageables : (1) s'il y a des « griefs » de part et d'autre (i.e. $g > 0$ et $h > 0$), on aboutit à un équilibre stable des hostilités (qui en sont bien à proprement parler puisque dans ce cas $x_0 > 0$ et $y_0 > 0$) ; (2) s'il y a « bonne volonté » de part et d'autre (i.e. $g < 0$ et $h < 0$), on aboutit à un désarmement total puisque dans ce cas l'état stationnaire est tel que $x_0 < 0$ et $y_0 < 0$ alors que x et y sont dans cette analyse supposées positives. Dans le cas où $mn < ab$, les valeurs propres sont de signes contraires et l'état stationnaire est instable, avec deux nouveaux types de situations : (3) si $g > 0$ et $h > 0$, il y a cette fois « course aux armements » effrénée car ici $x_0 < 0$ et $y_0 < 0$; (4) si par contre $g < 0$ et $h < 0$, on a $x_0 > 0$ et $y_0 > 0$, avec des trajectoires dans l'espace des phases qui peuvent « fuir » l'état stationnaire sans jamais couper l'origine (« course aux armements » effrénée) ou le « fuir » vers l'origine (désarmement total), selon le point initialement choisi dans l'espace des phases. Enfin, si g et h sont de signes contraires, devient possible un état stationnaire dont les coordonnées sont de signes contraires ; une situation de désarmement unilatéral peut alors s'ensuivre ; par exemple si $x_0 < 0$ et $y_0 > 0$ avec $mn > ab$, X finira par désarmer pendant que Y continue de s'armer.

² Voir Rapoport A. (1957a), p. 80 et p. 90 ; (1960a), p. 21 et 24.

³ Rapoport A. (1957), p. 77 ; voir pp. 88-91 pour une critique des multiples insuffisances du modèle de Richardson du point de vue de sa confrontation avec le « réel », ainsi que (1960a), pp. 25-32.

⁴ La Violette P.A. (1974). L'article montre chez son auteur une solide formation en physique théorique.

mais pas du point de vue de l'ensemble d'un marché boursier sur le long terme, pour lequel un comportement cyclique non aléatoire avait été mis en évidence quelques années auparavant¹. La Violette entreprit de rendre compte de ce comportement sur la base d'une première analogie entre systèmes financiers et systèmes biocénotiques : l'analogue de l'effectif d'une espèce serait ici la valeur d'un titre, la compétition ne se rapportant plus à des ressources matérielles, mais à des quantités d'argent. L'équilibre des titres apparaissait être aussi exceptionnel que les équilibres biocénotiques, la règle étant plutôt qu'en raison des interactions au sein du marché, toute fluctuation infime d'un titre se propage dans le temps de manière oscillatoire, comme tend à le faire celle d'un effectif de population. La Violette aperçut aussi la possibilité d'une seconde analogie avec la thermodynamique statistique des gaz : l'économie pourrait être vue comme « un ensemble d'espèces dont les populations d'individus (les prix) sont en perpétuelle oscillation, comme le sont les oscillations des positions spatiales des molécules d'un gaz », et des analogues des concepts et des lois thermodynamiques s'appliquant aux gaz devaient selon lui pouvoir y être trouvés.

La Violette trouva les ressources nécessaires pour connecter ses deux analogies dans des travaux que le physico-mathématicien Edward H. Kerner avait publiés entre 1957 et 1961 dans le *Bulletin of mathematical biophysics* de Rashevsky². Kerner avait alors reconsidéré la « dynamique démographique » de Volterra en tirant toutes les conséquences de l'analogie statistico-mécanique qui avait déjà inspiré le mathématicien italien. Il introduisit à cet effet une nouvelle variable dans le modèle de Volterra³, à savoir le rapport entre le logarithme népérien des effectifs instantanés des populations considérées dans le système biocénotique et l'effectif de ces mêmes populations à l'état stationnaire. L'intérêt était que Kerner put ainsi réécrire les équations de Volterra sous la forme d'un « ensemble canonique » de Gibbs, de sorte qu'une véritable description statistico-thermodynamique en devenait possible. L'intégration de ces équations lui permit notamment de définir la « température » d'un système biocénotique au moyen des « poids moyens des individus » dans chaque espèce et de la moyenne quadratique des écarts entre les effectifs instantanés et les effectifs à l'état stationnaire qui correspondent : la température nulle exprimait en particulier « l'état stationnaire complètement 'calme' de l'association biologique » et elle était d'une manière plus générale « une sorte d'indicateur du niveau d'excitation de l'association par rapport à son état stationnaire »⁴. Kerner fut aussi bien en mesure de définir une « énergie libre », une « énergie interne », une « capacité calorifique » et une « entropie » du système biocénotique, et d'exhiber des analogues biocénotiques des grands théorèmes de thermodynamique statistique.

La Violette considéra les équations de Kerner comme un « système général » des relations « proie-prédateur », donc comme un système formel dont les variables N_i peuvent être en particulier interprétées aussi bien comme des effectifs de populations que comme des valeurs boursières. Très probablement influencé aussi par la définition de la « température » d'un corpus linguistique construite par Benoît Mandelbrot en 1953 sur la base de l'isomorphisme entre entropies statistique et thermodynamique⁵, La Violette accorda une attention toute particulière au concept de « température » élaboré par Kerner et élabora plusieurs techniques pour calculer la valeur de cette « température » selon les observables disponibles. Ce faisant, il construisit un outil statistique utilisable pour tester, à partir de la connaissance d'un nombre fini d'états de certaines variables N_i , l'existence de relations du type « proie-prédateur » conformes à ses équations. Appliquant ensuite cet outil au traitement de données statistiques relatives aux fluctuations des cours du fameux indice Dow Jones entre 1897 et 1952, il put alors établir que le comportement des titres boursiers retenus pour calculer cet indice se conforme très bien sur une aussi longue période au comportement « proie-prédateur » tel que théorisé avec le « système général ». La Violette montra l'existence d'une forte « température » du marché des titres entre 1924 et 1938, période où ce marché dévia significativement de l'état d'équilibre. Il fut de ce fait amené à suggérer que la crise de 1929 ne fut pas engendrée par des facteurs exogènes à la bourse, mais par un échec temporaire de celle-ci à ajuster son cours à l'« économie réelle » ; et il offrit en définitive de cette crise une interprétation hypothétique de part en part « thermodynamique »,

¹ La Violette s'appuya ici sur des travaux publiés en 1968 par l'économiste et statisticien Julius Shiskin.

² Kerner E.H. (1957), (1959) et (1961).

³ Voir le 2-5-4-2 et son annexe.

⁴ Kerner E.H. (1957), p. 136.

⁵ Mandelbrot B. (1953).

fondée sur le modèle isomorphe à la thermodynamique des systèmes biocénétiques de Kerner qu'il avait ainsi obtenu¹. Ce modèle illustre d'autant mieux l'approche « théorético-systémologique » que La Violette lui attribua comme Rapoport la fonction heuristique sur laquelle ce dernier avait insisté : poser aux sciences sociales des questions qui seraient passées inaperçues sans l'aide du modèle, et réorienter la recherche dans des directions prometteuses².

4-1-5 – *Le pôle de la « technologie systémique »*

J'en viens au dernier pôle de la « systémologie générale » ; celui auquel, à l'exception notable de Mesarović, Gerard et Miller, les principaux artisans de ce projet ne se consacrèrent guère, si ce n'est par quelques réflexions éparses : la « technologie systémique », qui ne sera que brièvement considérée ici – son histoire reste largement à écrire. Il s'agira simplement d'en préciser les objets et les fonctions en marquant sa spécificité par rapport à la « systémologie théorique appliquée », puis d'évoquer là encore quelques exemples emblématiques de productions. Mais aussi de mettre en évidence l'ambivalence des vues à son égard des fondateurs de la « systémologie générale », à commencer par Bertalanffy.

4-1-5-1 – *Objets et fonctions de la « technologie systémique »*

En tant que champ scientifique, la « systémologie générale » a deux niveaux distincts d'application, qui correspondent aux deux « ordres » de modèles théoriques qu'elle est censée produire : les modèles systémiques du « second ordre » élaborés en « systémologie théorique fondamentale » sont supposés s'appliquer en « systémologie théorique appliquée » en contribuant à la construction de modèles systémiques du « premier ordre » ; et ces derniers ont vocation à s'appliquer à leur tour. Ce peut être dans les « sciences du réel », mais aussi bien pour la résolution directe de problèmes pratiques de natures très diverses. Dans ce dernier cas, l'application est de type technologique et non pas scientifique : au lieu de servir des objectifs de description et d'explication (au moins « de principe ») de phénomènes déterminés, le modèle théorique systémique devient un outil au service de l'élaboration et de la prescription de solutions à des problèmes pratiques relatifs à des artefacts. Des problèmes jugés complexes (car mettant en jeu un nombre élevé de variables et résistant aux approches « analytiques » classiques), qui sont suscités par les sophistications techniques et les besoins organisationnels du monde contemporain, et peuvent donc être de nature aussi bien physico-technique ou biologico-technique que sociologique, économique, écologique ou politique. Les objets de la « technologie systémique » sont ces problèmes dès lors qu'ils sont interprétés (ou, si l'on peut dire, « diagnostiqués ») comme systémiques et qu'ils sont appréhendés comme tels, c'est-à-dire que les solutions qu'elle a pour fonction d'apporter à ces problèmes utilisent des développements issus d'autres pôles de la « systémologie générale ». Plus particulièrement lorsqu'il s'agit de problèmes sociologiques, économiques, écologiques ou politiques, leur interprétation en tant que problèmes systémiques (voire le simple fait de les constituer comme des problèmes) ainsi que le type de solution recherchée sont dans une plus ou moins grande mesure conditionnés par les points de vue axiologiques et praxéologiques élaborés dans la « systémologie philosophique », et sont perméables à diverses influences idéologiques.

¹ La Violette P.A. (1974), p. 193 : « Le marché boursier et l'économie étaient en équilibre thermodynamique à une basse température avant 1924 ; durant la période 1924-1938, un changement significatif et assez soudain s'est produit dans le marché boursier, de sorte que sa température a été multipliée par six ou sept. Ce haut niveau d'excitation, qui se manifeste par les oscillations d'amplitude extrême du marché entre la survalorisation et la sous-valorisation, indique que son 'énergie interne' s'est accrue. Le déclin subséquent plutôt rapide de ces fluctuations vers leur température initiale à l'équilibre thermodynamique indique qu'au cours de la période de haute température, le marché était en état de non-équilibre, inefficace eu égard au reste de l'économie. Du fait de son couplage à d'autres espèces économiques, un phénomène de 'flux calorifique' s'est produit, par lequel l'énergie interne du marché boursier s'est dissipée dans l'économie environnante. Il en a résulté que l'ensemble du système s'est dirigé vers un état d'entropie maximale d'équilibre thermodynamique. Ainsi, lorsque la température du marché a baissé, celle de ses espèces associées (marché des obligations, banques, échanges de monnaies, etc.) s'est temporairement accrue ».

² *op. cit.*, p. 193 : « Pourquoi le marché en est-il venu à être aussi surévalué au cours de la période 1926-1929 ? Pourquoi a-t-il continué à spéculer à la hausse, alors que selon la température du marché à cette époque, une spéculation à la baisse était dans l'ordre des choses ? En d'autres termes, pourquoi la bourse de New York est-elle devenue un marché chaud ? En recherchant une explication du grand krach, les historiens et les économistes feraient bien de se focaliser sur la période antérieure au krach. Ils pourraient alors trouver qu'il y a là un exemple classique de la manière dont le fonctionnement de notre système économique a dévié de son comportement attendu en conséquence d'un élément humain imprédictible ».

On peut voir se dessiner deux grandes orientations dans la « technologie systémique », qui correspondent au moins partiellement à l'évolution de ses centres d'intérêts et de la nature de ses productions majeures. Emblématiques de la quinzaine d'années qui suivirent la seconde guerre mondiale et intimement liées à l'histoire de la « première » cybernétique, l'informatique et les technologies du contrôle (physique) et de l'automation furent les premiers lieux d'application caractéristiques d'une « technologie systémique » principalement focalisée sur ce qui fut parfois appelé dans la littérature (entre autres par Bertalanffy¹) le « *hardware* », ou encore les « *hard systems* ». Il apparaît (en considérant par exemple le nombre de publications « systémico-technologiques » dans *General systems*²) que l'importance relative de ces domaines d'application déclina au profit d'une autre « technologie systémique », essentiellement tournée pour sa part vers ce qu'on appelait le « *software* », ou encore les « *soft systems* », c'est-à-dire vers la multitude de problèmes organisationnels posés par la société contemporaine : elle fut pour l'essentiel représentée par ces grands courants de la systémique que furent la « recherche opérationnelle » et les « sciences du management ». Relevons encore que dans les années 1970, notamment sous l'impulsion de Checkland, la dichotomie entre « *hard* » et « *soft systems* » prit un sens polémique en se rapportant désormais essentiellement à des différences dans l'approche des systèmes humains : elle en vint alors à référer au clivage entre d'une part une approche « objectiviste » de ces systèmes, focalisée sur l'efficacité de leur fonctionnement et porteuse d'une vision instrumentale de l'homme (« *hard systems methodology* »), et d'autre part une approche « interprétative », qui prétendait prendre en compte le rôle des individus et des valeurs dans ses procédures de résolution de problèmes (« *soft systems methodology* »)³.

General systems et *Behavioral sciences* fournissent de multiples exemples de contributions très diverses à la « technologie systémique », telles que la simulation informatique du comportement de groupe de robots, l'optimisation du rendement de la pêche maritime ou celle des stratégies de lutte contre les invasions d'insectes, la gestion de la qualité de l'eau, l'adaptation aux évolutions futures de la disponibilité des énergies fossiles, les stratégies de prise de décision et de planification dans une entreprise spécifique, l'organisation des systèmes éducatifs ou hospitaliers, ou encore la prévention des émeutes urbaines. Je me limiterai ici à deux exemples, retenus non seulement pour leur représentativité, mais aussi parce qu'ils ont cette spécificité de correspondre aux seules contributions au pôle « systémico-technologique » de figures emblématiques du projet de « systémiologie générale ».

4-1-5-2 – L'exemple des contributions de Miller et Gerard à la création d'Internet

Mon premier exemple concerne Gerard et Miller. Le premier quitta la M.H.R.I. en 1963 pour rejoindre le nouveau campus de l'université de Californie créé à Irvine, et il travailla à son organisation jusqu'en 1970. Miller, resté quant à lui à l'université du Michigan, y présenta en 1963 les résultats de ses récentes recherches « trans-niveaux » sur les effets de ce qu'il appelait la « surcharge d'intrants informationnels » [*information input overload*] dans les « systèmes comportementaux ». C'est dans le prolongement direct de ces travaux que fut créé fin 1963 et rattaché au M.H.R.I. le « Conseil interuniversitaire sur les communications », baptisé EDUCOM, dont Miller fut le principal administrateur jusqu'à la fin des années 1960. Tout au long de cette période, de 1963 à 1970, Gerard et Miller consacrèrent une part très importante de leurs travaux à l'application des nouvelles technologies informatiques à la communication intra-, puis interuniversitaire. EDUCOM avait précisément pour vocation de susciter et de coordonner les efforts afin d'actualiser le potentiel bénéfique de ces technologies pour l'enseignement supérieur et la recherche. L'investissement de Gerard et Miller était une traduction logique de leur commune focalisation sur les processus de transmission d'information et de leur vision de la société comme réseau d'*orgs* ou de « systèmes comportementaux » interconnectés ; mais il traduisait aussi bien leur souci de contrer concrètement le syndrome de la « Tour de Babel » du monde scientifique en stimulant la communication à tous les niveaux du système universitaire. Ils conceptualisaient d'ailleurs la recherche comme un processus de création d'information, l'enseignement supérieur comme un processus de transmission de cette information, le travail des étudiants comme un processus d'assimilation de cette information, les bibliothèques

¹ Bertalanffy L. von (1968a), p. xx et (1972a), p. 35.

² Voir l'annexe 3-4-2-4.

³ Checkland P. (1989), p. 11 ; Hammond D. (2003), pp. 253-256 ; et Larses O. & El-Khoury J. (2005), p. 6 et p. 24.

universitaires comme des lieux de stockage de cette information et les administrations universitaires comme des lieux d'analyse et de contrôle des processus de création, de transmission et d'assimilation précités.

L'« activisme » de Miller et Gerard put bénéficier d'un souci de plus en plus partagé d'amélioration de la qualité et de l'efficacité de l'enseignement supérieur et de la recherche, lié à une prise de conscience significative des problèmes engendrés par la croissance en taille et en complexité des organisations sociales en général et des universités en particulier, ainsi que des données informationnelles qu'elles ont à gérer. Un imposant colloque fut organisé par EDUCOM en 1966 pendant près d'un mois à Boulder (Colorado). S'y réunirent 181 représentants du monde universitaire, des instances gouvernementales et d'organisations indépendantes, afin de discuter des possibilités et des conditions de développement de réseaux de communication éducative internes à chaque université et interconnectant les universités. Un premier réseau expérimental d'échelle régionale fut ensuite rapidement construit sous la direction de Miller au Michigan, Miller travaillant aussi en conjonction avec Gerard pour construire un tel réseau à l'université d'Irvine. Même après que Gerard eut pris sa retraite en 1970, Miller poursuivit dans cette voie jusqu'à la fin de sa carrière en travaillant au développement de ce projet à l'échelle mondiale, que ce soit dans les années 1970 en qualité de vice-président du bureau fédéral de l'« Académie pour le développement de l'éducation » et de consultant du Département d'État ou, par la suite, au sein de l'« Université du Monde » [*University of the World*] qu'il fonda en 1981 à San Diego (Californie). Un progrès important dans la réalisation du projet initié par Miller fut accompli dès le milieu des années 1970 avec la création dans le cadre d'EDUCOM d'un programme de recherches appelé EDUNET, qui déboucha rapidement sur une mise en réseau informatique d'universités américaines à l'échelle nationale. Ce fut un succès mitigé du fait du coût de cette mise en réseau et de la vitesse encore trop modeste de traitement des données par les ordinateurs. Le pas vraiment décisif fut la création en 1983 (avec le concours de l'entreprise I.B.M.) de BITNET, qui constitua le premier réseau informatique connectant des universités à l'échelle internationale et qui permettait en particulier l'utilisation de messageries électroniques : le précurseur direct d'INTERNET était né¹.

Que deux des protagonistes majeurs de l'actualisation du projet de « systémologie générale » aient ainsi fait partie des tout premiers artisans de la création d'INTERNET – et pas seulement, comme le fut aussi bien Wiener, des premiers apôtres d'une « vision informationnelle » de l'homme et de la société ayant préparé le terrain scientifique et philosophique nécessaire à l'avènement de cette sorte d'incarnation électronique de la « noosphère » dont parla Teilhard de Chardin² – est un aspect tout-à-fait remarquable de l'histoire de ce projet qui mériterait des études spécifiques : il montre en tout état de cause que la « systémologie générale » fut au minimum une idée directrice féconde ayant très concrètement et significativement contribué à façonner l'histoire contemporaine.

4-1-5-3 – *L'exemple du second rapport au « Club de Rome » sur les « limites à la croissance »*

Déjà évoqué au 4-1-2-10 pour sa dimension praxéologique et ses prises de position idéologiques, le second rapport sur les « limites à la croissance » remis en 1974 au « Club de Rome » par Mesarović et Pestel constituera mon second exemple de contribution « systémico-technologique », qui me semble au moins aussi emblématique – notamment par le contraste entre son destin infiniment moins favorable et la réussite que l'on peut malheureusement y voir *a posteriori*.

Le premier rapport au « Club de Rome » remis en 1972 par Forrester et Meadows avait consisté à sélectionner quelques variables quantifiables jugées caractéristiques de l'état du monde et de la problématique de la « croissance », telles que l'effectif de la population, le capital industriel, la production de nourriture, les ressources non renouvelables et le niveau de pollution. Les évolutions temporelles de ces variables y avaient été exprimées par des relations fonctionnelles induites des données contemporaines disponibles, dans un modèle faisant un abondant usage de boucles de rétroaction. Une fois le modèle obtenu implémenté sur un ordinateur, son comportement avait pu être

¹ Brown G.W., Miller J.G. & Keenan T.A.(1967) ; Robert C. Heterick Jr., "Educom: A Retrospective" (1998). Voir aussi Hammond D. (2003), p. 145, pp. 148-149 et pp. 169-170.

² Wiener N. (1954, 1962) ; Teilhard de Chardin P. (1947). Voir Breton P. (2000), pp. 33-41, dont les analyses méritent d'être approfondies.

simulé selon les valeurs initiales choisies pour les différentes variables. Forrester et Meadows montrèrent que pour un large spectre de choix de valeurs initiales, le maintien des taux de croissance contemporains des différentes variables considérées conduisait systématiquement le « système-monde » au désastre, du fait de la raréfaction des ressources et de l'accroissement de la pollution. Et la conclusion de leur rapport fut un appel à stopper d'urgence la croissance dans tous ses aspects. Une critique majeure et légitime en fut que ces conclusions, si elles avaient le mérite d'inciter à de profonds changements ou, au moins, d'interroger les consciences sur leur nécessité, s'identifiaient objectivement à la préconisation du gel des abyssales inégalités entre les niveaux de développements des différents pays à l'échelle mondiale. En négligeant la diversité culturelle, politique et économique du monde réel, ce premier « modèle-monde » reposant au contraire sur un principe d'« agrégation globale » se révélait en fait incapable de fournir un outil de prise de décision opérationnel et pertinent pour les acteurs internationaux très divers auxquels s'adressaient directement ses conclusions¹.

C'est précisément à cette faiblesse que le modèle construit sous la direction de Mesarović et Pestel s'efforça explicitement de remédier, sur la base du modèle général des « systèmes hiérarchiques à niveaux multiples » que le premier avait élaboré à la fin des années 1960. Le « système-monde » y était décomposé en dix grandes régions géographiques prenant en compte leurs spécificités (traditions, styles de vie, niveaux de développement économique, conceptions politiques), ces régions étant elles-mêmes regroupées en trois grandes (« monde développé », Amérique latine et Asie du Sud). Chacune des dix régions était à son tour appréhendée comme une structure hiérarchique organisée en six strates auxquelles correspondaient autant de niveaux de prise de décision. Les régions et les strates ainsi distinguées étaient conçues en interaction (par exemple par les échanges économiques, les transferts de technologie ou les mouvements migratoires)².

Le modèle obtenu, dont le schéma structural est reproduit dans l'annexe 4-1-5-3 mais dont les détails ne furent pas complètement explicités, était d'une complexité bien supérieure à celle du premier rapport : il mettait en jeu plus d'une centaine de milliers de relations fonctionnelles entre plusieurs centaines de variables, et faisait comme le premier « modèle-monde » un usage abondant de boucles de rétroaction. Son implémentation sur des ordinateurs permit des « analyses de scenarii », i.e. l'examen des conséquences de certaines prises de décision. Malgré la multiplicité des scenarii envisageables, les auteurs du rapport estimaient que l'on pourrait accorder un « haut degré de probabilité » à certaines conclusions dès lors que l'on observerait des résultats récurrents dans ces scenarii alternatifs³. Ils examinèrent dans cette perspective six grandes problématiques, les résultats fournis par la simulation des différents scenarii utilisés pour ces examens étant présentés au moyen de graphiques (sans toutefois, là encore, que soit pleinement explicitée la manière d'intégrer ces scenarii au modèle). Assumant sa vocation normative, le rapport présentait à l'issue de chacun de ces examens une série de préconisations⁴ qui visaient explicitement à convaincre les décideurs d'« entreprendre des solutions globales » aux inquiétants problèmes soulevés par leurs simulations⁵.

¹ Pour des critiques contemporaines, voir Peccei A. & King A., in Mesarović M.D. & Pestel E. (1974), p. 180 ; Ward L.M. & al. (1978), p. 137 ; Lilienfeld R. (1978), pp. 235-244 ; et Keyfitz N. (1979). Pour des analyses plus complètes, voir Vieille-Blanchard E. (2011).

² Les dix régions étaient les suivantes : Amérique du Nord, Europe occidentale, Japon, reste du monde développé selon une économie de marché (en particulier Australie et Afrique du Sud), Europe orientale (U.R.S.S. comprise), Amérique latine, Afrique du Nord et Moyen-Orient, Afrique tropicale, Asie du Sud, Extrême-Orient (sauf Japon). Les six niveaux hiérarchiques étaient (1) le niveau géophysique (climat, ressources naturelles, etc.) ; (2) le niveau écologique (états et processus écologiques impliquant les êtres vivants) ; (3) le niveau technologique ; (4) le niveau démo-économique (prenant en compte la démographie comme l'économie) ; (5) le niveau social (comportement des divers groupes et institutions sociales) ; et (6) le niveau individuel (prenant en compte les conditions psychiques et biologiques de l'existence individuelle, mais aussi les systèmes de valeurs qui l'imprègnent)

³ Mesarović M.D. & Pestel E. (1974), pp. 38-51.

⁴ *op. cit.*, pp. 58-132.

⁵ *op. cit.*, p. 8.

Problématique et scénarii envisagés	Préconisations
Évolution des écarts entre les trois grandes régions du monde selon quatre scénarii : (1) absence d'aides significatives fournies par le monde « développé » ; (2) aides continues du monde « développé » entre 1975 et 2025 ; (3) aides du monde « développé » à partir de 2000 ; (4) aides continues du monde « développé » supérieures à (2), mais s'arrêtant en 2000	Privilégier le scénario (4) (moindre coût pour le monde « développé » et possibilité d'autosuffisance du monde « en développement » en 2000)
Croissance démographique, selon trois scénarii concernant les dates de lancement de programmes de limitation des naissances : (1) en 1975 ; (2) en 1985 ; (3) en 1995	Mettre en place immédiatement des programmes de limitation des naissances afin de limiter au plus tôt les conséquences de l'explosion démographique (surpopulation urbaine, chômage, mortalité infantile)
Conséquences des prix du pétrole sur les économies régionales, selon deux scénarii : (1) prix bas ; (2) prix « optimal » pour les régions importatrices (eu égard à leur PIB)	Nécessité d'une augmentation progressive des prix du pétrole et développement corrélatif de la recherche de sources d'énergie de substitution
Conséquence des relations entre pays exportateurs de pétrole et pays importateurs, selon trois scénarii : (1) réduction de la production et augmentation des prix sans réaction des pays importateurs ; (2) scénario (1) avec augmentation des prix des biens d'équipement exportés vers les pays producteurs ; (3) « coopération » : les importations et exportations de pétrole et de biens répondent aux seules règles du marché	Privilégier le scénario de « coopération »
Conséquences de la politique des pays « développés » vis-à-vis de l'Asie du Sud, selon quatre scénarii prenant en compte les effets de la politique démographique, des aides au développement et des politiques économiques.	Privilégier l'aide en biens d'équipements et non en marchandises ; favoriser un développement économique équilibré dans toutes les régions ; diversifier l'industrie à l'échelle mondiale ; avoir le souci d'une politique démographique efficace
Développement des techniques énergétiques : étude non exposée de multiples scénarii en vue d'en déduire un scénario optimal des points de vue technologique, économique et sociopolitique.	Utiliser le pétrole à court terme ; à moyen terme, favoriser les techniques de gazéification et de liquéfaction du charbon ; à long terme, création de centrales solaires dans les régions productrices de pétrole

Outre par la structure hiérarchique de son modèle, le second rapport se distinguait sensiblement du premier par ses conclusions : au lieu de prédire un effondrement global du « système-monde » vers le milieu du XXI^e siècle en cas de poursuite des tendances contemporaines et de préconiser l'avènement rapide d'une croissance nulle, Mesarović et Pestel prédisaient dans le premier cas une multiplicité de crises de différentes natures et à des moments différents dans les diverses régions du monde ; et ils préconisaient plutôt des actions globales concertées entre les différents acteurs permettant une « croissance organique » adaptée aux états économiques et sociaux de chaque région, et qui tende aussi bien à réduire les inégalités entre niveaux de développement qu'à trouver la voie d'un développement humain compatible avec l'exigence vitale de respect de son environnement naturel. Mesarović et Pestel appelaient en fin de compte à une « restructuration du système » (« horizontale » en tant qu'elle concerne les relations entre états et régions, et « verticale » en tant qu'elle concerne des « changements drastiques » dans le sous-système des normes et des objectifs humains). Mais comme leurs prédécesseurs, ils n'hésitaient pas à mettre en garde contre les « conséquences mortelles » qui découleraient inévitablement d'une absence de prises de décision adéquates : leur rapport se présentait à cet égard comme un guide exposant une « stratégie de survie » pour les décennies à venir¹.

En dépit du dépassement des insuffisances reprochées au modèle de Forrester et Meadows eu égard à sa conception du monde comme un système homogène, celui de Mesarović et Pestel et ses conclusions furent pour l'essentiel sujets aux mêmes critiques. Ainsi contesta-t-on les hypothèses sous-jacentes aux modèles et l'adéquation des procédures de modélisation utilisées ; l'idée même de projections à long terme alors que d'une part les relations fonctionnelles constitutives des modèles

¹ *op. cit.*, pp. 56-57.

n'avaient aucune raison de rester valides à l'échelle temporelle des prédictions faites, et que d'autre part la sensibilité de ces modèles à de petites erreurs initiales était susceptible de se propager pour devenir une source d'imprédictibilité ; ou encore la présentation comme scientifiques de travaux jugés ne pas en être au motif que les relations fonctionnelles y étaient empiriquement induites sans que l'on dispose d'un cadre théorique et d'expériences contrôlées permettant de juger leur caractère causal et leur généralité¹. Indéniable était en tout état de cause la difficulté considérable d'évaluer précisément l'impact relatif sur leurs prévisions des myriades d'hypothèses et données utilisées pour faire fonctionner ces « modèles-monde », donc en particulier pour comparer ces derniers². La « ruse de la raison » reste malgré tout que quarante ans de béate cécité, de règne organisé et institutionnalisé du cynisme et de l'immoralité, de conditionnement des masses et de soumission généralisée à l'ordre « TINA »³ sous l'injonction psalmodique à la « croissance », ont légué aux présentes générations l'opportunité d'observer les prédictions funestes des rapports au « Club de Rome », en particulier celles du second, gagner chaque jour un peu plus en crédibilité : la critique scientifique (et philosophique) fut ici comme ailleurs plus aisée que la construction d'alternatives pertinentes, et infiniment plus aisé encore se montra, ici comme ailleurs, l'art de la mettre (consciemment ou non) au service impeccable des intérêts les plus médiocres.

4-1-5-4 – *Des vues ambivalentes sur la « technologie systémique »*

J'en viens aux raisons de la part relativement réduite des considérations que les trois principaux « pères fondateurs » du projet de « systémologie générale » consacrèrent à son pôle « systémico-technologique ». Commençons par prendre acte du fait que Bertalanffy, Rapoport et Boulding intégraient volontiers ce pôle dans leur projet. C'était inévitable puisque le premier était seul en mesure d'accomplir les vocations praxéologiques du second. Nous avons vu au 4-1-1-2 que Bertalanffy faisait une place à part entière à la « technologie systémique » dans sa classification des domaines « systémologiques ». Il n'hésita d'ailleurs pas à insister plusieurs fois dans ses derniers écrits sur la nécessité de son avènement, l'expliquant en ces termes :

La technologie et la société modernes sont devenues si complexes que les branches traditionnelles de la technologie ne suffisent plus ; des approches de nature holistique ou systémique, généralistes et interdisciplinaires, sont devenues nécessaires. C'est vrai à bien des égards. L'ingénierie moderne inclut des domaines tels que la théorie des circuits, la cybernétique en tant qu'étude « de la communication et du contrôle » (Wiener), et les techniques informatiques pour traiter des « systèmes » d'une complexité inaccessible aux méthodes classiques des mathématiques. Des systèmes de maints niveaux exigent un contrôle scientifique : des écosystèmes, dont la perturbation a pour conséquence de pressants problèmes de pollution ; des organisations formelles telles que les bureaucraties, les institutions éducatives ou les armées ; des systèmes socio-économiques, avec leurs sérieux problèmes de relations internationales, de politique et de dissuasion [...] Il est incontestable qu'il s'agit essentiellement de problèmes « systémiques », i.e. de problèmes impliquant des interrelations entre un grand nombre de « variables ». La même chose vaut pour des objectifs plus étroits dans l'industrie, le commerce et l'armement⁴.

Mais il faut aussi observer que même lorsqu'il ne s'agissait pas pour Bertalanffy d'attaquer frontalement les tendances technocratiques des systémiciens et leur rôle dans la construction d'une société qu'il honnissait à maints égards – attaques dont nous avons vu au 3-4-2-6 qu'il était coutumier aux côtés de Boulding – il ne résistait pas à la tentation d'intégrer à ses explications d'ironiques allusions à ces tendances :

Au cours des dernières années, sont apparus des professions et emplois encore récemment inconnus, sous les noms de conception de systèmes, analyse des systèmes, ingénierie des systèmes ou autres. Ils sont le *noyau d'une nouvelle technologie, d'une nouvelle technocratie* ; leurs praticiens sont les

¹ Ward L.M. & al. (1978), p. 135 et pp. 138-142.

² Voir Keyfitz N. (1979) pour une tentative de construire des outils à cette fin.

³ « There Is No Alternative » (à l'ultra-libéralisme) : célèbre slogan (et surnom) du Premier Ministre britannique Margaret Thatcher dans les années 1980.

⁴ Bertalanffy L. von (1968a), p. xx et (1972a), p. 35.

« nouveaux utopistes »¹ de notre temps [... Ils] *œuvrent pour créer un Nouveau Monde, qu'il soit « le meilleur » ou je ne sais encore*. Les origines de ce développement sont complexes. Un aspect est le développement depuis la technique énergétique – la libération de grandes quantités d'énergie comme dans les machines à vapeur ou électriques – jusqu'à l'ingénierie du contrôle, qui dirige des processus au moyen de dispositifs de faible puissance et à mené aux ordinateurs et à l'automatisation. Sont apparues des machines autorégulées, du modeste thermostat domestique aux missiles très sophistiqués d'aujourd'hui en passant par les missiles à tête chercheuse de la seconde guerre mondiale. La technologie fut amenée à penser non pas en termes de machines individuelles, mais en termes de « systèmes ». Une machine à vapeur, une automobile ou un récepteur radio restaient dans le domaine de compétences d'un ingénieur formé dans les techniques correspondantes. Mais lorsqu'on en vient aux missiles balistiques ou aux véhicules spatiaux, ils doivent être assemblés à partir de composants issus de technologies hétérogènes, mécanique, électronique, chimique, etc. ; des relations entre l'homme et la machine entrent en jeu, et d'innombrables problèmes financiers, économiques, sociaux et politiques sont impliqués dans l'affaire. De la même manière, la circulation aérienne ou même automobile ne sont pas une simple question de nombre de véhicules impliqués : ce sont des systèmes devant être planifiés ou arrangés. D'innombrables problèmes surgissent aussi bien dans la production, le commerce et les armements. C'est pourquoi une approche « systémique » est devenue nécessaire. Un certain objectif est fixé ; et trouver des voies et des moyens afin de le réaliser requiert un spécialiste des systèmes (ou une équipe de spécialistes) capable d'envisager les diverses solutions au sein d'un réseau terriblement complexe d'interactions, et choisir celles, optimales, qui promettent un maximum d'efficacité et un coût minimal. Ceci exige des techniques élaborées et des ordinateurs pour résoudre des problèmes transcendant largement la capacité d'un seul mathématicien. Aussi bien le « *hardware* » des ordinateurs, de l'automatique et de la cybernétique que le « *software* » de la science des systèmes représentent une nouvelle technologie [...] Et ces développements n'ont pas été limités au seul complexe militaro-industriel : les politiciens réclament fréquemment une application de l'« approche systémique » à des problèmes pressants tels que la pollution de l'air et de l'eau, la gestion de la circulation, la pègre urbaine, la délinquance juvénile, le crime organisé et la planification urbaine².

Bertalanffy, Rapoport et Boulding eurent en fait une vision ambivalente de la « technologie systémique ». Tout en considérant son développement comme nécessaire aussi bien historiquement que du point de vue de l'actualisation du projet « systémologique », ils craignaient en premier lieu que l'on réduise ce dernier à ses expressions technologiques, et éprouvaient en conséquence régulièrement le besoin de réaffirmer *a contrario* ses vocations purement scientifiques et philosophiques (en particulier axiologiques). Typiques à cet égard sont ces deux remarques formulées par Rapoport :

Le mode systémique de pensée démasque la conception exclusivement pragmatique de la science (c'est-à-dire orientée vers les applications, l'action et le concret) comme une simplification trompeuse de ses origines et de sa capacité de production³.

La théorie moderne des systèmes ne devrait pas seulement être vue comme un ensemble de techniques destinées à résoudre des problèmes surgissant dans les cadres conventionnels de pensée, tels que les problèmes d'une technologie toujours plus complexe, mais aussi comme l'avant-garde d'une nouvelle vision mieux équipée pour faire face au taux croissant de changement historique⁴.

Leurs craintes s'orientaient surtout vers ce qu'ils percevaient comme les « dangers du nouveau monde cybernétique », la tendance de la « technologie systémique » à être happée par les « pièges » des « tendances anti-humanistes » pour finir par servir des objectifs sociaux, économiques, militaires et politiques antithétiques aux valeurs que portées par leur projet « systémologique »⁵. Ils avaient une claire conscience du potentiel aussi bien destructeur que libérateur de la « science » et de la « technologie des systèmes », de leur capacité de semer la mort aussi bien que de servir la vie, d'enfoncer plus encore le monde contemporain dans une corruption telle que la science et l'homme

¹ Référence était faite ici à l'essai critique publié en 1965 par Robert Boguslaw (*The new utopians*), dirigé contre l'émergence de nouvelles formes de scientisme et de technocratie.

² Bertalanffy L. von (1968a), pp. 3-4. Les italiques me sont propres. Sur le dernier aspect mis en avant par Bertalanffy, voir par exemple Hartley H.J. (1968), voué à discuter « l'émergence d'un concept systémique pour le gouvernement ».

³ Rapoport A. (1986, 1988), p. 224.

⁴ Rapoport A. (1970), p. 25.

⁵ Rapoport A. (1974), p. 249 et Bertalanffy L. von (1968a), p. 10.

lui-même soient menacés, ou au contraire de favoriser l'émergence d'une « société mondiale plus sûre et satisfaisante »¹ :

La contribution de la vision systémique au progrès humain dépend crucialement du type de systèmes que l'on soumet à notre examen et des perspectives selon lesquelles on le fait².

¹ Boulding K.E. (1958, 1961), pp. 6-7.

² Rapoport A. (1973b), p. 190.

4-2 – La postérité de l'« herméneutique systémologique »

Je me suis efforcé dans le précédent chapitre de reconstruire le projet initié par Bertalanffy dans la cohérence qu'il aurait pu avoir, sur la base des principales contributions à son actualisation entre le milieu des années 1950 et la fin des années 1970. Précisément parce que son étude permet cette reconstruction, cette période peut être vue comme celle d'une *maturation*. Remarquons toutefois qu'il n'aurait été possible de parler de *maturité* qu'à deux conditions : (1) qu'une systématisation dans l'esprit de celle que j'ai esquissée ait été entreprise de manière consistante dès cette époque, ce qui ne fut pas le cas ; et surtout que (2) les promesses dont ce projet était porteur aient été plus significativement tenues (notamment du point de vue des contributions effectives à l'avancement de la recherche scientifique) qu'elles ne le furent. Je suggère de rechercher la raison du fait que la « systémologie générale » n'atteignit pas un stade mature non pas dans l'existence de carences essentielles et irrémédiables qui lui seraient intrinsèques, mais dans la spécificité de circonstances historiques qui lui permirent certes de bénéficier un temps d'une relative visibilité académique, mais jamais de gagner la « respectabilité » nécessaire pour garantir aux chercheurs motivés par son développement la pleine liberté et les moyens d'y parvenir. La pertinence de cette hypothèse doit pouvoir être évaluée en considérant la période inaugurée symboliquement par la mort de Bertalanffy en 1972 et qui s'étend jusqu'à nos jours. J'envisagerai ici cette période comme celle d'une « postérité » de la « systémologie générale ». Ce n'est toutefois pas au sens où elle appartiendrait définitivement au passé, mais au sens où le nombre des contributions significatives à son développement s'amenuisa tout au long des années 1970 cependant que fusaient à son encontre maintes attaques souvent féroces et plus rarement justifiées, et qu'on en arriva dès lors très vite au point où l'on ne s'y référerait plus guère que dans de lapidaires et trop fréquemment approximatifs commentaires relégués aux notes de bas de page, seul l'esprit qui animait ses fondateurs parvenant encore à être cultivé par quelques rares chercheurs marginalisés.

4-2-1 – *Un destin ambivalent*

Mon examen va dans cette perspective consister à mettre en évidence l'ambivalence du destin de la « systémologie générale ». Il s'agira en effet d'une part de recenser les assauts auxquels elle fut exposée tout au long de la période considérée, en repérant les principales causes de ces assauts. L'échec de son institutionnalisation sera relaté dans le prolongement de ce recensement. Il s'agira toutefois aussi de mettre en contrepoint de ces réalités l'incontestable actualité des thèmes « systémologiques ». De sorte que la question d'un possible avenir de l'« herméneutique systémologique » apparaîtra légitime, question que j'aborderai dans une seconde section en m'appuyant notamment sur ce que j'ai pu observer au cours de ces dernières années lorsque j'ai, dans le cadre de mes recherches, été amené à entrer en contact et à travailler avec certains des représentants de la recherche systémique contemporaine.

4-2-1-1 – *Les attaques du projet de « systémologie générale »*

Un fait remarquable apparaît lorsque l'on cherche à recenser systématiquement les critiques formulées à l'endroit du projet initié par Bertalanffy : l'écrasante majorité d'entre elles le furent après la mort de ce dernier, presque toutes l'étant entre 1972 et 1980. On observe aussi que les quelques unes dont il put prendre connaissance, pour la plupart évoquées dans les précédentes parties, furent formulées de l'intérieur du mouvement systémique (par exemple par Ashby, Ackoff et Mesarović) : les critiques « externes », au premier rang desquelles celles de Hempel et de Nagel, faisaient à cette époque exception. Les années 1970 donnent au contraire à voir une déferlante de critiques dont la majorité furent « externes ». Un témoignage bien imagé s'en trouve dans un *General systems bulletin* :

L'analyse des systèmes et la théorie des systèmes ont été un grand sujet de controverses au cours de la dernière décennie. Le ressentiment exprimé par les critiques a crû en nombre, en force et en acrimonie. Les articles occasionnels et marginaux ont mûri pour devenir des livres à part entière, le ton doux de la critique teintée de tièdes louanges a été remplacé par celui de l'exaspération

véhémente. En bref, le moustique irritant qui pouvait aisément être balayé s'est transformé en dragon devant être exterminé¹.

Trois facteurs semblent pouvoir être repérés pour expliquer cette surexposition relativement soudaine à la critique. Le premier a trait à la fonction objectivement technocratique d'« experts » auprès d'agences gouvernementales qu'un nombre significatif de systémiciens (par exemple Miller et Gerard) assumèrent dans les années 1960 au service de la prise de décision dans les politiques publiques : non seulement leurs contributions furent jugées inefficaces au point que le président Nixon fut conduit à mettre un terme à leur subvention, mais elles furent associées aux orientations politiques par définition contestables qu'elles servaient². Dès lors que les systémiciens concernés justifiaient leurs approches en référence au projet de « systémologie générale », ils l'exposaient inévitablement au feu de la critique sociale. Il n'est à cet égard pas étonnant que les assauts les plus acerbes à son endroit furent majoritairement le fait de sociologues. Un second facteur eut le même effet, mais en l'amplifiant parce qu'il eut un écho médiatique tel qu'il donna à l'existence de ce projet une large audience publique et incita des scientifiques de tous horizons à se mêler au concert des critiques : il s'agit de la publication en 1972 et 1974 des rapports au « Club de Rome » sur les « limites à la croissance », qui bousculèrent tant les certitudes fédératrices de l'ordre socio-économico-politique établi qu'ils amenèrent inmanquablement ceux qui entreprirent d'enquêter sur les fondements de ces rapports à s'intéresser au « paradigme systémique », de sorte que le projet « systémologique » se retrouva là encore en ligne de mire³. Un troisième facteur, enfin, tient aux ambitions transdisciplinaires de ce projet : elles remettaient directement en cause des impératifs de territoires disciplinaires, incitant à considérer les systémiciens comme des intrus⁴, comme le furent en général avant eux les biomathématiciens dans le domaine des sciences de la vie. Tel fut particulièrement le cas en sciences sociales : les postulats et les méthodes des systémiciens, qu'il s'agisse notamment de leur goût pour les mathématiques et la formalisation ou de leur prédilection pour les transferts conceptuels entre « sciences de la nature » et « sciences de l'homme », y suscitèrent de violentes réactions, dans la mesure justement où leurs travaux gagnaient en visibilités académique et politique.

Un panorama des attaques contre la « systémologie générale » peut être dressé selon plusieurs critères, par exemple selon qu'elles furent « internes » ou « externes » au mouvement systémique, selon l'origine disciplinaire de leurs auteurs ou en fonction des différents aspects de ce projet visés par ces attaques. J'ai tenté ici une autre approche s'appuyant sur les résultats obtenus dans la présente thèse : recenser en premier lieu l'ensemble des attaques que je juge dépourvues de fondement solide ; relever ensuite celles qui m'apparaissent partiellement justifiées ; et terminer par le petit nombre de celles qui me semblent l'être pleinement. J'ai choisi de présenter ce recensement dans trois tableaux correspondant à ces critères, chacun d'entre eux étant à son tour subdivisé en rubriques se rapportant aux aspects de la « systémologie générale » qui sont concernés. Les références aux critiques mentionnées sont fournies en notes, parfois avec quelques citations caractéristiques. La colonne de droite de ces tableaux formule de brèves réfutations à ces critiques ou (dans le cas des deux derniers tableaux) des arguments qui soit les justifient, soit précisent leur portée. Seules les critiques non purement polémiques et un minimum informées ont été prises en compte : des « exécutions sommaires » telles que celles consistant à disqualifier la « systémologie générale » comme une « aimable excentricité »⁵, une « illusion grandiloquente »⁶, une « prétentieuse ineptie »⁷ ou une

¹ Small M.G. (1981), p. 25.

² Voir surtout Hoos I.R. (1972). L'importance de cet aspect a été reconnu par les systémiciens récents : voir Jackson M.C. (1989), p. 74.

³ Lenk H. & Ropohl G. (1978), p. 3 ont suggéré cette importance des rapports au « Club de Rome » dans la « popularisation » de la « théorie des systèmes » et la chronologie aussi bien que le contenu des critiques à son encontre justifient leur point de vue.

⁴ C'est un aspect que souligna avec raison Small M.G. (1981), p. 30.

⁵ Selon un témoignage de Boulding K.E. (1972), p. 85 au sujet des économistes « orthodoxes ».

⁶ Bouleau N. (1999), pp. 347-348 : « Évidemment, les tentatives de *Théorie générale des systèmes* (von Bertalanffy) sont des illusions grandiloquentes dès lors qu'on est concrètement convaincu de la pluralité des modélisations d'une même situation et que corrélativement une modélisation ne peut trouver de légitimation autre que celle de rendre service à l'acteur social pour lequel elle est construite ». Si l'auteur avait vraiment lu Bertalanffy (il se réfère à (1968a)), il se serait dispensé de son premier argument. Et s'il s'était vraiment penché sur le sujet en lisant d'autres écrits avant de qualifier la « systémologie » avec autant de dédain, il se serait aussi dispensé de son second argument.

⁷ Lilienfeld R. (1978), p. 249.

« imposture »¹, n'ont aucun intérêt, hormis celui de bien suggérer l'acrimonie suspecte des réactions qu'elle suscita dans l'ordre épistémologique et académique établi.

Tableau des attaques de la « systémologie générale » dépourvues de fondement solide

Aspects critiqués	Contenu de la critique	Réfutation de la critique
Scientificité	La « systémologie » n'est qu'une nouvelle variante de métaphysique holistique et émergentiste présentée dans un costume sophistiqué ²	Le cadre (ou au moins l'esprit) « systémologique » a favorisé la construction de modèles théoriques pertinents, donc il ne saurait être réduit à sa composante métaphysique ; de plus, le perspectivisme ne conçoit le holisme et l'émergentisme que comme des points de vue méthodologiques ³
	Les théories de « systèmes généraux » ne sont pas scientifiques car elles sont trop générales : elles ne fournissent aucune prédiction empiriquement testable et ne sont pas réfutables. Il y a une contradiction dans l'ambition d'énoncer des lois ou des principes hyper-généraux ayant une applicabilité empirique ⁴	La critique s'appliquerait aussi bien à des théories vénérées par les philosophes « orthodoxes » des sciences. Les « systémologies théoriques » sont scientifiques soit parce qu'en conjonction avec des hypothèses auxiliaires et des données empiriques, elles permettent de dériver des conséquences empiriquement testables, soit parce qu'elles permettent de construire des modèles théoriques satisfaisant ces conditions (« testabilité vicariante ») ⁵
	La « systémologie générale » n'est pas scientifique car elle énonce des jugements normatifs ⁶	Repose sur une incompréhension de l'architecture du projet « systémologique ». Les jugements normatifs ne relèvent que de l'axiologie et de la praxéologie « systémologiques » : ils ne sauraient donc être invoqués pour remettre en cause la scientificité des « systémologies théoriques » ⁷
	La « systémologie générale » n'a apporté qu'un vocabulaire nouveau, sans établir sa capacité à résoudre des problèmes scientifiques ou techniques spécifiques ; elle a au mieux permis de réactiver d'anciens problèmes sous un jour inédit ⁸	Jugement caricatural et incontestablement erroné si l'on conserve entre autres à l'esprit les modèles théoriques de Bertalanffy ou la cybernétique d'Ashby, dont les valeurs ne peuvent objectivement pas être ainsi réduites ⁹ .
	L'ensemble des objets que l'on peut appréhender comme des systèmes est si	Les expressions trop emphatiques et imprécises de Bertalanffy dans ses écrits fondateurs ne doivent pas masquer le fait que la « systémologie

¹ Berlinski D. (1978), p. 949. D'autres attaques de Berlinski sont considérées plus loin. Eugene a pu écrire à son sujet qu'il faisait soit preuve d'ignorance, soit preuve de « restriction mentale » (Eugene J. (1981), p. 125). On peut au moins affirmer qu'il fit preuve de mauvaise foi.

² Phillips D.C. (1969), pp. 5-6 ; (1972), p. 475 et (1976), pp. 1-45.

³ Voir les 1-2, 2-1-2, 2-1-3 et 2-2-3.

⁴ Phillips D.C. (1969), pp. 14-15 et (1976), pp. 65-67 ; Lilienfeld R. (1978), p. 256 ; et Berlinski D. (1978), p. 952 : « Si les lois de la théorie des systèmes doivent être générales, elles ne peuvent pas être empiriques ; et si elles doivent être empiriques, elles ne peuvent pas être générales [...] L'idée que les principes empiriques très particuliers puissent d'une manière ou d'une autre être tirés de définitions d'une généralité écrasante traduit une passion quasi-orientale pour la coïncidence des opposés ».

⁵ Bunge M. (1977b), en particulier p. 29 et p. 35 : « Une théorie est scientifique si et seulement si (i) elle est compatible avec la masse de la connaissance scientifique et si soit (ii) jointe à des hypothèses subsidiaires et à des données empiriques, elle contient des conséquences empiriquement testables, soit (iii) jointe à des hypothèses subsidiaires et à des données empiriques, elle contient des théories qui à leur tour contiennent des conséquences empiriquement testables comme dans (ii) ». Voir aussi les 4-1-1-3, 4-1-3-1, 4-1-3-2, 4-1-3-3 et 4-1-4-1.

⁶ C'est un argument en filigrane de toutes les analyses de Lilienfeld R. (1976) et, comme l'ont remarqué Lenk et Ropohl (in (1978), p. 8), il explique certainement une bonne part du désintérêt de la plupart des philosophes des sciences pour la « systémologie générale ».

⁷ Voir 4-1-1-3, 4-1-2-8 et 4-1-2-9.

⁸ Berlinski D. (1978), p. 949 et Lilienfeld R. (1978) : « Aucune preuve n'a été fournie que la théorie des systèmes ait été utilisée pour trouver la solution au moindre problème substantif, dans le moindre champ » (p. 192) ; « On peut se demander ce qu'elle nous a apporté dont nous ne disposions déjà, hormis un nouveau vocabulaire [...] Quelle science – nouvelle ou ancienne, théorique ou appliquée – peut désigner de nouvelles découvertes et dire qu'elles sont des résultats de la théorie des systèmes. Il n'y en a aucune. Rien ne suggère que des concepts féconds pour une science spécifique – physique ou sociale – puissent être développés à partir d'idées systémiques » (p. 256). Voir aussi Delattre P. (1980, 1982), p. 23.

⁹ Voir 2-5, 2-6 et 3-3-4.

Valeur scientifique	divers qu'il est hautement improbable que ces objets aient en commun autre chose que des propriétés triviales : une « théorie générale des systèmes » n'a donc guère d'intérêt scientifique ¹	générale » ne doit pas être vue comme le projet d'une « théorie générale des systèmes », mais (dans sa composante théorique) comme celui d'un ensemble de « théories de systèmes généraux » définissant des classes d'équivalence sur la base de propriétés qui n'ont rien de trivial
	Les applications à caractère sociologique de la « systémologie générale » ont <i>toutes</i> été désastreuses, attestant ainsi de sa piètre valeur scientifique ²	Elles l'ont effectivement le plus souvent été lorsqu'elles s'inscrivaient dans un cadre technocratique qui, précisément, contredisait la philosophie des fondateurs du projet. Mais on ne peut par exemple pas sérieusement soutenir que le second rapport au « Club de Rome », ou encore la mesure diachronique allométrique de l'urbanisation par Bertalanffy et Naroll, furent des productions dont la qualité était « désastreuse » ³
Vocations	Les objectifs et les prétentions de la « systémologie générale » n'atteignent qu'un « degré cliniquement gazeux de précision » ⁴	Rapoport et Klir, notamment, ont très largement corrigé ce défaut effectivement présent dans les écrits programmatiques de Bertalanffy, et même ce dernier a apporté de nombreuses précisions dans ses publications ultérieures ⁵ .
	Le projet d'unification de la science porté par la « systémologie générale » est un fantasme reposant sur un postulat métaphysique injustifié, projeté sur une réalité qui le désavoue perpétuellement ⁶	Le postulat contraire d'une « désunion de la science », tout aussi métaphysique, n'est pas plus justifié, car les divisions de la recherche scientifiques sont au moins dans une large mesure des artefacts historiquement contingents. De surcroît, l'unitarisme de la « systémologie générale » est inséparable de ses valeurs humanistes, d'un souci aigu du sens et de la portée éthique de la recherche scientifique : c'est un souci qui a au moins le mérite de ne pas adouber philosophiquement le « règne des spécialistes »
	Les prétentions de la « systémologie générale » à unifier les sciences ou même le seul mouvement systémique sont illusoire : elles reposent sur des « ambiguïtés constitutives » cultivées dans les concepts, les méthodes, les positions épistémologiques et une ligne de démarcation délibérément incertaine entre science et philosophie ⁷	Le projet « systémologique » vise justement un processus d'unification qui prend acte de la diversité des problèmes et des points de vue : ses indéniables ambiguïtés ne sont donc <i>a priori</i> constitutives que d'un état précoce de développement. Par ailleurs, bon nombre de travaux authentiquement transdisciplinaires ont été réalisés dans la perspective « systémologique » et il est donc faux d'affirmer qu'elle n'ait offert aucune contribution à l'unification des sciences ⁸
	La « systémologie générale » est restée incapable de définir précisément ce qu'est	Elle n'a jamais eu pour objectif de définir ce qu'est <i>un</i> système ; sa vocation est de caractériser <i>divers</i> types de systèmes susceptibles de multiples interprétations concrètes. Les exemples de la

¹ Simon H.A. (1969, 1974), p. 105.

² Lilienfeld R. (1978), p. 257 en particulier.

³ Voir 4-1-4-2 et 4-1-5-3.

⁴ Berlinski D. (1978), p. 950.

⁵ Voir 4-1-2, 4-1-3-1, 4-1-3-2, 4-1-3-3 et 4-1-4-1.

⁶ Minary J.P. (1992), p. 33 ; même si elles ne discutent pas le projet « systémologique », les thèses sur une « désunion de la science » soit disant nécessaire parce que « reflétant la complexité ontologique du monde », le « désordre des choses », sont implicitement applicables en premier lieu à ce projet : voir Dupré J. (1995) et Galison P. & Stump D.J. (1996).

⁷ Minary J.P. (1992), pp. 28 sq.

⁸ Voir 3-4-1-3, 3-4-1-4, 3-4-1-6, 3-4-1-7, 4-1-2-3, 4-1-3-4, 4-1-3-5 et 4-1-4-3.

Logique et méthodologie	un système et n'a rien apporté de significatif à ce sujet ¹	« théorie des systèmes ouverts » ou de la cybernétique d'Ashby suffisent à réduire la seconde partie de la critique soit à de l'ignorance, soit à de la mauvaise foi ² .
	Les accusations portées par les systémiciens contre les logiques et méthodes « méristiques » sont faibles ³	Sauf exceptions liées à des intentions polémiques, ces accusations n'ont pas consisté à nier la valeur des logiques et méthodes « méristiques », mais à affirmer qu'elles restent au moins provisoirement incapables de permettre <i>seules</i> l'étude pertinente des systèmes complexes, ce qui est justifié ⁴
	Une véritable connaissance scientifique ne peut s'acquérir qu'au moyen de logiques et de méthodes « méristiques » ; les systémiciens n'échappent pas à cette règle, malgré leurs affirmations ⁵	C'est un point de vue dogmatique qui ignore le rôle fécond et constructif que des approches holistiques ont pu avoir dans l'histoire des sciences ; il existe des modèles théoriques pertinents qui ne sont pas justiciables des seules logiques et méthodes « méristiques » ⁶
Épistémologie	Le rationalisme anti-empiriste des systémiciens ressemble à celui des anciens métaphysiciens rationalistes ; il les mène aux excès d'une notion ubiquitaire de « système » et à la recherche d'isomorphismes stériles ⁷	Le perspectivisme promu par Bertalanffy, présente des traits rationalistes mais ne peut pas pour autant être simplement caractérisé comme un rationalisme. Et l'anti-empirisme des systémiciens implique non pas la négligence des réalités empiriques et de leurs spécificités, mais la pleine reconnaissance du fait que « l'empirie sans théorie reste aveugle ». Il ne s'agissait pas, au moins pour les fondateurs du projet, d'imposer à la recherche de se conformer à un ordre rationnel prédéfini
	La valeur des isomorphismes n'est qu'heuristique, limitée au « contexte de découverte » ; on ne saurait lui accorder une valeur essentielle dans le « contexte de l'explication », qui peut toujours se dispenser des analogies ⁸	C'est le point de vue néo-positiviste orthodoxe, qui constitua un point de désaccord central avec les systémiciens tels que Bertalanffy et Rapoport. Lotka et Volterra ont en fait montré dès les années 1920 la possibilité de construire par isomorphisme des modèles théoriques ayant une visée et une valeur explicatives. Et un cas tel que le destin de l'analogie mathématique entre forces gravitationnelles et électrostatiques (qui contribua significativement à l'émergence de la physique des champs) achève d'infirmer la pertinence de cette critique, qui se révèle elle aussi dogmatique
	La « systémologie » générale met trop l'homme au centre de l'univers, donnant l'impression que l'évolution n'existe que pour son propre salut ⁹	Elle ne le remet qu'au centre de l'intérêt scientifique ; ce qui n'implique aucun anthropomorphisme, mais bien la reconnaissance d'une dignité propre à chaque « niveau d'organisation », de la nécessité de « niveaux de discours » adaptés à chacun d'entre eux, et du fait

¹ Phillips D.C. (1969), pp. 8-9 et (1976), pp. 60-63 : « Aucun progrès significatif dans la pensée au sujet du concept généralisé de système n'a été effectué depuis la fin du XIX^e siècle ».

² Voir 2-5, 2-6 et 3-3-4.

³ Nagel E. (1961), pp. 380-397 et pp. 429-444 ; Phillips D.C. (1969), pp. 12-13 et (1976), pp. 48-60.

⁴ Voir 1-2, 2-2-3, 2-3-2-7, 2-3-2-8, 2-3-2-9, 3-2-3-5, 3-3-2-2. Sur les limites toujours manifestes des méthodes « méristiques », notamment en biologie, voir par exemple Atlan H. (1999) et Sève L. (2005), reconsidérés plus loin.

⁵ Nagel E. (1960, 1968) et (1961), pp. 445-446 ; Phillips D.C. (1976), p. 58.

⁶ Voir 1-4-2, 1-4-4, 1-4-5, 1-4-6, 1-4-7, 2-4, 2-5, 3-3-2, 3-3-4, 4-1-4 et 4-1-5.

⁷ Caws P. (1966, 1968), p. 10 et Simon T.W. (1975), en particulier p. 209.

⁸ Hempel C.G. (1965), pp. 434-445. Nagel E. ((1961), pp. 107-116) fut certainement le philosophe néo-positiviste dont l'ouverture d'esprit à ce sujet fut la plus grande : il reconnut la possibilité que des isomorphismes jouent un rôle significatif dans le « contexte de l'explication ».

⁹ Livesley L.J. (1972), p. 148.

<p>Ontologie</p>	<p>La « systémologie générale » est incapable de formuler des principes systémiques généraux à cause de méthodes naturalistes et d'une ontologie réaliste conduisant à supposer la structure de la nature isomorphe à celle du monde scientifique existant : seules nos méthodes d'appréhension des objets réels sont ou non systémiques, et elles ne doivent cet éventuel caractère qu'à des processus de recherche interdisciplinaire spécifiques qui ne sont justiciables d'aucun « principe systémique général »²</p> <p>La « systémologie générale » hypostasie des concepts purement épistémologiques et méthodologiques⁵</p>	<p>que la connaissance est une construction humaine¹</p> <p>La prémisse est fondée sur une erreur profonde de compréhension du perspectivisme promu par Bertalanffy, qui ne consiste en particulier pas à postuler l'isomorphisme évoqué, mais la possibilité d'homomorphismes entre des « ordres d'événements » et nos représentations créant à son tour celle d'isomorphismes entre nos représentations d'« ordres d'événements » de natures très différentes. L'idée que ce sont non les « choses en soi », mais les connaissances que nous en avons qui peuvent être systémiques, fut partagée par presque tous les systémiciens. Elle n'implique pas la conclusion qui en est tirée, car (1) la recherche théorique a besoin d'idées directrices³ et (2) on peut interpréter d'éventuels invariants systémiques comme des « réalités objectives », voire identifier les secondes aux premiers⁴</p> <p>Cette critique est fondée sur une ignorance complète du perspectivisme sous-jacent à l'« herméneutique systémologique »⁶</p>
<p>Axiologie et idéologie</p>	<p>Les théories sociologiques développées dans le cadre « systémologique » sont idéologiquement biaisées parce qu'elles insistent exclusivement sur la stabilité d'un ordre social déterminé, nient la liberté individuelle en n'envisageant le comportement individuel que dans la perspective des logiques de cet ordre, voient le conflit comme dysfonctionnel et justifient la hiérarchisation sociale⁷</p> <p>La « systémologie générale » a des affinités profondes avec des contenus idéologiques réactionnaires⁹</p>	<p>Si ces critiques peuvent invoquer certains exemples, elles ignorent ou négligent le fait que tant Bertalanffy, Boulding, Rapoport et Laszlo que des sociologues systémiciens comme Buckley ont eux-mêmes critiqués ces biais tout en montrant qu'ils ne sont pas nécessairement constitutifs de toute approche systémique des questions sociologiques, et que la pensée systémique offre assez de ressources pour les éviter⁸</p> <p>La critique peut dans une large mesure valoir pour Bertalanffy, mais elle est totalement incongrue lorsqu'on considère la plupart des systémiciens, au premier rang desquels Rapoport. Il faut distinguer le projet de ceux qui l'ont porté¹⁰.</p>
<p>Praxéologie et idéologie</p>	<p>La « systémologie générale » est d'inspiration scientifique et techniciste ; elle sert avant tout d'alibi à la pratique technocratique, dont elle constitue essentiellement une idéologie¹¹</p>	<p>Contre-vérité manifeste lorsqu'on considère sérieusement les idées de Bertalanffy, Rapoport et Boulding, entre autres ; ce jugement ignore les différences profondes entre systémiciens et réduit sans fondement la « systémologie générale » aux fonctions technocratiques certes effectivement assumées par certains d'entre eux¹²</p>

¹ Voir 2-1-2, 2-1-3, 2-2-3-9 et 4-1-2-11.

² Ackoff R.L. (1963) et Dubrovsky V. (2004), pp. 109-112.

³ Voir Rapoport A. (1963).

⁴ Voir 2-1-3-10, 2-1-3-11, 2-1-3-12 et 2-2-3.

⁵ Taux E. (1986).

⁶ Voir 2-1- et 2-2.

⁷ Peery N.S. (1972) ; Thayer F. (1972). Cette critique fut largement reprise entre 1978 et 1983 par les promoteurs de la « théorie critique des systèmes » tels qu'Ulrich et Jackson ; l'idée était justement de faire prendre conscience aux systémiciens de la nécessité de considérer les intérêts qu'ils servent dans leurs travaux. Voir à ce sujet Jackson M.C. (1989), p. 76 pour de multiples références.

⁸ Voir 4-1-2-8 et 4-1-2-10.

⁹ Regelman J.P. & Schramm E. (1986), p. 3 ; Taux E. (1986) ; Hofer V. (1996), pp. 195-217.

¹⁰ Voir 3-2-3, 3-2-5 et 4-1-2-8.

¹¹ Boguslaw R. (1965) ; Hoos I. (1972) ; Lilienfeld R. (1978), en particulier pp. 3-4 et pp. 262-263 ; Palmade G. (1977), pp. 236-264.

¹² Voir 3-4-2-6, 4-1-2-8, 4-1-2-10 et 4-1-2-11.

Tableau des attaques partiellement justifiées de la « systémologie générale »

Aspects critiqués	Contenu de la critique	Contre-critique
Histoire et philosophie	Les systémiciens manquent de connaissance et de compréhension critique de l'histoire des idées qui guident leurs travaux ¹	La critique est pertinente pour une majorité de systémiciens (notamment actuels), mais elle est infondée eu égard à Bertalanffy et à d'autres tels que Rapoport et Le Moigne
Vocations	La « systémologie générale » a échoué eu égard à l'ambition affichée de délivrer des traditions « mécanicistes » ²	L'échec est incontestable, mais d'une part son existence n'implique pas nécessairement que la faute en incombe au projet lui-même, et d'autre part les impasses des modes « mécanicistes » de pensée demeurent une réalité ³
	Il est impossible de voir dans la « systémologie générale » un progrès vers une <i>mathesis universalis</i> , dans la mesure où elle se limite à fournir des « explications de principe » ⁴	Il y a certes un décalage entre les ambitions démesurées affichées par Bertalanffy dans ses écrits programmatiques de la fin des années 1940 et la réalité du projet. Néanmoins, il est faux que son objectif se limite à fournir des « explications de principe » : la « systémologie théorique appliquée » est en effet vouée, par spécification de « systèmes généraux », à dépasser autant que possible ce type d'explications dans des modèles théoriques énonçant des propositions nomologiques et prédictives précises, empiriquement testables. De l'ambition d'une <i>mathesis universalis</i> reste l'idée d'un cadre favorisant la mathématisation de la « complexité organisée » à tous les niveaux du « réel » ⁵
Ontologie	Les arguments de Bertalanffy selon lesquels les isomorphismes qui se manifestent aux différents niveaux de cognition caractérisent dans une certaine mesure la structure du monde « réel » apparaissent non convaincants ⁶	La critique apparaît justifiée si l'on s'en tient strictement aux écrits de Bertalanffy. Mais la difficulté ainsi mise en évidence n'est pas essentielle : elle tient à l'absence de systématisation de ses idées, dont la connexion permet en fait d'élaborer une vision cohérente ⁷
	La « systémologie générale » n'a spécifié aucun critère précis au moyen duquel on pourrait distinguer les similitudes significatives (les « homologues ») des « analogies superficielles » ⁸	La critique est justifiée si elle consiste à insister sur l'impossibilité de dire <i>a priori</i> qu'un phénomène à théoriser est « homologue » à un phénomène déjà théorisé, et sur le fait qu'une éventuelle « homologie » ne peut être établie qu' <i>a posteriori</i> , une fois qu'une théorisation guidée par le postulat « régulateur » de son existence s'est révélée pertinente. On peut bien reprocher à Bertalanffy et ses collègues de ne pas avoir été précis à ce sujet. Néanmoins, ils ont fourni un critère : celui de l'existence d'un isomorphisme mathématique
		La critique est justifiée si l'on considère les résultats obtenus à partir de définitions très générales, par exemple chez Mesarović et

¹ Phillips D.C. (1969), p. 4.

² Thayer F. (1972), p. 481.

³ Voir par exemple Atlan H. (1999) et Zwirn H. (2003).

⁴ Lektorsky V.A. & Sadovsky V.N. (1960), p. 175.

⁵ Voir 3-1-2-4, 3-1-4-1, 3-1-4-2, 4-1-2-3, 4-1-2-4, 4-1-2-5, 4-1-2-6, 4-1-3-3 et 4-1-4-1.

⁶ Lektorsky V.A. & Sadovsky V.N. (1960), p. 174.

⁷ Voir 2-1-3 et 2-2-3.

⁸ Lilienfeld R. (1978), p. 26.

Logique, méthodologie et épistémologie	Les définitions abstraites de la « systémicité » produisent peu de théorèmes significatifs et intéressants du fait de leur trop grande généralité ¹	Rashevsky. La « loi de la variété requise » d'Ashby ou les théorèmes relatifs à la stabilité des systèmes dynamiques sont toutefois des exceptions de taille. De plus, des systémiciens comme Bertalanffy et Mesarović ont explicitement corrélé la capacité de produire des énoncés significatifs au degré de spécification du concept de système, quoiqu'avec des visions différentes du point d'équilibre entre généralité et intérêt pour la recherche empirique ²
	La concentration des efforts des systémiciens vers une sophistication croissante de leurs techniques de formalisation tend à faire obstacle à leur questionnement critique des hypothèses sous-jacentes aux applications de leurs constructions, voire à leur faire perdre de vue les problèmes concrets ³	Les travaux de Mesarović accèdent cette critique, mais il se trouve justement que Bertalanffy, Boulding et Klir ont, parmi d'autres, été particulièrement sensibles à ces dérives qu'ils jugeaient sévèrement, enjoignant leurs collègues à ne pas s'y abandonner ⁴
	Les discours des systémiciens manquent de clarté conceptuelle et méthodologique ⁵	C'est incontestable chez Bertalanffy par exemple, mais c'est un reproche que l'on peut difficilement faire à d'autres tels que Rapoport. Le manque de clarté tient surtout à l'absence d'examen global et systématique de toutes les dimensions du projet « systémologique » et de leurs connexions
Communication	Le « mathématisme » outrancier est une tendance contre-productive des systémiciens, enclins à un ésotérisme qui participe d'une logique sectaire ⁶	Cette critique pointe une indéniable réalité et l'insistance sur le caractère contre-productif est très pertinente. Il faut toutefois modérer le jugement eu égard à la « logique sectaire » en prenant en compte les non moins indéniables complexes éprouvés par bon nombre de non-mathématiciens vis-à-vis des mathématiques. En tout état de cause, Boulding et Bertalanffy ont également dénoncé ces tendances ⁷ .
	Il y a une disproportion entre la masse de littérature venue de tous horizons consacrée (avec des accents souvent messianiques) à la « théorie des systèmes » et les résultats non triviaux, dérivés de cadres conceptuels précis, qu'elle a effectivement fournis ⁸	C'est un constat justifié qui explique d'ailleurs en partie la multiplication des critiques de la « théorie des systèmes ». Néanmoins, ce constat ne touche pas le projet de « systémologie générale » à strictement parler, au développement duquel une assez faible part de la littérature systémique a en fait été consacrée

¹ Berlinski D. (1978), p. 958.

² Voir 3-1-2-5, 3-1-3-1, 4-1-3-2 et 4-1-3-3.

³ McLean M. (1978), pp. 974-976.

⁴ Voir 4-1-2-6.

⁵ Voir entre autres Lenk H. & Ropohl G. (1978), p. 3 et Lektorsky V.A. & Sadovsky V.N. (1960), p. 171.

⁶ Hoos I. (1972) et McLean M. (1978), pp. 972-973.

⁷ Voir 3-4-2-7 et 4-1-2-6.

⁸ Delattre P. (1980, 1982), p. 9 : « Nous risquons d'avoir bientôt une foule de commis-voyageurs zélés de la théorie des systèmes, qui ne transporteront plus que du vent ».

Tableau des attaques pleinement justifiées de la « systémologie générale »

Aspects critiqués	Contenu de la critique	Compléments
Structure	Les conceptions relatives aux travaux qu'il convient de considérer comme relevant de la « systémologie générale » sont vagues ¹	Se traduit typiquement par la distinction bertalanffienne entre « systémologies au sens large » et « au sens étroit ». Ce vague n'existait pas vraiment dans l'esprit des fondateurs et ma quatrième partie vise à le dissiper ; mais il semble avoir été consciemment entretenu afin d'éviter l'accusation d'impérialisme et des conflits internes au mouvement systémique
Logique	Il manque le plus souvent des appareils formels nécessaires afin de rendre opératoires les définitions systémiques ²	Les outils logiques et mathématiques disponibles ont permis certaines théorisations de « systèmes généraux » (systèmes dynamiques, automates finis, « systèmes hiérarchiques à niveaux multiples », « machines » cybernétiques), mais maints travaux sont restés au stade de définitions non ou peu opérationnelles dont la portée théorique fut limitée voire nulle, faute de disposer des moyens logiques et mathématiques nécessaires
Histoire	Le discours systémique revient régulièrement en période de crise culturelle afin de satisfaire des besoins axiologiques et idéologiques, pour disparaître ensuite : et rien ne laisse penser que la « systémologie générale » puisse échapper à ce destin ³	L'observation est profonde pour autant qu'elle n'aille pas de pair avec la réduction de la « systémologie générale » à une pure idéologie – réduction qu'elle n'implique en rien. Elle doit en particulier interroger les actuels systémiciens. On peut néanmoins retourner cette observation et adresser à la réflexion critique la question historiquement légitime de savoir dans quelle mesure un discours non systémique, « mécaniciste », satisfait les besoins axiologiques et idéologiques nécessaires à la perpétuation d'un certain type de rapport de l'homme à la nature et à la préservation de l'ordre capitaliste ⁴

4-2-1-2 – *Un processus d'institutionnalisation tenu en échec*

L'avalanche de critiques, jointe aux difficultés manifestes des entreprises systémiques de résolution des problèmes organisationnels de la société qui furent à l'origine de bon nombre de ces critiques, plongèrent le mouvement systémique dans un état de crise dans la seconde moitié des années 1970. Le contexte culturel avait en fait commencé à lui être défavorable dès la fin des années 1960, avec non seulement la montée en puissance d'une sociologie critique (incarnée entre autres par « l'école de Frankfort ») rejetant les analyses structuro-fonctionnalistes de la société, mais plus généralement une nouvelle vague de scepticisme quant à l'idée que la science puisse diriger le progrès social : la science et la technologie, en premier lieu celles des « systèmes » du fait de leur collusion récente avec les lieux de pouvoir politique ou économique, tendaient désormais à apparaître non comme des solutions aux maux de l'époque, mais bien comme des composantes centrales de leur genèse et de leur reproduction. C'est alors qu'à la croyance en les vertus d'une rationalité planificatrice, qui avait favorisé l'expression des vocations praxéologiques des systémiciens, se substitua avec une force croissante le mythe néolibéral de l'auto-organisation spontanée de la société – un mythe qui put certes encore trouver de zélés systémiciens tels que Luhmann pour le servir⁵. Toujours est-il qu'après les deux petites décennies d'ébullition ayant suivi la création de la S.G.S.R., les systémiciens commencèrent à perdre confiance⁶. Deux articles sont symptomatiques. L'un, signé Ackoff sous le titre « le futur de la recherche opérationnelle est passé », annonça en 1979 « la mort de la recherche opérationnelle américaine », tout en prescrivant un certain nombre de transformations

¹ Phillips D.C. (1969), p. 11 et (1972), p. 64.

² Sadovsky V.N. (1971), pp. 552-558..

³ Regelman J.P. & Schramm E. (1986), pp. 4-9.

⁴ Quelques premiers éléments de réflexion figurent au 1-1-1-4 et au 1-5-1-1.

⁵ Voir notamment Müller K. (1996), pp. 311-317 ; Moldenhauer B. (1986) ; Habermas J. (1968, 1973).

⁶ Un bon témoignage s'en trouve chez Jackson M.C. (1989), p. 74.

radicales susceptibles de favoriser son « improbable résurrection ». L'autre, signé Checkland, constata l'année suivante « l'échec des sciences du management », du fait de leur incapacité notoire à modifier la pratique effective du management¹. L'une des analyses d'Ackoff mérite une attention particulière : selon lui, le déclin de la « recherche opérationnelle » commença dès que les obsessions de sa survie, de sa stabilité et de sa respectabilité eurent pris le pas sur le souci de son développement conceptuel et méthodologique². La réalité des obsessions et de l'antagonisme en question dans l'ensemble du mouvement systémique entre la fin des années 1960 et celle des années 1970 a déjà été soulignée au 3-4-2-2 lorsqu'il s'est agi de dégager les dynamiques d'évolution de la S.G.S.R. La pertinence de l'analyse d'Ackoff se mesure surtout lorsque l'on entreprend d'évaluer le degré effectif d'institutionnalisation de la « recherche systémique » en général dans le monde universitaire, en s'attachant en particulier au cas du projet « systémologique » qui, bien qu'ayant vocation à organiser cette recherche, ne parvint guère qu'à en constituer un courant. La question posée est en fin de compte celle des conséquences des efforts répétés de « respectabilité » pour ce projet qui, précisément, était destiné aux développements conceptuels et méthodologiques que les fondateurs de la S.G.S.R. furent toujours enclins à tenir pour primordiaux afin de garantir le succès de la « recherche systémique ».

Klir a évoqué en 1978 un décalage entre d'une part une reconnaissance prétendument large de l'existence et de la portée de cette recherche, et d'autre part les difficultés persistantes de son institutionnalisation, qu'elle soit universitaire ou autre :

L'importance de la recherche systémique a été récemment de plus en plus reconnue. Et pourtant, la réponse du gouvernement, du monde académique, de l'industrie, du monde des affaires et d'autres institutions sociales et politiques a été assez lente, confuse et certainement inadéquate à cette importance³.

Deux études publiées en 1980 et 1981 dans les actes des colloques annuels de la S.G.S.R. suggèrent pourtant un ancrage bien réel de la « recherche systémique » dans le monde universitaire, qui n'aurait cessé de progresser depuis la fin des années 1960 pour atteindre un « niveau de maturité ». La première relevait ainsi l'existence de soixante-dix sites universitaires dans le monde (presque tous aux États-Unis) où était, au moins sous la forme de séminaires interdisciplinaires, dispensé un enseignement libellé en « science des systèmes », cybernétique, « ingénierie des systèmes », « sciences du management », ou encore « sciences de l'information et de la communication »⁴. La seconde limitait toutefois à vingt les sites où un enseignement à spectre large sur les différents aspects de la « science des systèmes » était dispensé, et où celle-ci faisait l'objet d'une unité d'enseignement et de recherche à part entière délivrant des masters et des doctorats. En fait, un tiers d'entre eux seulement portaient la mention « science des systèmes », et presque tous (y compris parmi ces derniers) étaient focalisés sur l'ingénierie de l'automatisme, de l'information ou du management⁵. De plus, un seul parmi tous ces sites peut à ma connaissance se prévaloir d'avoir vu, et encore seulement en 1984, la création d'une chaire de professeur libellée en « science des systèmes » : le « Département de science des systèmes » créé et dirigé par Klir à la *State University of New York* de Binghamton⁶. L'observation de Klir s'éclaire à la lumière du fait que son département semble bien avoir été le seul, au moins durablement, à préserver l'esprit de la « systémologie théorique fondamentale » tel qu'initié par les fondateurs de la S.G.S.R. Il n'est certainement pas anodin que Klir ait dès 1972 jugé nécessaire d'appeler à faire des diverses « théories de systèmes généraux » ainsi que de leur métathéorie les objets d'une « profession » à part entière, celle de « systémicien généraliste » [*general systems profession*]⁷. Un appel qui resta vain (hormis pour lui !). Le problème, qui nous ramène à l'analyse d'Ackoff, était que le souci de « respectabilité » faisait son œuvre au détriment d'une « systémologie générale » primordialement axée sur les théorisations systémiques abstraites et, « pire » encore, sur les aspects philosophiques de la recherche systémique. Plus celle-ci se focalisait sur les moyens de démontrer son utilité pratique, plus elle marginalisait le projet « systémologique ». Avec un bilan négatif pour toute la

¹ Ackoff R.L. (1979) et Checkland P.B. (1980).

² Ackoff R.L. (1979), pp. 242-243.

³ Klir G.J., in *General systems bulletin*, vol. VIII, n°2, Winter 1978, p. 4.

⁴ Reckmeyer W.J. (1983).

⁵ Samuelson K. (1981), en particulier p. 427.

⁶ Klir G.J. (1988), p. 150.

⁷ Klir G.J. (1972), p. 11.

communauté des systémiciens : non seulement l'implantation académique en fin de compte significative conquise par les tenants d'une systémique appliquée et/ou technologique ne leur épargna pas les critiques nourries par des fondements théoriques et méthodologiques encore trop mal assurés pour permettre les succès pratiques qu'ils promettaient, mais la « systémologie générale » se retrouva par là-même aussi exposée en première ligne à ces critiques pour sa fonction supposée de « superstructure » théorique (et bien sûr aussi pour ses ambitions perçues comme « impérialistes »)... alors qu'elle n'était justement pas du tout en mesure de l'assumer. Cette dynamique négative eut pour conséquence logique la marginalisation toujours plus prononcée de ce projet, les systémiciens ayant de moins en moins d'intérêt pour des ambitions théoriques et métathéoriques si « compromettantes » et académiquement peu prometteuses qu'ils furent de plus en plus nombreux à s'empresser de les juger chimériques... En témoignent de manière saisissante à la fois une réflexion de Boulding datée de 1977 (l'année même où, rappelons-le, Rapoport démissionna de ses fonctions d'éditeur de *General systems*) et une observation de douze ans postérieure qui confirma pleinement ses craintes :

La systémologie générale [*general systems*] s'est établie dans une niche respectable bien qu'assez réduite dans la communauté intellectuelle. Malheureusement, *elle n'a pas réussi à s'institutionnaliser dans la structure de rôles des universités*, et cela représente une certaine *menace pour son avenir*. Il y a très peu de professeurs de systèmes généraux et, bien qu'il y ait un ou deux instituts¹ ayant ce centre d'intérêt, je ne connais *aucun département d'enseignement de la systémologie générale dans la moindre université* [... Elle] *survit* dans les universités principalement en tant qu'*activité à temps partiel* chez quelques individus employés essentiellement pour faire autre chose. C'est une *situation précaire*. Pourquoi n'avons-nous pas été capables de développer des départements de systémologie générale alors que plusieurs programmes interdisciplinaires se sont bien établis, voilà qui a quelque chose d'étrange. Il se pourrait que la systémologie générale soit un peu trop petite pour être un département d'enseignement et un peu trop menaçante pour l'isolement confortable des disciplines pour pouvoir être une partie de la philosophie ou d'autre chose. Je considère en fait la solution à ce problème comme la plus haute priorité pour l'entreprise systémologique au cours des dix prochaines années ; si elle n'est pas trouvée, nous pourrions nous retrouver sur le carreau [*in the cold*] lorsque l'actuelle génération de professeurs de systèmes généraux sera partie en retraite³.

La notion de systémologie générale [*general systems theory*] a été *abandonnée par la communauté des systémiciens*, à l'exception d'un petit nombre de chercheurs qui poursuivent encore activement ses objectifs originels [...] Bien que la conceptualisation commune de la systémologie générale contienne d'indéniables imperfections, *elle a été critiquée et disqualifiée [par les systémiciens] sur des critères clairement réfutables* [...] Bien qu'un certain nombre de ses principes nécessitent d'être repensés, il est *bizarre que l'« esprit » de ses propositions soit tenu en si piètre estime* par la communauté des systémiciens et par les critiques extérieurs au mouvement systémique [...] *Pourquoi les systémiciens*, qui utilisent tous les jours les concepts de système ouvert, d'intrants, d'extrants, de rétroaction, d'homéostasie, etc., *se trouvent-ils encore dans l'incapacité de considérer sérieusement la possibilité d'une systémologie générale ?* [...] Il n'était pas prévu que son développement se termine avec le dernier souffle de Bertalanffy. Sa signification ne dépend pas de la validité de la théorie classique des systèmes qu'il a construite, mais tient plutôt au fait qu'il a cherché à construire un type de théorie ou de mode de pensée entièrement nouveau. Il ne serait pas dans l'esprit de Bertalanffy de chercher à développer une théorie intégrant toute la science, ou d'accepter sa propre version de la systémologie générale comme la forme définitive de celle-ci⁴.

Il apparaît donc indéniable qu'après des débuts pourtant prometteurs au cours des deux premières décennies d'existence de la S.G.S.R., le projet de « systémologie générale » a finalement échoué à s'institutionnaliser, et que la « communauté » des systémiciens, par son dédain largement partagé et une sorte de culture de l'oubli sélectif de ses origines, porte une responsabilité importante dans cet échec. Aussi prégnantes actuellement qu'à ses origines, les rivalités entre courants du

¹ Boulding pensait ici certainement à celui de Klir, et probablement à l'« Institut de science des systèmes » fondé par Miller à Louisville.

² Klir m'a confirmé dans notre correspondance qu'il n'a jamais existé à sa connaissance le moindre programme académique focalisé sur le développement de la « systémologie générale » [*general systems theory*].

³ Boulding K.E. (1977), p. 2. Les italiques me sont propres.

⁴ Flood R.L. & Robinson S.A. (1989), pp. 61-62 et p. 65. Voir aussi Battista J. (1977). Les italiques me sont propres.

mouvement systémique¹, auxquelles durent s'ajouter des animosités personnelles, se sont conjuguées aux réactions à la menace significative que constituait ce mouvement à de multiples niveaux (tant épistémologiques qu'académiques) pour marginaliser la « systémologie générale ». Les efforts entrepris par Klir à la fin des années 1970 pour « stimuler et coordonner les activités de la recherche systémique » au sein d'une « fédération internationale pour la recherche systémique » [*International federation for systems research*]² traduisent aussi bien l'importance de ces rivalités (dont la création en 1964, puis la re-création en 1979 de la « société américaine de cybernétique » fut l'une des plus importantes manifestations³) que l'incapacité de la S.G.S.R. et en définitive celle du projet « systémologique » dont elle était porteuse à accomplir ces fonctions qui leur étaient pourtant déjà assignées. Dans un premier temps (jusqu'à la fin des années 1960) souvent invoquée à l'appui de la justification de certains travaux systémiques, la « systémologie générale » en vint à être majoritairement rejetée par les systémiciens, non pas tant pour sa signification intrinsèque que parce qu'elle fut perçue comme une amante bien encombrante à revêtir d'un voile pudique en vue de ne pas compromettre les opportunités d'institutionnalisation de leurs travaux. Il serait tentant d'en conclure, pour paraphraser Ackoff, que « le futur de la systémologie générale est passé ». Et ce d'autant plus qu'une grande majorité de la littérature systémique actuelle et des colloques rassemblant ses représentants peuvent sérieusement laisser douter des possibilités de « résurrection » : si le dédain s'affiche encore à l'occasion, règne surtout désormais une méconnaissance quasi-générale de ce que fut le projet « systémologique », le nom de Bertalanffy résonant le plus souvent comme une vague évocation d'un lointain passé où la recherche systémique oscillait entre balbutiements et stériles errances⁴. Une observation plus large de la réalité contemporaine suggère toutefois une conclusion différente. Il apparaît en effet que les thèmes « systémologiques » ont malgré tout mené une sorte de « vie souterraine » jusqu'à notre propre époque et que celle-ci, bien qu'avec une singulière amnésie, leur conserve toute leur actualité...

4-2-1-3 – Actualité et anonymat des thèmes « systémologiques »

Les deux dernières décennies ne sont évidemment pas comparables à celles qui, au XX^e siècle, permirent à ces thèmes de jouir d'une relative prospérité dans de multiples disciplines. En général dédaignés voire ignorés par l'histoire et la philosophie des sciences alors qu'elles sont enclines à dissenter sur la problématique de la modélisation ou sur celle de la « désunion » des sciences⁵, ils demeurent relativement marginaux dans les sciences sociales et les psychologies contemporaines. Notre époque est bien loin d'être le théâtre du règne général d'un quelconque « paradigme » systémique. Où donc les thèmes « systémologiques » peuvent-ils bien manifester leur actualité ?

Tel est en premier lieu le cas dans la science qui fut leur premier terreau : la biologie. L'ironie est que ces thèmes se sont tout particulièrement ancrés dans les controverses agitant la « génomique », héritière pourtant d'une biologie moléculaire qui contribua très largement à marginaliser les idées de Bertalanffy à partir de la fin des années 1940. Prédissant en 1999 « la fin du tout-génétique », Atlan annonça simultanément l'émergence de l'épigénèse, de la complexité et de l'auto-organisation comme composants d'un « nouveau paradigme » en rupture avec les « dogmes centraux de la biologie moléculaire »⁶, qui remettait en fait au goût du jour (sans s'y référer) bon nombre de réflexions bio-

¹ Leur existence, apparente dans certaines publications (par exemple dans les critiques d'Ashby et d'Ackoff à Bertalanffy), m'a été confirmée par Klir et Mesarović (correspondance personnelle) ; ceux-ci insistent même sur l'importance de leur rôle dans l'affaiblissement du mouvement systémique.

² Sous l'impulsion de Klir, l'I.F.R.S. fut fondée officiellement à Vienne en avril 1980, après une première réunion décisive en janvier 1980 à San Francisco. Voir Klir G.J., in *General systems bulletin*, vol IX, n°1, Autumn 1978, pp. 11-13 ; vol. X, n°1, Autumn 1979, p. 2 et pp. 8-9 ; vol. X, n°2, Winter 1980, p. 2.

³ Cette association fut fondée une première fois en 1964, mais des rivalités avec une autre organisation, l'« association américaine de cybernétique », conduisirent ces deux organisations à se rassembler en 1979 en prenant le nom de la première, après une petite décennie de relative inactivité au cours de laquelle les cybernéticiens organisèrent surtout leurs congrès dans le cadre de la S.G.S.R.

⁴ M'incitent à ce jugement mes propres observations collectées dans des colloques et mes discussions avec maints systémiciens.

⁵ Voir notamment Bouleau N. (1999), Nouvel P. (2002) et surtout Galison P. & Stump D.J. (1996), où l'on trouve de longues dissertations sur le thème de la « désunion » sans la moindre évocation du projet de « systémologie générale ».

⁶ C'est-à-dire (1) la chaîne de causalité « un gène – une enzyme – une fonction ou un caractère » et (2) la confusion entre codage et programmation. Voir Atlan H. (1999), en particulier pp. 16-25.

philosophiques que Bertalanffy avait exposées dès 1949 dans *Das biologische Weltbild*¹. La biologie dite « des systèmes » [*systems biology*] est devenue depuis quelques années l'un des domaines de recherche les plus discutés en génomique. Beaucoup de biologistes contribuant au développement de cette dernière jugent désormais que son avenir se trouve dans son potentiel à dépasser le réductionnisme de ses origines tout en devenant une science quantitative. Et la « biologie des systèmes », parfois qualifiée aussi de « biologie intégrative », apparaît de plus en plus comme une voie prometteuse afin d'y parvenir². Elle investit non seulement la génomique, mais l'ensemble des aspects du problème de l'organisation biologique (en particulier le traitement de la problématique du développement³), au point d'avoir fait l'objet en 2002 d'une publication spéciale de la revue *Science* où l'on peut notamment lire que la caractérisation systémique des problèmes de la vie par Bertalanffy « demeure une définition efficace de la biologie des systèmes telles qu'elle est actuellement pratiquée »⁴. La « biologie des systèmes » est unifiée par l'objectif d'intégrer les données, les méthodes de recherche et les modèles se rapportant aux multiples niveaux d'organisation par une combinaison de modélisations mathématiques, de simulations informatiques et de techniques expérimentales à grande échelle, afin de rendre compte des dynamiques globales impliquées par l'interconnexion des processus biochimiques⁵. Elle reste toutefois divisée en deux grands courants dont les stratégies de modélisation divergent. Une majorité de ses représentants, qualifiés de « localistes », de « panomicistes » ou de « pragmatistes », inscrivent en fait leurs travaux dans des stratégies « analytico-synthétiques » classiques : ils n'utilisent guère le terme « système » qu'en vague référence à un réseau déterminé d'interactions et persistent à considérer que la modélisation de ces systèmes doit procéder par une synthèse progressive, « de bas-en-haut », des connaissances tirées de l'analyse successive des multiples niveaux hiérarchiques de processus sous-jacents à leur comportement, le niveau moléculaire restant tenu pour primordial. Une minorité, qualifiés de « globalistes », de « dynamicistes » ou encore de « théorético-systémiciens », persiste par contre à cultiver la tradition incarnée par Bertalanffy, Rashevsky, Rosen et Mesarović, en considérant encore que la formulation de principes systémiques fondamentaux est nécessaire pour structurer la recherche et assurer le développement pérenne d'une véritable « biologie des systèmes ». Leurs approches procèdent « de haut-en-bas » : visant primordialement la compréhension des processus et des propriétés caractérisant les niveaux supérieurs d'organisation, ils n'accordent aucune priorité explicative à leurs bases moléculaires, dont l'étude n'est pour eux qu'un simple outil d'analyse nécessaire parmi d'autres. Bien que certains d'entre eux cherchent toujours, notamment dans le prolongement de Rosen, à développer une théorie des systèmes biologiques sur des bases mathématiques sophistiquées⁶, la plupart considèrent certes que de telles entreprises, à commencer par celle de Bertalanffy, sont trop abstraites pour être vraiment fécondes⁷. Il n'en demeure pas moins que le principal instigateur du projet de « systémologie générale » a très récemment encore directement inspiré la construction de certains modèles bio-systémiques parfaitement opérationnels, notamment en physiologie du métabolisme et en neuro-imagerie fonctionnelle⁸.

Par ailleurs, l'actuelle « biologie des systèmes » n'est qu'une composante d'un mouvement plus large qui touche un spectre large de domaines scientifiques incluant non seulement la biologie des organismes individuels, mais aussi l'écologie, la météorologie, la physique théorique, l'astronomie, voire, dans une mesure certes moindre, des « sciences humaines » telles que la démographie, la géographie et l'économie. Ce mouvement, souvent désigné dans la littérature récente par l'expression « sciences de la complexité », n'a guère pour l'instant que l'unité conférée par une conscience commune de l'existence de problématiques et d'approches similaires. Un numéro spécial de l'édition française de la revue *Scientific American* publié fin 2003 a pu présenter « la science de la complexité » comme celle « du XXI^e siècle ». Comme l'ouvrage collectif édité par Lucien Sève en 2005 consacré à

¹ Notamment l'insistance sur les phénomènes de pléiotropie et de polygénie, l'idée que c'est la totalité de l'organisme qui contrôle les activités des gènes et non le contraire, et l'insistance sur l'importance du cytoplasme dans la détermination de l'état d'activité du génome.

² Kitano H. (2002a) ; O'Malley M.A. & Dupré J. (2005). Pour une étude historique et philosophique, voir Braillard P.A. (2008).

³ Voir par exemple Lambert D. & Rezsöházy R. (2004).

⁴ *Science*, special issue March 2002, vol. 295, pp. 1589-1780. Voir en particulier Chong L. & Ray L.B. (2002), p. 1661.

⁵ Kitano H. (2002b)

⁶ Caractéristique à cet égard est par exemple Landauer C. & Bellman K.L. (2002).

⁷ Kitano H. (2005) et O'Malley M.A. & Dupré J. (2005), pp. 1271-1273.

⁸ Stephan K.E. (2004); Fleming RMT & Thiele I. (2011); voir aussi Schurz J. (2004).

la pensée dialectique de l'émergence et de la complexité, ce numéro est particulièrement typique d'une réémergence actuelle des thèmes « systémologiques » qui se distingue en particulier par une absence quasi-systématique de référence au projet initié par Bertalanffy¹. Dans son introduction, Hervé Zwirn y caractérise les « systèmes complexes » par leur « comportement holistique », « non prévisible par les méthodes analytiques classiques ». Il insiste sur leurs « propriétés émergentes », ainsi que sur les « facultés d'auto-organisation » et les « capacités d'adaptation » des plus élaborés d'entre eux. Zwirn décrit aussi en ces termes les raisons de la « naissance des sciences de la complexité » :

[Elles] sont nées du constat selon lequel, dans des domaines scientifiques variés, on rencontre des systèmes complexes d'apparences très différentes, mais qui peuvent être étudiés par des méthodes similaires [...] L'utilisation de techniques développées dans une discipline pour étudier les systèmes d'une autre discipline s'est montrée extrêmement fructueuse et c'est l'ensemble de ces techniques qu'il est maintenant convenu d'appeler les sciences de la complexité. Les maîtres mots de cette nouvelle science sont modélisation, simulation et optimisation².

Zwirn met en fait en avant l'une des idées « systémologiques » les plus fondamentales, qui va bien au-delà de l'affirmation d'une transdisciplinarité méthodologique des « sciences de la complexité » : celle d'un transfert légitime de connaissances entre des domaines de recherche *a priori* très différents du point de vue de la nature de leurs objets. L'une des vocations de ces « sciences » serait même de conférer un caractère scientifique à ces transferts. Incontestablement, Zwirn remet au goût du jour ici et presque à l'identique les problématiques formulées en leur temps par Bertalanffy et Rapoport :

La question est de savoir si, au-delà des ressemblances apparentes, il existe un lien plus profond. La similitude est-elle superficielle (deux phénomènes peuvent se ressembler en apparence, sans avoir de points communs) ou profonde (des mécanismes sous-jacents identiques sont-ils à l'œuvre) ? Si elle est profonde, il faut alors identifier et décrire ces mécanismes sous-jacents à l'œuvre dans des domaines si éloignés. Ainsi les sciences de la complexité font-elles un large usage de la métaphore où un système complexe est utilisé pour en décrire un autre, mais elles respectent des méthodes d'analyse et d'évaluation rigoureuses et, à ce titre, méritent d'être qualifiées de sciences. Elles utilisent les connaissances acquises dans un domaine en les transférant à un autre : ainsi des connaissances acquises sur le comportement des fourmis sont utilisées pour résoudre des problèmes d'économie ou de management.

Les nets accents « systémologiques » du discours de Zwirn se manifestent enfin dans son « unitarisme » : il affirme que les « sciences de la complexité », en « révélant des mécanismes et des lois qui s'appliquent à tous les domaines », sont la manifestation d'« un premier estompage des frontières disciplinaires », d'un « pas de plus dans la direction qui vise à l'unification des sciences »³.

4-2-2 – *Quel avenir pour l'« herméneutique systémologique » ?*

Non seulement l'« herméneutique systémologique » dont Bertalanffy jeta les bases a une riche histoire, mais l'existence contemporaine significative de discours et de recherches persistant à en cultiver au moins partiellement l'inspiration suggère qu'un avenir tout aussi riche s'offre à elle. Et pas seulement parce que, comme Mesarović et Klir l'avaient annoncé en leur temps, les progrès considérables des technologies informatiques ont permis aux théorisations systémiques de s'enrichir d'un champ expérimental de type inédit et d'y puiser une source de légitimité. Cet avenir tient plus profondément au fait que les conditions scientifiques, philosophiques et plus largement culturelles de notre temps ne sont guère différentes de celles qui ont permis au projet bertalanffien de germer et, dans une certaine mesure, de s'actualiser ; et qu'elles sont même peut-être plus favorables encore aux thèmes qu'il a portés. Car non seulement perdurent pour l'essentiel les problématiques et controverses scientifiques et épistémologiques dans lesquelles les instigateurs de la « systémologie générale » se sont investis, mais la « globalisation » du monde, aussi bien en tant que réalité matérielle et

¹ *Pour la science*, numéro spécial décembre 2003 : « La complexité, science du XXI^e siècle » : aucun des contributeurs au projet de « systémologie générale » n'y est cité. Voir aussi Sève L. (2005) qui, malgré ses discussions approfondies des thèmes de l'émergence et de la complexité, ne mentionne qu'une seule fois Bertalanffy, en tant que « précurseur de la théorisation du non linéaire » (p. 70).

² Zwirn H. (2003), pp. 28-29.

³ *op.cit.*

informationnelle qu'en tant qu'idéologie dominante justifiant cette réalité et contribuant à la produire, offre des opportunités de résonance culturelle au discours « systémologique » dont il ne pouvait pas encore bénéficier dans le second tiers du vingtième siècle. Le décalage toujours plus saisissant et dramatique entre l'exigence croissante d'un traitement global des problèmes sociaux, économiques et politiques soumis aux processus de prise de décision et l'inadéquation patente des modes de pensée à l'œuvre dans ces processus présente cette nouveauté, particulièrement favorable à l'« herméneutique systémologique » ne serait-ce que par ses orientations axiologiques, de menacer enfin de manière *tangible* l'équilibre écologique de la planète et de remettre *matériellement* en cause le développement humain dans toutes ses composantes : le moment semble approcher où le « spectacle » cessera enfin de « baigner dans sa propre gloire » et sera contraint de se coucher sur « l'empire de la passivité moderne »¹. Quatre conditions doivent toutefois être satisfaites pour que cette herméneutique puisse définitivement briser le cercle de « l'éternel retour » où le holisme semble condamné à jouer le rôle éphémère de pourvoyeur de sens en temps de déliquescence des repères, et qu'elle soit en mesure d'offrir une contribution significative à la résolution d'un certain nombre de problèmes fondamentaux de notre temps. La première est que les artisans contemporains de la recherche systémique s'appliquent à cultiver une mémoire précise de son histoire et, en particulier, à apprécier correctement la valeur et la portée du projet bertalanffien et des travaux de ceux qui ont contribué à son actualisation. La seconde est que, forts de cette culture, ils tirent des critiques légitimes adressées à ce projet non pas la conclusion qu'il est inepte ou stérile et qu'il ne mérite à ce titre aucune considération, mais la décision de le reconsidérer au contraire sérieusement sur la base de réponses constructives à ces critiques. La troisième condition est que, dans la mesure où la seconde aura été satisfaite, la multitude des contributions très diverses à la recherche systémique trouve enfin son unité dans le nouveau cadre « systémologique » qui aura ainsi pu advenir, sans qu'aucun pôle ne s'y développe à l'exclusion ou au détriment des autres. La quatrième condition, enfin, concerne plus particulièrement les dimensions axiologiques et praxéologiques de ce cadre ; elle est que les systémiciens, tout en assumant clairement la réalité de ces dimensions, fassent leur la lucidité et l'attitude de « pessimisme tempéré » qu'exprima Rapoport en 1974 lorsqu'il appela ses collègues partageant les valeurs humanistes du projet « systémologique » à ne jamais démissionner face aux obstacles qui se dressent devant eux, tout en prenant garde à ne pas tomber dans les « pièges » institutionnels qui dévoient en fait le sens que lesdites valeurs sont destinées à conférer à leurs travaux :

J'attire l'attention sur les formidables difficultés et les possibles défaites déchirantes à venir sur le chemin de la survie, afin de devancer les déceptions qui suivent inévitablement les attentes trop optimistes. De cette manière, un pessimisme tempéré peut servir d'antidote au défaitisme (un pessimiste, comme l'a dit quelqu'un avec esprit, est un optimiste informé). Selon moi, l'attitude adéquate à adopter par les humanistes est de considérer que la disposition à travailler pour la survie globale ne devrait pas être conditionnée par la probabilité estimée de succès. En d'autres termes, il n'y a pas le choix².

Au cours des deux dernières décennies, le mouvement systémique semble avoir entamé une évolution, certes encore timide, en direction de la satisfaction de ces diverses conditions. Dans un ouvrage collectif consacré à l'état de la recherche systémique, plusieurs chercheurs appelèrent ainsi dès 1989 à reconsidérer le projet de « systémologie générale » de manière dépassionnée en évaluant objectivement les critiques à son encontre et ses mérites. Ce premier appel à une réhabilitation restait toutefois très incomplet puisqu'il réduisait la « systémologie » à une philosophie adéquate de la recherche systémique :

La systémologie générale [*general systems theory*] a survécu à de multiples attaques visant sa validité conceptuelle et pratique et il apparaît qu'elle persiste à offrir un certain potentiel pour devenir la philosophie du mouvement systémique. Elle fait partie de notre héritage intellectuel et il est temps de lui manifester un certain respect³.

Plusieurs articles allant dans le même sens furent publiés entre 1993 et 1995 par le systémicien américain Donald H. McNeil, à qui revient l'initiative d'avoir, dans son mémoire de master en

¹ Je réactualise un aphorisme de Debord G. (1967, 1992), pp. 7-8.

² Rapoport A. (1974), pp. 249-250.

³ Flood R.L. & Robinson S.A. (1989), p. 66.

« science des systèmes sociaux » rédigé en 1981, interprété la *general system(s) theory* comme une « science générale des systèmes », tout en la qualifiant déjà de « systéologie » [*systemology*]¹. Réactualisant ses premiers travaux à ce sujet, McNeil entreprit de dégager les « critères architecturaux » adéquats d'une telle « systéologie »². Il limitait toutefois celle-ci à une « philosophie appliquée hautement pertinente pour une révision constructive des sciences et des affaires humaines », de nature à la fois « métathéorique » et « méta-scientifique », et la restreint à l'articulation systématique d'une ontologie, d'une épistémologie, d'une axiologie, d'une praxéologie et d'une téléologie. Sa vocation serait de préciser « comment les systèmes sont définis, reconnus, identifiés, et pourquoi ils le sont ». Et McNeil n'envisageait les « applications systéologiques » que dans le seul champ de ce que j'ai appelé la « systéologie philosophique »³.

On peut toutefois relever aussi la mise en place, dans la première moitié des années 2000, de plusieurs programmes d'enseignement supérieur au niveau master consacrés aux deux pôles de la « systéologie théorique » : dans le département de mathématiques de l'université de Växjö (Suède) (*Generell systemteori*) ; dans le département de « sciences du management et de l'information » de l'université de Canberra (Australie) (*General system theory*) ; dans le département de « sciences du management » de l'université du Nouveau-Mexique (U.S.A.) (*System theory*) ; dans le département de « science des forêts » de l'université d'Oregon (U.S.A.) (*Systems theory*) ; dans le département de « sciences des systèmes d'information et de la décision » du Collège d'administration managériale d'Ourso (U.S.A.) (*Seminar in general systems theory and strategic modeling*) ; et à l'université technique de Prague (République tchèque) (*General system theory*)⁴.

Ces divers efforts de réhabilitation de la « systéologie générale » restaient néanmoins relativement isolés et ils ne mettaient en avant que certains de ses aspects. Ce n'est qu'avec la découverte en 2004 de restes des archives personnelles de Bertalanffy et la fondation à cette occasion, le 17 décembre 2004, du « Centre Bertalanffy pour l'étude de la science des systèmes » [*Bertalanffy Center for the Study of Systems Science*] (B.C.S.S.S.), qu'un regain plus large et significatif d'intérêt pour ce projet a pu advenir. Ce centre dirigé par Wolfgang Hofkirchner, théoricien autrichien des sciences et technologies de l'information et de la communication, est hébergé par le département de biologie théorique de l'université de Vienne, dirigé quant à lui par l'un des représentants majeurs de la « biologie (théorique) des systèmes », Gerhard Müller. L'influence d'Alfred Locker qui, jusqu'à sa mort au début 2005, cultiva pendant plusieurs décennies la mémoire des idées de son ancien professeur et ami Bertalanffy, avait créé un contexte très réceptif à cette initiative⁵. Sous l'impulsion d'Hofkirchner et de Gerhard Chroust, le B.C.S.S.S., en partie financé par des dons substantiels de la famille Bertalanffy, a réussi à gagner le soutien de l'*International Federation for Systems Research* (I.F.S.R.) et à disposer des moyens de ses ambitions. À savoir, pour l'essentiel, promouvoir le développement de la « systéologie générale » dans toutes ses dimensions, ce qui passe notamment par un soutien aux travaux consacrés à l'étude de l'histoire et des fondements de ce projet tel qu'il fut initialement élaboré. Hofkirchner a récemment pu décrire ses vocations en ces termes caractéristiques :

Étant donnés les défis globaux de notre temps, nous avons plus que jamais besoin de la science des systèmes. Pourtant, la systéologie [*system theory*] ne constitue pas le courant dominant. L'objectif du B.C.S.S.S. est d'inspirer le développement de la science des systèmes. Il vise le progrès de la recherche scientifique dans le champ de la pensée systémique. En particulier, il revisite la systéologie générale [*general system theory*] telle qu'elle fut fondée par Ludwig von Bertalanffy et d'autres afin de la réexaminer à la lumière des défis globaux contemporains et d'éclairer les développements de la science des systèmes depuis cette époque⁶.

¹ McNeil D.H. (1981).

² McNeil D.H. (1993) et (1995).

³ McNeil D.H. (1995). Il met en avant la « applications » suivantes : (1) penser l'idée de systémicité de manière à libérer l'imagination ; (2) aider à décoder et évaluer la littérature et les discours à propos des « systèmes » ; (3) aider à confirmer ou à infirmer certaines croyances ; (4) préciser comment concevoir des « systèmes naturels » comme des tous ; (5) préciser les méthodes de planification des systèmes artificiels afin de permettre leur développement harmonieux ; (6) permettre de mieux apprécier la « systémicité » en général.

⁴ Larses O. & El-Khoury J. (2005), pp. 8-9.

⁵ Voir Locker A. (1998).

⁶ Hofkirchner W., in Pouvreau D. (2009b), p. xix.

C'est notamment à l'initiative du B.C.S.S.S. que plusieurs colloques de systémiciens organisés ces dernières années ont fait une place à des conférences où l'histoire et les fondements de la « systémologie générale » et d'autres courants du mouvement systémique ont été discutés¹.

Bon nombre de systémiciens, qui ont à de rares exceptions près un âge relativement avancé et ont donc aussi une vision rétrospective de deux, trois, voire quatre décennies de recherche systémique, m'ont eux-mêmes affirmé l'impérieux besoin d'un tel regain d'intérêt pour les « fondateurs », non pas bien sûr pour réitérer ce qu'ils ont pu accomplir ni pour faire de leurs visions un horizon indépassable, mais pour restaurer, cultiver et approfondir leur inspiration. Toutes mes conversations (orales ou écrites) avec ces chercheurs venus des quatre continents m'ont laissé transparaître une conscience vive et passionnée de l'urgente nécessité d'insuffler un nouvel élan à la recherche systémique, où elle puisse enfin trouver les ressorts de son unité et les puissances scientifique, philosophique et politique nécessaires pour lui permettre d'infléchir le cours de l'histoire contemporaine, invariablement perçu comme funeste. Trois constats sont à l'origine de leur disposition croissante à s'intéresser de nouveau au projet de « systémologie générale ». Le premier est celui d'une certaine stagnation de la science et de la philosophie des systèmes ; une stagnation qui se manifeste notamment par l'insistante persistance de débats et de controverses autour des concepts et méthodes systémiques qui existaient déjà il y a un demi-siècle. S'y ajoute le constat de la dispersion de la recherche systémique qui, malgré les activités de l'*International Society for Systems Science* et de l'I.F.S.R. (essentiellement l'organisation de colloques) et de multiples journaux scientifiques tels que l'*International journal of general systems* et *Systems research*, souffre du mal de l'« encapsulation » auquel Bertalanffy, Rapoport et Boulding cherchaient précisément à remédier. Le troisième constat, exaspéré par la persistance chronique de difficultés à s'institutionnaliser dans le monde académique et par l'intime conviction que les problèmes posés à l'humanité contemporaine et leurs solutions sont de nature systémique, est celui de l'impuissance des systémiciens à peser significativement tant sur l'évolution de la science et de la philosophie que sur les affaires humaines. L'actualité remarquable de ses thèmes, l'effort original et unique d'intégration des différentes dimensions de la recherche systémique qu'il esquissa et la persistance voire l'amplification des besoins qu'il était destiné à satisfaire tendent naturellement dans ce contexte à restaurer le pouvoir de séduction du projet de « systémologie générale ». Le « pessimisme tempéré » prescrit par Rapoport semble toutefois indiqué pour juger de ses chances de parvenir effectivement au stade mature et de satisfaire les promesses dont il reste légitimement porteur malgré ses insuffisances initiales.

¹ Par exemple le colloque intitulé « La pensée systémique : à quelles fins ? » [*Systems thinking : what is it for ?*] organisé à Vienne en novembre 2011, où j'ai pu exposer ma vision de l'histoire et de la cohérence du projet « systémologique ». Ou encore le dernier *European meeting for cybernetics and systems research* (E.M.C.S.R.) organisé lui aussi à Vienne en avril 2012, où Elodie Vieille-Blanchard a en particulier pu exposer ses analyses historiques des rapports au « Club de Rome ».

Bilan de conclusion

Je dresse ici un bilan des résultats successivement obtenus dans ma thèse, en relevant en notes certaines recherches qui me semblent mériter d'être entreprises afin de les compléter.

Ma première partie m'a permis de rendre compte des origines de la problématique qui a conduit Bertalanffy à élaborer entre 1923 et 1937 son projet de « systémologie générale », des significations qu'il attribua ce projet et des schèmes conceptuels autour desquels il l'a construit.

J'ai d'abord pu y mettre en évidence le rôle joué dans la formation de ses valeurs à la fois humanistes et aristocratiques par un contexte largement vécu, au moins par les intellectuels, comme celui d'une « crise de la culture ». J'ai montré comment ces valeurs s'enracinent dans un idéalisme d'inspiration romantique certes typique du début du XIX^e siècle, mais dont ce contexte avait suscité la réhabilitation. J'ai expliqué par cet enracinement l'origine d'orientations axiologiques et de prises de position idéologiques qui imprègnent si profondément l'œuvre de Bertalanffy qu'on en trouve des résonances dans sa philosophie de la connaissance et dans certaines de ses analyses épistémologiques, et qu'on peut en observer la diffusion dans plusieurs thèmes constitutifs de sa « systémologie générale ». Il en va ainsi de sa farouche opposition à toute forme d'utilitarisme et de matérialisme, de sa conception exigeante et élitiste de l'éducation comme formation complète et désintéressée de l'esprit, et de son interprétation de la science comme un projet essentiellement unitarien et inséparable des autres aspects de la culture, dont la vocation serait de contribuer à l'édification d'une vision générale du monde cohérente et pourvoyeuse de sens. Ses rejets de l'empirisme dogmatique et des positivismes, comme ses accents antimodernistes et son constant mépris pour une démocratie dont la seule fonction objective serait de légitimer le règne technocratiquement organisé et ultimement nihiliste du « commercialisme », sont des conséquences majeures de ces valeurs dont mon étude montre par la suite le caractère incontournable pour la compréhension de sa « systémologie générale ».

C'est dans ce contexte marqué par le spectacle d'une culture en proie à de profondes remises en cause suscitant de vives controverses, qui nourrissait en particulier aussi bien un relativisme radical qu'une soif d'absolu, que je repère aussi les sources de ce qui constitua peut-être la force motrice la plus profonde de la pensée de Bertalanffy tout au long de sa vie : sa quête, dans une perspective dont l'inspiration apparaît d'emblée critico-idéaliste, d'une cosmologie qui soit en mesure de surmonter les contradictions et les apories d'un monde en déclin dont le présent tourmenté ne ferait que manifester les ultimes soubresauts.

Un premier groupe de déterminants de cette cosmologie a été localisé dans l'omniprésence de « philosophies de la vie », qui fut une caractéristique du climat intellectuel dans lequel le jeune Bertalanffy forgea ses idées. Ces philosophies répondaient à des besoins existentiels exacerbés en exaltant tous les traits jugés caractéristiques de la « vie », par réaction aux logiques d'une « civilisation de la machine » considérées, surtout après le désastre de la guerre, comme aliénantes et funestes. Le mouvement perpétuel, la spontanéité, la créativité, l'affirmation et le dépassement de soi, purent ainsi se retrouver élevés au rang de principes ontologiques constituant la « vie » comme ultime réalité aux seules manifestations de laquelle devrait être réservé le privilège d'une signification. J'ai montré que c'est notamment au contact de ces philosophies à la mode que Bertalanffy forgea certains de ses schèmes conceptuels les plus fondamentaux : la vision d'un monde en flux dans la moindre de ses parties, assimilant la persistance d'une entité à la reproduction d'un ordre déterminé de relations entre les éléments changeants qui la composent ; l'attribution d'une « activité primaire » à toute entité organisée, qui pose le principe d'une subordination de ses ré-actions à son environnement à une logique qui lui est propre ; l'interprétation de toute évolution organique comme une « anamorphose », c'est-à-dire comme une tendance immanente à un accroissement d'ordre, elle-même identifiée à l'expression d'une perpétuelle compulsion à dépasser les conditions présentes de l'existence pour atteindre la perfection de soi. Si Bertalanffy trouva là un motif de ses récurrentes références à Héraclite, Leibniz et Goethe, il faut y voir aussi les influences de Schopenhauer et Nietzsche, qui s'exercèrent au moins par l'intermédiaire de ces « philosophes de la vie » majeurs que furent Dilthey, Simmel, Bergson et Spengler. Par ailleurs, j'ai établi l'influence sur la formation de la théorie de la connaissance de Bertalanffy de formes de pragmatisme dont l'émergence fut en partie liée à celle des « philosophies de la vie » et dont les sources se repèrent tant chez Nietzsche que dans le positivisme de Mach et dans une tradition biologiciste d'interprétation de la doctrine kantienne aboutissant à Vaihinger et von Uexküll : il en retint l'idée que les catégories de l'expérience constituent des instruments d'adaptation forgés par les nécessités de l'évolution.

J'ai néanmoins montré que les « philosophies de la vie » ont à plusieurs égards suscité l'opposition de Bertalanffy et qu'elles ont de la sorte, « en négatif » cette fois, contribué de manière importante à la formation de sa problématique. Il n'était en effet pas question pour lui de succomber à l'irrationalisme que la plupart étaient enclines à promouvoir. Et il ne se satisfaisait aucunement des coupures ontologiques, épistémologiques et méthodologiques radicales qu'elles induisaient, car elles allaient à l'encontre de ses velléités cosmologiques axées sur la quête d'une unité certes respectueuse de la diversité : coupure entre « nature » et « culture » d'abord, qui conduisait à poser les « sciences de la nature » et les « sciences de la culture » dans des rapports antithétiques ; coupure entre monde physique et monde de la vie d'autre part, dont dérivait un déchirement des biologistes entre camps « mécanicistes » et « vitalistes » entretenu notamment par des analogies psychologiques encouragées par un pseudo-concept de « vie » trop large et vague pour ne pas être pervers.

L'époque du jeune Bertalanffy fut encore et surtout placée sous le signe de la catégorie de « totalité », ne serait-ce que parce que celle-ci passait pour la catégorie la plus fondamentale de la « vie ». En reconstituant l'essentiel du réseau de ses multiples influences scientifiques et philosophiques à cet égard, qu'elles soient directes ou non¹, j'ai pu préciser la manière dont ce contexte de promotion des modes holistiques de pensée a, plus profondément encore que les « philosophies de la vie » en tant que telles, conditionné la problématique « systémologique » de Bertalanffy, et repérer les empreintes que ce contexte n'a pas manqué d'imprimer aux schèmes conceptuels qu'il élaborait pour la développer.

J'ai d'abord mis en évidence ses emprunts, que l'on retrouve chez certains de ses contemporains, à d'anciennes philosophies de l'unité et de la « totalité » dont il faisait lui-même une tradition, en montrant comment s'y justifie son affiliation à Nicolas de Cues et Leibniz, aux prophètes d'une philosophie romantique de la nature tels que Schelling et Goethe, ou encore à Fechner et von Hartmann : il put y nourrir ses inclinations vers un monisme identifiant esprit et matière à des manifestations diverses et relatives d'une même réalité, ou encore sa vision humaniste d'une science essentiellement une et vouée à la formation de l'« homme total » ; mais il put aussi bien y puiser l'inspiration d'une « vision monadologique » d'un monde intégré de « totalités » qui, régies par des principes universels de développement, de conservation, de reproduction et d'évolution, rendent légitime et nécessaire la correspondance analogique comme voie d'accès à l'intelligibilité du *cosmos*.

Le repérage systématique des thèmes holistiques dans les productions scientifiques et philosophiques au cours du quart de siècle qui s'étend du début des années 1910 au milieu des années 1930 m'a permis de vérifier que les allégations répétées de Bertalanffy à ce sujet sont largement justifiées : non seulement ces thèmes se retrouvent dans toutes les disciplines académiques (même s'ils n'imposèrent leur domination dans aucune d'entre elles), mais ils furent mobilisés par certains des scientifiques et philosophes les plus renommés de l'époque.

J'ai rendu manifeste le rôle éminent que jouèrent dans cette promotion des modes holistiques de pensée les transformations alors récentes de la physique, ainsi que les commentaires philosophiques qu'elles suscitèrent : ce rôle tient à la fois aux spectacles remarquables de sa « désubstantialisation » et de l'unification de ses différents domaines, à l'affirmation du caractère statistique de ses lois, à la réhabilitation de la téléologie en tant que principe formel légitime, à la remise en cause plus ou moins radicale du causalisme et du déterminisme, et au fait que des thèmes holistiques étaient venus s'ancrer au cœur même de ce secteur en pointe de la physique théorique qu'était la mécanique quantique. Ces aspects se sont révélés essentiels pour la formation des idées de Bertalanffy relatives tant à la justification épistémologique d'une « systémologie scientifique » qu'à la forme qu'elle pourrait prendre. Ils ont par-delà le Viennois exercé une influence considérable chez les autres artisans contemporains d'une pensée holistique, qui l'ont conjointement inspiré.

J'ai ainsi montré comment Bertalanffy put trouver chez des métaphysiciens comme Hartmann et Whitehead une réhabilitation des thèmes typiques de la « tradition » de *Naturphilosophie* dont il

¹ Ne disposant pas de ses correspondances antérieures à la guerre (hormis une partie significative de celle qu'il entretint avec Woodger, mais que j'ai connue trop tardivement pour avoir le temps de pleinement l'utiliser), j'ai été contraint pour cette période de conjecturer certains aspects de la généalogie et de la genèse de son projet de « systémologie générale », en m'appuyant exclusivement sur une littérature publiée. Or, j'ai repéré l'existence certaine de correspondances qui apporteraient sans nul doute des éclairages précieux et qu'il reste à trouver dans les archives des correspondants concernés. Hormis Woodger, je pense ici particulièrement à Needham et Kostitzin, mais aussi à Bavink, Lorenz et Vaihinger. Il resterait de surcroît à vérifier l'existence ou non de correspondances dont mes analyses suggèrent la probable existence et, le cas échéant, à les étudier ; par exemple avec Köhler, Reichenbach, Schaxel et Ungerer.

cherchait à se poser en digne héritier, mais aussi des développements systématiques et parfois inédits prenant en compte l'état de la science contemporaine, qui influencèrent significativement son ontologie et sa cosmologie : il en va ainsi du primat de la relation sur la substance que posaient leurs métaphysiques, des principes de causalité holistique et d'émergence qu'elles introduisirent et, chez Hartmann tout au moins, d'une construction stratifiée du « réel » conciliant la reconnaissance de la spécificité des lois régissant chacune de ces strates et la possibilité d'une unité fondée sur le retour récurrent de certaines « catégories fondamentales ». J'ai toutefois relevé aussi le silence tenu par Bertalanffy à l'égard de ce métaphysicien holiste qu'était l'Autrichien Spann, en montrant qu'il est révélateur d'un attachement à trouver une voie féconde de conciliation entre pensées scientifiques et holistiques, voie dont Spann niait radicalement la possibilité.

Ce rejet de tout ce qui pouvait ressembler à une « mystique de la totalité » a été observé avec son mutisme analogue à l'égard de la « psychologie de la totalité » de Krüger. J'ai par contre établi l'influence profonde des « psychologues de la *Gestalt* » sur Bertalanffy, en précisant ses raisons : ils avaient apporté la preuve de la possibilité d'une psychologie en rupture avec le paradigme « associationniste » qui soit à la fois holistique et scientifique ; et ils avaient énoncé à cette fin un corpus de « lois » censées gouverner la structuration et la dynamique des « formes » perceptives ou cognitives, fécond pour l'interprétation des phénomènes qu'ils avaient étudiés. Même s'il rejetait leur physicalisme, Bertalanffy fut plus encore impressionné par les tentatives d'extension de cette psychologie entreprises par Köhler en direction d'une « théorie générale de la *Gestalt* », dont il tira son fameux terme « *Systemlehre* » et où il trouva surtout les prémisses substantielles d'une « systémologie » vouée à énoncer des principes systémiques généraux en s'appuyant à cette fin sur des isomorphismes à caractère mathématique.

C'est toutefois indiscutablement en biologie que Bertalanffy put observer la plus grande diversité de travaux d'inspiration holistique et trouver aussi bien la source la plus riche de réflexions épistémologiques et méthodologiques que la matière la plus élaborée pour construire et illustrer ses propres concepts systémiques. J'ai recensé les domaines auxquels se rapportaient ces travaux, qui couvraient un large spectre de la recherche biologique : l'embryologie, aux développements de laquelle Bertalanffy prêta une attention particulièrement soutenue ; mais aussi la morphologie (qui le marqua par sa réhabilitation de l'approche typologique que Goethe avait initiée) et les théories respectives de l'évolution phylogénétique, de l'hérédité et des systèmes biocénétiques, ainsi que diverses théorisations relatives aux relations des organismes avec leur environnement ou à la préservation de leur intégrité en dépit des variations de ce dernier. Ainsi s'offrit à Bertalanffy le spectacle d'une multitude de niveaux d'organisation biologique dont la compréhension semblait en fin de compte requérir la mise en œuvre d'un même schème « organismique » diversement interprété : celui d'une entité qui, ouverte sur son environnement et interagissant avec lui, a la capacité de se développer et de préserver son intégrité tout en s'y adaptant, et dont le comportement des parties n'est pleinement intelligible qu'en relation avec cette capacité. Outre l'importance de ce spectacle déterminant dans la formation des conceptions de Bertalanffy (notamment avec les tentatives de Weiss, similaires à celles de Köhler, d'énoncer des « lois systémiques » à portée biologique très générale), j'ai montré celle de certains développements bio-philosophiques solidaires de ce mouvement holistique, dont les plus marquants pour lui furent les tentatives de prolonger la « théorie de la *Gestalt* » en biologie, et surtout (notamment avec Ungerer) d'une part une réhabilitation critique de la téléologie, assimilée à l'expression de la logique de préservation de son intégrité qui préside au comportement d'un organisme et de ses parties ; d'autre part la légitimation d'un vitalisme méthodologique qui reconnaîtrait la « totalité » organique comme un problème inaccessible aux approches « analytico-synthétiques » classiques et qui aurait vocation à développer un cadre théorique permettant de formuler les lois déterminant les traits holistiques du vivant¹.

J'ai par ailleurs montré que Bertalanffy fut dès ses débuts très attentif aux évolutions de la médecine, domaine où il repéra légitimement un mouvement holistique significatif qui prolongeait celui de la biologie et qui inspira ses orientations ultérieures vers la psychiatrie. Tel fut au premier

¹ Il reste à cet égard à élucider les détails des relations entretenues par Bertalanffy avec le *Prater Vivarium* de Vienne dans les années 1924-1928, surtout avec Prziham et Weiss. Les archives personnelles de ces deux biologistes comme celles de l'université de Vienne, que je n'ai pas encore explorées à ce sujet, contiennent probablement des informations intéressantes à cet égard : un moment important de la généalogie et de la genèse de sa « systémologie biologique » est ici concerné, en particulier du point de vue de l'évolution de ses positions vis-à-vis du projet d'une morphologie mathématique.

chef le cas de la neuropsychiatrie, que Goldstein s'efforçait de reconstruire autour d'un schème « organismique » ; mais aussi celui des typologies et pathologies dites « constitutionnelles » et de l'émergence de la médecine psychosomatique.

J'ai enfin étudié dans quelle mesure les sciences sociales furent elles aussi investies par des modes holistiques de pensée et comment ce processus influença Bertalanffy. J'ai suggéré dans cette étude que ces sciences se sont d'une manière générale constituées sur la base d'ontologies holistiques, mais que la tendance dont Bertalanffy fut le témoin rapproché fut celle d'une distanciation vis-à-vis des analogies organicistes d'inspiration biologiciste qui avaient marqué le XIX^e siècle. Le Viennois, tout en rejetant cette inspiration, fut amené à réfléchir de manière critique sur la légitimité, les limites et les dangers de telles analogies, réflexion qui stimula sa progression vers un concept abstrait et purement formel de « système ». J'ai aussi mis en évidence l'impact profond qu'eurent sur lui les diverses transpositions de l'approche idéal-typique que Goethe avait introduites dans sa morphologie, en précisant notamment les raisons de l'importance de la « morphologie historique » de Spengler et de l'« herméneutique » des « systèmes culturels » de Dilthey eu égard à la formation de ses idées relatives à la possibilité, aux fonctions et à la méthodologie adéquate d'une science générale de l'interprétation systémique du « réel ».

J'ai terminé mon enquête généalogique en montrant pourquoi et selon quelles modalités les « philosophies de la vie » et les modes holistiques de pensée furent amenés dans les années 1920 et 1930 à confluer dans l'ordre idéologique au point de faire de la « totalité » un véhicule de l'idéologisation de la science qui, voué dans un premier temps à faire table rase d'une vision « mécaniciste » du monde, finit par jouer un rôle essentiel dans la légitimation de l'ordre national-socialiste. J'ai plus particulièrement rendu compte des raisons qui amenèrent les biologies holistiquement orientées à se transformer en piliers du national-socialisme. J'ai enfin mis en évidence la complexité du rapport de Bertalanffy à cette situation, en montrant comment elle contribua à déterminer sa constante inclination à assigner une portée idéologique à ses travaux ; et l'attitude très ambivalente qu'elle suscita chez lui, notamment vis-à-vis d'un national-socialisme qu'il fut aussi prompt à servir par opportunisme à partir de 1938 qu'il l'avait auparavant été à critiquer avec force son instrumentalisation de la biologie et les délires mystiques accompagnant son avènement.

Tout en ayant répertorié les très diverses origines de sa formation, ma première partie m'a finalement permis de préciser la problématique qui conditionna très tôt les travaux de Bertalanffy en l'engageant dans la direction de son projet de « systémologie générale » : construire les moyens logiques, épistémologiques et méthodologiques d'une science générale et rigoureuse des « entités holistiques », capable à la fois d'extraire le holisme de son confinement à la métaphysique ou aux spéculations mystiques et de fonder sur des bases solides une vision du monde alternative à un « mécanicisme » jugé scientifiquement inadéquat et éthiquement inacceptable ; et s'engager dans cette direction par une entreprise préalable de reconstruction théorique de cette science de la « vie » et de la « totalité » par excellence qu'est la biologie, exigence d'autant plus pressante qu'elle restait dépourvue des fondements et de la force nécessaires pour lui permettre d'assumer le rôle culturel essentiel qu'elle avait vocation à jouer, se retrouvant ainsi l'objet des spéculations les plus dangereuses.

Ma seconde partie a examiné comment Bertalanffy répondit à cette problématique, en retraçant les étapes de la construction progressive de sa « systémologie générale ».

Après avoir souligné le rôle clef qu'elle a joué et les nombreuses sources d'incompréhension dont sa méconnaissance est à l'origine, je m'y suis attaché à étudier sa théorie « perspectiviste » de la connaissance, en repérant ses très nombreuses et diverses influences et en m'efforçant de la reconstruire systématiquement à partir des commentaires épars qu'il a laissés à son sujet, des effets manifestes qu'elle a eus sur ses travaux scientifiques, et de réflexions convergentes d'autres philosophes et scientifiques permettant d'en éclairer les points restés implicites. J'ai montré qu'elle s'enracine dans une anthropologie philosophique caractérisant l'homme comme un « animal symbolique » et cherchant aussi bien à expliquer les origines de ce statut spécifique qu'à énoncer les principes gouvernant le fonctionnement et l'évolution des « univers symboliques » dont il est à ce titre le créateur. J'ai ensuite rassemblé tous les éléments me permettant de caractériser son perspectivisme comme une théorie constructiviste, relationnaliste, évolutionniste, « transactionnaliste » et « génétique » de la connaissance, en avançant qu'il participe essentiellement d'un idéalisme néo-criticiste congruent

à celui de Cassirer¹. Ce perspectivisme reconnaissait une relativité biologique et culturelle des catégories et posait le principe fondamental du caractère interprétatif et nécessairement incomplet de toute connaissance ; mais il ne renonçait pas pour autant au principe d'objectivité, redéfini comme le pouvoir de révéler des invariants structuraux, de nature ultimement mathématique, par une convergence de perspectives différentes construites pour appréhender un même objet.

Disposant de cette caractérisation, j'ai pu considérer l'ensemble des conséquences de ce perspectivisme pour la philosophie des sciences de Bertalanffy, en particulier pour son concept de « système ». J'ai en premier lieu expliqué sur cette base son insistance permanente sur la nécessité d'une pensée théorique, ainsi que la conception qu'il avait de sa nature et de ses vocations, et des critères permettant de juger la valeur des constructions théoriques. Il est notamment apparu que s'il prôna la substitution d'une « science des principes » à une « science des images » et identifia d'emblée la théorisation à l'édification d'un système hypothético-déductif, sa position vis-à-vis de la possibilité de théorisations mathématiques hors des sciences physiques restait encore largement indéterminée au début des années 1930. J'ai ensuite montré comment son perspectivisme conduisit Bertalanffy à concevoir la science comme un « art de l'omission » voué à exprimer certains aspects du « réel » dans ces constructions interprétatives qu'il appelait les « modèles théoriques ». Ont été repérés à cette occasion les éléments substantiels d'une épistémologie des modèles et de la modélisation qu'il développa progressivement dans le contexte de ce « modélisme », et mise en évidence la place naturelle que vint y occuper le fameux concept d'isomorphisme nomique dont il fut amené à faire un pivot de sa « systémologie générale ». L'un des points essentiels de ma thèse a pu alors être développé. À savoir que le perspectivisme de Bertalanffy fut précisément l'organe qui lui permit de réhabiliter les formes holistiques de pensée « sous une forme critique » apparentée aux structuralismes, en opérant la transition d'un concept de « totalité » resté sujet à des controverses métaphysiques parce qu'englué d'une ontologie réaliste vers un concept de « système » procédant d'une ontologie constructiviste, auquel souscrivirent aussi la plupart des systémiciens ultérieurs : il n'existe pas de « systèmes » en soi, seulement des constructions systémiques d'objets qui consistent à structurer des représentations symboliques de certains aspects du monde phénoménal conformément à certains schèmes holistiques d'interprétation théorique dont l'objectivité se rapporte aux invariances relationnelles révélées par les isomorphismes dont ils sont tirés.

Le problème devint ainsi pour Bertalanffy de construire un cadre destiné à élaborer de tels schèmes et à les rendre opérationnels, de sorte que la théorisation systémique puisse effectivement offrir une alternative crédible et féconde aux logiques et méthodologies « méristiques » d'une science « normale » manifestement confrontée à des impasses dès lors qu'elle s'aventure sur le terrain de la « complexité organisée ». J'ai mis en évidence la vocation de ce cadre à fusionner les méthodes hypothético-déductive et herméneutique, à concilier recherche d'« exactitude » et quête de significations. L'idée et la compréhension de cette « herméneutique systémologique » ne sortirent toutefois pas des seuls limbes du perspectivisme bertalanffien : le reste de ma seconde partie a consisté à montrer comment Bertalanffy trouva dans la biologie de son temps les autres ressorts de sa genèse.

J'ai en premier lieu établi la possibilité de rendre compte de l'ensemble des aspects de la biologie « organismique » qu'il élaborait pour l'essentiel entre 1926 et 1937, en l'identifiant comme une « systémologie biologique » articulant en fait deux pôles intimement liés mais bien distincts : d'une part une philosophie de la nature biologique ; d'autre part une biologie théorique comportant une philosophie de la théorisation biologique, un programme scientifique fixant ses objectifs et un cadre conceptuel destiné à permettre de mener à bien ce programme. Cette biologie théorique était vouée à donner une unité conceptuelle et méthodologique à la biologie tout en la faisant accéder au rang de science « exacte ». Conçue dans la perspective d'un vitalisme purement méthodologique, elle devait pour Bertalanffy avoir un caractère hypothético-déductif et nomothétique, sa tâche étant la

¹ Il me semble particulièrement indispensable de reconstituer plus précisément que je ne l'ai fait les relations entretenues par Bertalanffy avec les divers courants néo-kantiens, compte tenu de l'importance que j'ai attachée à ses affinités avec eux eu égard à son perspectivisme. Il en va au premier chef ainsi de ses relations avec Vaihinger et avec le groupe de Reiningher, qui sont avérées. Peut-être des compte rendus des quelques conférences tenues par Bertalanffy devant des sections de la *Kant-Gesellschaft* permettraient-ils de mieux identifier ses connaissances de ces courants, en tous cas de révéler la teneur des débats qu'il a eus avec certains de leurs représentants. Deux questions importantes auxquelles je n'ai pas été en mesure de répondre sont celles de savoir comment Cassirer en est venu à s'intéresser d'aussi près à la biologie « organismique » de Bertalanffy (ses relations avec Uexküll étant une piste), et comment Bertalanffy en est venu à développer des conceptions aussi proches du philosophe allemand ; s'il n'y a eu aucun contact entre eux (ce qui reste à vérifier), on peut au moins tenter de reconstruire le réseau des éventuels médiateurs entre leurs travaux.

détermination des « lois » des entités biologiques *en tant que systèmes* à tous les niveaux du monde de la vie (des cellules aux biocénoses), et l'élaboration des « principes » systémiques généraux permettant cette détermination. J'ai montré que Bertalanffy a formulé de tels « principes » sous la forme de deux grands « schèmes théoriques d'interprétation organismique » à valeur universelle : le « système ouvert » se dirigeant vers ou se maintenant dans un état d'« équilibre de flux » ; et la hiérarchisation progressive des structures et des fonctions, qui comportait plusieurs modalités (différenciation, spécialisation, centralisation, « mécanisation », etc.) et à laquelle se rattachaient d'autres « principes » tels que la « causalité d'impulsion ». J'ai montré aussi comment Bertalanffy, en conséquence de son effort pour connecter ces deux schèmes, aboutit à un modèle conceptuel dont il s'efforça d'établir la portée très générale, celui du « système organisé » : un système qui, en vertu de son ouverture sur son environnement, peut se structurer et fonctionner de manière de plus en plus complexe jusqu'à devenir lui-même un « ordre hiérarchique de systèmes ouverts en équilibre de flux » et accroître de la sorte à la fois son autonomie vis-à-vis de son environnement et sa capacité à s'y adapter. J'ai enfin mis en évidence le fait que par leur double vocation à guider la modélisation systémique à tous les niveaux d'organisation biologique et à exhiber une unité formelle de ces niveaux, ces schèmes théoriques et ce modèle anticipaient des aspects essentiels de la « systémologie générale ». Quant à la philosophie de la nature biologique de Bertalanffy, j'ai établi qu'elle se fondait sur trois « schèmes philosophiques d'interprétation organismique » certes incapables par eux-mêmes de contribuer directement à la théorisation systémique des phénomènes biologiques (les « primats » de la « totalité » sur la « partie », de l'« ordre dynamique » sur l'« ordre structural-machinaliste » et de « l'activité sur la réactivité »), mais visant à lui fournir une heuristique et un cadre permettant d'en dégager les significations générales, ainsi qu'à rendre possibles des connexions fécondes entre la biologie « organismique » et les disciplines susceptibles de s'approprier utilement ses schèmes.

Dans la mesure où l'« exactitude » n'était pas encore clairement conçue par Bertalanffy comme mathématique en 1932, il m'a fallu trouver une explication de ses réticences à cet égard et de la remarquable évolution qui le conduisit cinq ans plus tard à affirmer le caractère constituant des mathématiques dans la théorisation systémique, et ce non seulement en biologie, mais dans le cadre d'une « systémologie générale ». Après avoir repéré les puissantes raisons qui faisaient à cette époque traditionnellement obstacle à la conciliation, même par simples paires, de la biologie scientifique, de la pensée holistique et des mathématiques, j'ai avancé l'idée que c'est en prenant connaissance des premiers développements d'une biologie mathématique et en y contribuant lui-même que Bertalanffy fut irrésistiblement conduit à évoluer dans cette direction. J'ai en effet pu établir, en considérant principalement les travaux de D'Arcy Thompson, Przibram, Rashevsky, Lotka, Volterra, Donnan et Woodger, qu'ils amenèrent à sa conscience les « ingrédients » devenus par la suite constitutifs de sa « systémologie générale » qui faisaient encore très largement défaut à la « systémologie biologique » qu'il exposa en 1932 : la possibilité de mathématiques « qualitatives » (topologie, logique mathématique) adéquates aux problèmes essentiellement relationnels posés à la théorisation systémique ; les ressources considérables offertes à cette dernière même par les mathématiques « quantitatives » plus classiques (calcul différentiel et intégral) ; la possibilité d'étudier des systèmes abstraits de relations afin d'établir des typologies de comportements systémiques *a priori* possibles et de s'en servir pour construire des modèles théoriques de phénomènes spécifiques ; et l'utilisation d'analogies mathématiques non seulement pour guider la modélisation, mais pour construire de nouveaux concepts et enrichir ainsi un corpus théorique encore sous-développé en comparaison avec celui de la physique. Cette étude m'a simultanément permis de soutenir l'idée que des modes holistiques de pensée ont joué un rôle moteur dans l'histoire de la biologie mathématique.

Mon étude de la réception de la biologie « organismique » de Bertalanffy et mon repérage des chercheurs avec qui il travailla ou noua des relations ont révélé qu'il fut très naturellement amené à prendre connaissance de l'existence des premiers travaux biomathématiques. Mais il fallait aussi rendre compte des raisons qui le poussèrent à s'y intéresser d'aussi près. J'en ai trouvé l'explication dans la nécessité où il se trouva dès 1933 de démontrer la pertinence, l'intérêt et la fécondité de sa biologie « organismique », ce qui impliquait avant tout de prouver sa capacité effective à fournir un cadre opérationnel pour la construction de modèles biosystémiques dignes d'être qualifiés de « théoriques ». C'est justement au cours de la période où Bertalanffy étudia les travaux de ses collègues biomathématiciens (essentiellement de 1933 à 1941) qu'il entreprit lui-même cette tâche en parallèle. Les détails que j'ai fournis de la construction de son modèle théorique et mathématique de la

croissance animale globale ont mis en évidence la réussite objective qu'elle constitua : élaboré en parfaite conformité avec la perspective « organismique », il surmontait les difficultés considérables éprouvées jusqu'alors pour fournir une description mathématique satisfaisante de ce phénomène, tout en mettant en relation deux domaines biologiques jusqu'alors largement déconnectés (la physiologie du métabolisme et l'étude de la croissance). J'ai toutefois montré aussi l'importance de ce modèle pour la genèse de la « systémologie générale » par-delà même la mise en œuvre du programme « organismique » : d'abord parce que Bertalanffy put constater lui-même en le construisant la valeur théorique (en particulier prédictive) que peut avoir l'analyse abstraite d'un ensemble purement mathématique de relations ; ensuite et surtout parce que ce modèle, en aboutissant à une typologie intégrant l'ensemble des organismes animaux, fournissait une illustration frappante du pouvoir d'unification formelle d'une théorisation systémique mathématique.

Si ces considérations m'ont permis d'expliquer pourquoi Bertalanffy fut en mesure de formuler et d'exposer dès 1937 son projet de « systémologie générale »¹, il me fallait encore expliquer les motifs et les fonctions des travaux intermédiaires qu'il réalisa entre cette date et l'époque où il publia ce projet. J'ai suggéré que ces travaux répondirent simultanément à deux objectifs : d'une part poursuivre et approfondir la mise en œuvre du programme « organismique » ; d'autre part fournir des arguments substantiels afin d'être en mesure d'avancer avec succès le projet de « systémologie générale ». En étudiant en premier lieu la « morphologie dynamique » de Bertalanffy, j'ai avancé qu'elle répondit à deux besoins épistémologiques : celui de rendre opérationnelle la connexion entre ses deux « schèmes théoriques d'interprétation organismique » ; et celui de montrer de manière convaincante, à partir du problème de la forme organique, la capacité du programme « organismique » à investir efficacement l'ensemble des domaines de la biologie. La conclusion que j'ai tirée de cette étude est que cette morphologie ne parvint pas dans son ensemble à atteindre ces objectifs, seul son traitement de la croissance animale ayant significativement contribué à leur réalisation : elle se limita essentiellement à être un cadre original d'interprétation qualitative des phénomènes morphogénétiques, qui eut toutefois les mérites d'engendrer des critiques pertinentes des recherches passées et contemporaines à ce sujet et de formuler des hypothèses et des explications suggérant des pistes de recherche alternatives et crédibles. J'ai ensuite considéré la « théorie » formelle des systèmes ouverts dont il publia l'ébauche en 1940 et qui se révèle avoir été initiée au contact de l'école de Rashevsky peu après l'échec de son premier exposé de la « systémologie générale »². J'ai montré que cette « systémologie restreinte » aux systèmes échangeant des composants avec leur environnement, d'esprit similaire à la « cinétique générale » construite par Lotka quinze ans auparavant, visait à parachever l'entreprise biothéorique « organismique » en suggérant la possibilité de déduire de leur ouverture certaines des caractéristiques les plus fondamentales de tous les systèmes biologiques ; mais j'ai suggéré aussi, compte tenu de l'effort qu'y manifesta Bertalanffy pour dériver *a priori* d'un système ouvert formel des « lois systémiques » dont il pouvait citer maintes concrétisations en biologie, en chimie et en démographie, que la principale vocation de son entreprise était de fournir à la « systémologie générale » un paradigme convaincant qui lui permettrait ensuite de mieux expliquer la fonction théorique qu'il assignait à cette dernière et d'illustrer sa capacité à établir des résultats féconds et empiriquement pertinents. En réalité, cette « théorie » de Bertalanffy ne put pas vraiment satisfaire ces ambitions : d'une part parce qu'il se heurta à de sérieuses difficultés formelles lui interdisant de dériver des résultats assez significatifs ; d'autre part parce que le point de vue purement cinétique auquel il se confinait ne lui permettait pas d'appréhender les problèmes d'organisation structurale et fonctionnelle pourtant caractéristiques des systèmes biologiques. L'étude des relations qui ne tardèrent pas à se nouer entre les travaux de Bertalanffy et la thermodynamique des processus irréversibles m'a permis d'établir qu'il s'agissait là d'une difficulté importante à laquelle il ne put jamais trouver d'issue satisfaisante, pas plus d'ailleurs que ne l'ont fait ses successeurs.

¹ Ce premier exposé par Bertalanffy de son projet de « systémologie générale » reste le moment le plus énigmatique de mon histoire. Tout un travail reste à faire à ce sujet afin d'en connaître les circonstances précises et de prendre connaissance non seulement de la manière dont il l'a effectivement exposé, mais aussi des critiques qui lui ont été opposées. Des recherches devraient à cette fin être menées à bien dans les archives de l'université de Chicago : peut-être existe-t-il une retranscription des débats suscités par son exposé dans le séminaire de Morris, ou au moins un document permettant d'identifier ceux qui y assistèrent.

² Des recherches entreprises à l'université de Chicago devraient aussi permettre de fournir des éléments précieux concernant cet autre moment important et encore largement inconnu que fut sa collaboration avec le groupe de Rashevsky début 1938. De telles recherches pourraient aussi selon moi contribuer à la compréhension des évolutions considérables de Rashevsky à cette époque, récemment relevées par Varenne sans qu'il n'ait envisagé le rôle éventuel de Bertalanffy (Varenne F. (2004), pp. 88-103).

C'est à la lumière des résultats de mes deux premières parties que j'ai pu entreprendre l'étude de ce qu'il advint du projet de « systémologie générale » une fois que Bertalanffy l'eut publié. J'ai commencé ma troisième partie en précisant la manière dont il l'exposa à la fin des années 1940 et au début des années 1950. Cet examen a mis en exergue les difficultés posées par ces premiers exposés, qui furent à l'origine de nombreuses incompréhensions dès cette époque comme par la suite : chacun d'entre eux donnait à voir en quelques pages un condensé de postulats ontologiques et de prises de position épistémologiques particulièrement hardis, qui n'étaient pas accompagnés des justifications qui s'imposaient ; ils étaient essentiellement programmatiques tout en laissant dans l'ombre la plupart des voies méthodologiques qu'il faudrait emprunter afin de permettre à la « systémologie générale » d'accomplir les vocations très ambitieuses que Bertalanffy lui avait assigné avec beaucoup d'emphase, en particulier celle de structurer la modélisation systémique et celle de guider la compréhension et la résolution des problèmes jugés fondamentalement systémiques posés à l'humanité contemporaine. J'ai toutefois montré que ses présentations en fin de compte très spéculatives de sa « systémologie générale » atteignirent leurs objectifs : les critiques restèrent assez marginales à l'époque et ne douchèrent pas les nombreux enthousiasmes suscités par un projet qui promettait de répondre à de multiples attentes relatives tant aux pressants besoins théoriques éprouvés dans les sciences non physiques qu'à la nécessité ressentie de lutter contre la spécialisation et d'accroître la communication interdisciplinaire, ou encore à la portée éthique et aux fonctions sociales de la science.

Gerard, Rapoport, Miller et Boulding furent parmi les tout premiers à se porter aux avant-postes de la défense et du développement de la « systémologie générale ». Leur rôle historique dans la fondation de la S.G.S.R. m'a amené à interroger les raisons de leur convergence vers ce projet en 1953-1954¹. J'ai d'abord relevé le fait que l'université de Chicago (que ces quatre chercheurs et Bertalanffy fréquentèrent à des degrés divers) et la Fondation Ford ont, en réponse à un contexte politique très particulier, créé un terrain favorable à cette convergence en soutenant des programmes de recherche dont avant tout les orientations épistémologiques, mais parfois aussi les ambitions praxéologiques, étaient similaires à celles qui caractérisaient le projet bertalanffien. J'ai ensuite relevé les éléments saillants des parcours de Gerard, Rapoport, Miller et Boulding antérieurs à leur contact avec ce projet, et mis en évidence trois points d'accord majeurs : une volonté d'investir leurs travaux de portées axiologiques et praxéologiques, avec l'intention de contribuer significativement à la résolution des problèmes considérables qu'ils voyaient se poser à l'humanité ; un goût très prononcé pour le raisonnement analogique allant de pair avec un profond souci de favoriser une unification des domaines scientifiques ; et la conviction que développer des schèmes conceptuels et des méthodologies holistiques opérationnels est la voie adéquate pour servir efficacement ces fins. J'ai toutefois aussi rendu manifestes quelques divergences significatives (qui allaient devenir problématiques) et montré que Bertalanffy avait des affinités beaucoup plus profondes avec Rapoport et Boulding qu'avec Gerard et Miller, affinités en comparaison desquelles leurs différences idéologiques n'eurent guère de poids : un souci de trouver un équilibre entre recherche d'unité et respect de la diversité, c'est-à-dire entre un principe d'émergence (compris dans une perspective critique) et une quête de modèles systémiques isomorphes, qui conduisait les trois premiers à récuser le biologicisme ou le physicalisme auxquels étaient enclins les seconds dès lors que les niveaux proprement humains d'organisation sont concernés ; et une éthique trop soucieuse de concilier accomplissement de l'individu et harmonies sociale et écologique pour s'abandonner à un scientisme technocratique flirtant tantôt avec le complexe militaro-industriel, tantôt avec les tentations totalitaires. Ces affinités s'enracinaient dans des influences apparentées, parfois identiques. Il est néanmoins apparu que Rapoport se dirigea vers la « systémologie générale » essentiellement par les versants de la mathématisation des systèmes biologiques et de la théorie de la connaissance, tandis que Boulding le fit surtout par les versants de l'éthique et d'une approche herméneutique des systèmes sociaux : il y avait ainsi entre eux une complémentarité qui put trouver à s'épanouir dans le projet bertalanffien.

La S.G.S.R. n'aurait guère eu d'avenir si plusieurs mouvements de recherches, désignés globalement ici sous le vocable de « cybersciences », n'avaient progressivement conflué vers elle.

¹ Il serait d'une manière générale utile d'élucider l'impact qu'eut le voyage de Bertalanffy aux États-Unis en septembre-octobre 1952. J'ai déjà pu localiser ses étapes au cours de ce voyage et préciser certaines de ses rencontres (Pouvreau D. (2009b), pp. 119-120), mais il reste à comprendre précisément en quoi elles ont consisté et ce qu'elles ont apporté tant à la construction de ses idées qu'à leur publicité. Son passage par l'université de Chicago cette année-là devrait en particulier focaliser l'attention, puisqu'il joua à n'en pas douter un rôle dans le mouvement de convergence qui aboutit à la création de la S.G.S.R.

Notamment en raison du nombre important de chercheurs impliqués dans ces autres « sciences de systèmes » et parce que celles-ci furent historiquement liées à des problèmes pratiques et aux structures de prise de décision politique ou managériale qui se focalisaient sur ces dernières : elles étaient porteuses de promesses d'expansion et d'institutionnalisation pour la S.G.S.R. J'ai focalisé mon attention sur celles dont les échanges avec la « systémologie générale » semblent avoir été les plus importants pour l'histoire de la S.G.S.R. (la théorie de l'information, la cybernétique et la « recherche opérationnelle ») : j'ai repéré là aussi ce qui les rapprochait du projet bertalanffien comme ce qui les en distanciat. Un premier résultat, obtenu notamment en considérant les critiques précoces adressées par Bertalanffy à la cybernétique et par Rapoport à la théorie de l'information, a été la mise en évidence de profondes différences entre « systémologie générale » et « cybersciences » du point de vue de leurs origines et inspirations tant scientifiques que philosophiques, éthiques et idéologiques ; des différences que leur association dans la S.G.S.R. ne doit pas masquer. J'ai toutefois recensé maints traits épistémologiques et scientifico-philosophiques communs expliquant la possibilité de leur confluence. J'ai aussi souligné le rôle médiateur important joué par les travaux d'Ashby. Quant aux catalyseurs de leur association dans la S.G.S.R., je les ai trouvés dans un besoin partagé d'institutionnalisation et dans la nécessité où elles étaient de remédier à leurs insuffisances respectives.

Une histoire de la S.G.S.R. a pu ensuite être entreprise sur ces bases¹. J'ai commencé par y montrer que le *Center for advanced studies in the behavioral sciences* (C.A.S.B.S.) de Stanford fut le lieu de sa naissance, non seulement parce que Bertalanffy, Rapoport, Boulding et Gerard s'y rencontrèrent en décidant fin 1954 de créer cette société scientifique, mais surtout parce que bon nombre de travaux communs y furent effectués avec d'autres chercheurs en 1954-1955, qui constituèrent une première étape dans l'actualisation du projet de « systémologie générale ». J'ai souligné l'impact qu'eut sur Bertalanffy son année passée au C.A.S.B.S., où il prit conscience de la multiplicité des courants de recherche systémique² et de ses conséquences pour son projet : l'urgence d'affirmer la vocation et la capacité de la « systémologie générale » à intégrer l'ensemble de ces courants tout en garantissant aux schèmes « organismiques » qu'il privilégiait la place éminente qu'il estimait devoir leur assurer, en premier lieu face à des schèmes cybernétiques qu'il jugeait moins généraux et souvent inadéquats. J'ai relaté ensuite les détails de la constitution de la S.G.S.R., en mettant en évidence tant la manière dont ses fondateurs conçurent initialement ses vocations que les caractéristiques de son siège social (le *Mental Health Research Institute* (M.H.R.I.) d'Ann Arbor) et les origines géographiques et disciplinaires de ses premiers membres. Il est notamment apparu qu'à ses origines, la S.G.S.R. était presque entièrement constituée d'Américains ; que les sciences sociales, la psychologie et la biologie y étaient majoritairement représentées ; et que les « cyberscientifiques », dont beaucoup s'étaient pourtant déjà organisés en créant leurs propres sociétés scientifiques au début des années 1950, y représentaient un groupe certes très minoritaire, mais déjà non négligeable (en nombre comme par la réputation de ses représentants).

Mon étude de l'évolution de la S.G.S.R. a ensuite mis en évidence ses dynamiques. Elle a montré que la croissance de ses effectifs, solidaire d'un processus d'internationalisation modéré³, fut très rapide au cours de ses premières années d'existence, mais qu'elle subit une inflexion dès 1963 et

¹ Un travail de reconstruction des correspondances reste toutefois largement à faire concernant cette période. L'une de mes grandes surprises lorsque j'ai eu accès aux restes des archives de Bertalanffy a été de constater l'absence presque totale de courriers échangés avec les autres principaux protagonistes de la « systémologie générale ». Il est pourtant certain que des correspondances ont existé avec Rapoport, Boulding et Laszló, et il faut se tourner vers les archives de ces derniers pour y avoir accès. Bien d'autres ont très probablement aussi existé, notamment avec Gerard, Miller et Koestler. Il en est enfin certaines qui ont existé mais auxquelles les archives de Bertalanffy ne donnent qu'un accès partiel ; tel est par exemple le cas avec von Hayek. On peut plus généralement tenter de reconstituer le réseau des correspondances effectives de Bertalanffy avec les scientifiques et philosophes ayant significativement compté dans l'histoire de son projet « systémologique » ; même partiellement entrepris, ce travail considérable livrerait à n'en pas douter des résultats intéressants, aussi bien relativement à Bertalanffy qu'à ses correspondants.

² Parmi ces courants figure le structuralisme et des zones d'ombres persistent concernant les rapports qu'entretint Bertalanffy avec lui. Ses liens avérés et durables avec Piaget au moins à partir de 1956 mériteraient d'être étudiés de près, compte tenu du rôle que le philosophe et psychologue suisse a joué dans la connexion entre le mouvement systémique américain et le structuralisme. Deux questions se posent en particulier : comment Piaget fut-il amené à être l'un des premiers adhérents à la S.G.S.R. ? Comment Bertalanffy en est-il venu à seconder Piaget dans l'édition de la *Revue des études d'épistémologie génétique*, et de quelle manière y a-t-il contribué ?

³ Il serait en particulier certainement utile de reconstruire les relations qu'entretint Bertalanffy avec des scientifiques et philosophes de pays du « bloc de l'Est », notamment pour rendre compte de son intérêt de plus en plus marqué pour le matérialisme dialectique. J'ai pu repérer l'existence de plusieurs correspondances et d'études consacrées à ses travaux dans ces pays ; et remarquer qu'il effectua un voyage en Allemagne de l'Est en 1967 (19-22 octobre) à l'invitation de l'Académie des sciences, dont il fut élu membre deux ans plus tard. Mais je n'ai pas pu tirer de ces éléments des informations assez significatives et un travail reste à accomplir à ce sujet.

tendit à se stabiliser à partir de la fin des années 1960 du fait d'un taux élevé de renouvellement en partie lié à des insatisfactions suscitées par l'importance relative des préoccupations philosophiques par rapport aux applications pratiques. Les années 1960 sont apparues comme une période d'expansion et de diversification des activités de la S.G.S.R. (coordination de travaux de recherche, organisation de colloques, publications, relations établies avec d'autres sociétés scientifiques), mais il est aussi apparu que certaines limites inhérentes au mode de fonctionnement et de financement de la S.G.S.R. se sont imposées dès la fin de cette décennie. Par ailleurs, bien que la forte représentation des chercheurs issus des sciences de la vie, de la psychologie et des sciences sociales y soit restée une constante, des changements dans le poids relatif des diverses orientations de recherche ont été repérés : une surreprésentation des « cybersciences » parmi les présidences a été remarquée, que j'ai identifiée comme un indicateur d'une tendance à marginaliser le projet bertalanffy. Cette tendance s'est révélée solidaire d'un mouvement de fond qui s'affirma très nettement au milieu des années 1960 et se renforça encore au cours de la décennie suivante : une quête de respectabilité et d'institutionnalisation qui conduisit progressivement à faire prévaloir une focalisation sur des recherches systémiques « appliquées » à la résolution de problèmes pratiques spécifiques au détriment de l'intérêt pour les constructions théoriques générales et les questions d'ordre logique, méthodologique ou philosophique. J'ai montré qu'il s'agit là d'une ligne de fracture majeure dans la S.G.S.R., qui avait des déclinaisons idéologiques et à laquelle se superposaient plusieurs clivages épistémologiques. Mon analyse globale du contenu des vingt-huit volumes de *General systems* publiés annuellement par la S.G.S.R. a établi que la tendance en question n'y est en rien perceptible. J'ai avancé qu'on peut y voir une manifestation de l'effort de ses éditeurs, Bertalanffy et Rapoport, pour maintenir un équilibre entre les différents courants, en particulier pour que le projet de « systémologie générale » persiste à être significativement représenté dans tous ses aspects : *General systems* est en fait apparu comme le lieu de leur « résistance » à une recherche systémique d'inspiration instrumentaliste vouée à agir concrètement et immédiatement sur le monde humain, qui tendait à se substituer à une recherche visant primordialement des objectifs d'interprétation et de compréhension du monde en général. La question restait de savoir où et comment s'exprimèrent ces tendances auxquelles s'opposèrent Bertalanffy et Rapoport (ainsi que de Boulding). Il est apparu que ce ne fut pas directement dans la revue *Behavioral science* dirigée par Miller, qui jouait comme *General systems* le rôle de forum de la S.G.S.R. et eut quasiment la même ligne éditoriale. C'est toutefois l'arrière-plan institutionnel de cette revue qui s'est révélé décisif : le M.H.R.I. qui, lui aussi dirigé par Miller, fut le centre de publication de *General systems* et de *Behavioral science*, s'est avéré être une institution qui, après avoir servi la promotion du projet de « systémologie générale », devint dès la fin des années 1950 le lieu de sa subversion en favorisant des recherches contraires aux idéaux dont il était porteur¹. C'est au M.H.R.I. que s'enracina l'influence croissante au sein de la S.G.S.R. des « opérationnalistes », « scientifiques du management » et « analystes des systèmes » ; là aussi où des systémiciens tels que Miller et Gerard purent sans état d'âme confondre « sciences du comportement » et sciences de la manipulation du comportement ; là, enfin, où se noua dans un contexte d'intense « guerre froide » une alliance entre le complexe militaro-industriel et une certaine recherche systémique revendiquant son affiliation à la S.G.S.R. J'ai montré que Bertalanffy et Boulding, ainsi que Rapoport de manière moins frontale, réagirent vigoureusement mais sans grand effet aux inclinations scientistes, aux tentations technocratiques et au carriérisme des systémiciens concernés, qui représentaient à leurs yeux un danger d'autant plus grand pour la promotion de la « systémologie générale » qu'ils s'y affiliaient. Il est en définitive apparu que ce projet, après avoir été le catalyseur de la S.G.S.R., fut rapidement réduit à n'en représenter qu'un simple courant certes toujours significatif mais vite minoritaire, dont les membres se retrouvèrent perpétuellement contraints de réaffirmer la spécificité. Le paradoxe est ainsi que le projet initié par Bertalanffy, promis à devenir un véhicule de l'unification des sciences, ne parvint pas même à unifier une recherche systémique dont les orientations très diverses restèrent incapables de trouver durablement dans la S.G.S.R. l'opportunité d'une coexistence constructive.

Il n'en demeure pas moins que des travaux conséquents furent entrepris tout au long de la période d'existence de la S.G.S.R. pour développer la « systémologie générale » dans la continuité de Bertalanffy. J'ai recensé dans ma quatrième partie ceux que j'ai jugés les plus caractéristiques, mais

¹ Une histoire détaillée du M.H.R.I. reste à faire et me semble indispensable.

dans une perspective qui n'était plus seulement historique : l'objectif y a été de rendre justice à chacun de ses multiples aspects, de donner une intelligibilité à leurs relations et de révéler la cohérence globale potentielle de cette « systémologie ». Je me suis efforcé d'atteindre cet objectif au moyen d'une construction systématique exposant sa structure et son fonctionnement, dont les travaux en question m'ont permis de justifier la pertinence. Elle m'a servi à corroborer l'hypothèse directrice de l'ensemble de mon travail.

J'ai ainsi représenté la « systémologie générale » comme une science générale de l'interprétation systémique du « réel » structurée en quatre pôles : (1) une « systémologie philosophique » ayant pour fonctions de développer les fondements anthropologiques, épistémologiques, ontologiques, logiques et méthodologiques de la connaissance systémique du « réel », de discuter les valeurs dont elle était porteuse et la manière dont elle pouvait contribuer à la transformation pratique du monde, et d'élaborer sur la base de ses résultats une métaphysique « inductive » exposant une vision cosmologique porteuse de sens. J'ai mis en évidence les affinités avec certains discours idéologiques (en particulier l'écologisme, le pacifisme et une vision internationaliste de l'action politique) nourries par ces dernières fonctions, et montré que l'« herméneutique systémologique » convoyait un humanisme présentant l'originalité majeure d'être fondé sur les mathématiques. J'ai toutefois argumenté la nécessité de considérer que les aspects ontologiques, logiques et méthodologiques de cette herméneutique ne participaient pas seulement de la « systémologie philosophique », constituant en fait une interface entre cette dernière et un second pôle : (2) la « systémologie théorique fondamentale » qui, vouée à constituer un guide pour la construction de modèles systémiques théoriques applicables dans les « sciences du réel », cherchait à y parvenir en regroupant par classes d'équivalence structurale les modèles théoriques existants de systèmes de natures très diverses, en construisant des « systèmes généraux » purement formels représentatifs de ces classes, puis en théorisant ces systèmes avec les moyens fournis par les « sciences formelles », avec l'objectif de dériver des « principes » et des « lois » systémiques *a priori* applicables à toutes leurs interprétations particulières. J'ai insisté sur le rôle essentiel de pivot de l'« herméneutique systémologique » joué par un second pôle théorique : (3) la « systémologie théorique appliquée » qui, tirant ses perspectives et ses moyens de (1) et (2), les informait en retour tout en interagissant en permanence avec des « sciences du réel », auxquelles elle fournissait des modèles théoriques¹ : elle livrait à (2) le matériel nécessaire à la construction de « systèmes généraux » et permettait à (1) de maintenir vivant et fécond son contact avec les « sciences du réel ». J'ai exposé un schéma synthétisant la procédure très sophistiquée de modélisation systémique constitutive de cette « systémologie théorique appliquée ». J'ai enfin présenté celle-ci comme ayant eu pour fonction d'informer un quatrième pôle : (4) la « technologie systémique », qui constituait pour sa part le domaine de l'application concrète des considérations aussi bien théoriques qu'axiologiques et praxéologiques développées dans les autres pôles « systémologiques », en vue d'apporter des solutions efficaces aux problèmes pratiques de divers ordres posés par la civilisation contemporaine, une fois ces problèmes interprétés comme « systémiques ».

Les contributions au développement de la « systémologie générale » que j'ai considérées à l'appui de mon entreprise de systématisation sont apparues comme autant de moments d'un processus de maturation de ce projet. Si ce dernier fut partiellement actualisé, j'ai toutefois établi qu'on ne saurait parler à son propos de maturité. Il fallait expliquer les raisons de cet état de fait. Les causes en furent-elles intrinsèques à ce projet, c'est-à-dire attribuables à ses seules insuffisances ? Ou faut-il les rechercher dans des conditions historiques spécifiques ? Mon examen de ce que j'ai appelé la « postérité » de la « systémologie générale » m'a conduit à avancer l'idée que les indéniables insuffisances relatives tant à l'exposé qu'au développement de ce projet ne furent pas des facteurs essentiels, et qu'ils n'avaient pas de raison de l'être ; de tels facteurs étant par contre repérables dans certaines circonstances historiques particulièrement défavorables. J'ai commencé par montrer que la soudaine explosion des critiques adressées à ce projet dans les années 1970 s'explique au moins en partie par la conjonction de trois éléments historiques : les fonctions technocratiques assumées par

¹ En particulier, une reconstruction fine des liens que tissa Bertalanffy au cours des années 1950 et 1960 avec des psychologues et des psychiatres reste nécessaire. Elle permettrait de rendre plus précisément compte que je ne l'ai fait à la fois du cheminement qui l'amena à cette époque à transposer sa perspective « organismique » en psychologie et en psychiatrie ; mais aussi de l'influence effective de ses contributions dans ces disciplines. Car tant dans cette thèse que dans ma biographie (Pouvreau D. (2009b), pp. 109-111, 149-153, 167-170 et 181-184), je n'ai fait que poser les jalons d'une telle étude.

certaines systémiciens au cours de la décennie précédente et le jugement négatif porté tant sur leur efficacité que leur légitimité ; l'hétérodoxie idéologique des « rapports au Club de Rome » sur les « limites à la croissance » ; et une volonté très répandue dans l'université, surtout en sciences sociales, de défendre des territoires disciplinaires jugés menacés par l'« intrusion » des systémiciens. J'ai ensuite recensé les critiques en cherchant à y répondre à la lumière de mes propres analyses : il s'est révélé que peu d'entre elles furent pleinement justifiées, la plupart ayant pris leur source soit dans une méconnaissance des travaux relatifs à la « systémologie générale », soit dans les manques de précision et surtout de systématisme des discours de leurs auteurs dès lors qu'ils entreprirent d'en expliquer le sens et les fondements. J'ai montré que ces critiques n'en minèrent pas moins les chances de développement pérenne de la « systémologie générale », parce qu'elles se conjuguèrent avec la tendance de plus en plus majoritaire des systémiciens eux-mêmes à marginaliser ce projet en raison d'un souci de « respectabilité » que ces critiques ne firent qu'exacerber. Le bilan de ce processus qui a finalement peu à voir avec le contenu réel de ce projet est qu'en dépit de la S.G.S.R. et peut-être même, ironie de l'histoire, en partie à cause d'elle, la « systémologie générale » a échoué à s'institutionnaliser. J'ai toutefois montré qu'elle n'a pas pour autant été définitivement condamnée à errer comme un astre mort n'offrant d'intérêt éventuel qu'aux historiens : il s'avère que ses thèmes constitutifs restent largement d'actualité, bien qu'elle soit comme ceux qui l'ont portée tout aussi largement tombée dans l'oubli en tant que projet historiquement situé. L'état du monde présent, que ce soit des points de vue scientifique, philosophique, social, économique, politique et idéologique, ne me semble pas moins favorable à un avenir de la « systémologie générale » que les circonstances qui favorisèrent il y a plus d'un demi-siècle son éphémère succès. J'ai toutefois suggéré quelques conditions nécessaires pour qu'un tel avenir soit effectivement envisageable, et remarqué l'existence dans la recherche systémique actuelle d'un mouvement encore timide mais réel pour les satisfaire, auquel la présente thèse a en particulier eu pour ambition d'apporter une utile contribution.

Conclusion

Mon histoire de la « systémologie générale » s'est fondée sur une perspective méthodologique qui s'est avérée efficace. En reconstruisant sa généalogie et sa genèse chez le jeune Bertalanffy dans les années 1920 et 1930 sur la base d'une vision hypothétique de sa signification prenant en compte ses développements ultérieurs, j'ai en effet pu repérer l'ensemble de ses déterminants scientifiques, philosophiques et culturels dans ce contexte précoce, et mettre en évidence les multiples enjeux auxquels il fut d'emblée voué à répondre. La difficulté était de comprendre comment se connectaient les très divers centres d'intérêt de Bertalanffy à cette époque, de dégager une cohérence dans l'ensemble de ses premiers travaux, alors que s'y bouscuaient sans unité manifeste des incursions dans des domaines aussi variés que la théorie de la connaissance, la métaphysique, les « sciences de la culture », la philosophie biologique et bientôt la biologie proprement dite, mathématique en particulier. Cette difficulté a été contournée en confrontant en permanence ces travaux au projet « systémologique » dont ils apparaissent *a posteriori* avoir servi l'élaboration. L'avantage de cette perspective est qu'elle m'a permis de dégager la dynamique de la pensée du jeune Bertalanffy, de localiser les obstacles « externes » et les contradictions « internes » qu'elle a dû surmonter afin de trouver progressivement les voies de son accomplissement. Les rôles cardinaux de son perspectivisme, du « modélisme » et de l'ontologie constructiviste des « systèmes » qu'il a engendrés, ont notamment été mis en exergue – ce qu'aucune étude antérieure n'avait fait, les liens profonds que j'ai mis en évidence avec les divers courants néo-kantiens n'ayant en particulier jamais été discutés jusqu'à présent. Le bénéfice de la perspective méthodologique adoptée a même été double. C'est en effet parce que mes enquêtes généalogique et génétique ont été réalisées de ce point de vue qu'elles ont pu en retour fournir des éléments clef pour la compréhension de la « systémologie générale » telle que son fondateur l'exposa à partir de la fin des années 1940, alors que ses exposés souffrent d'un manque de justifications et de systématisation qui a fait obstacle à leur compréhension : c'est bien souvent aussi à la lumière de réflexions du jeune Bertalanffy que les ambiguïtés du Bertalanffy de la maturité ont pu être levées. Au final, cette thèse a de la sorte montré que son œuvre ne peut être appréhendée de manière correcte que globalement, et elle en a dégagé l'unité fondamentale.

C'est aussi comme projet collectif que la « systémologie générale » a été envisagée. Ma perspective méthodologique a de ce point de vue présenté l'avantage de mettre en évidence aussi bien la qualité des contributions de certains autres systémiciens tels que Rapoport, Rosen et Klir à l'actualisation de ce projet, que la continuité entre le fondateur d'une part, et ses « compagnons de route » et successeurs d'autre part : les seconds ont explicité et approfondi bien des points laissés obscurs par le premier, sans jamais pour autant trahir son inspiration, bien au contraire. Et c'est en intégrant leurs travaux dans mes analyses que je suis parvenu à préciser progressivement ma définition hypothétique initiale de la « systémologie générale », pour aboutir à ma reconstruction du « système de l'herméneutique systémologique ». Non seulement cette reconstruction explicite et organise l'ensemble des aspects structuraux et fonctionnels de la « systémologie générale » que Bertalanffy ne fit bien souvent qu'ébaucher, clarifiant donc par là-même ses conceptions ; mais elle a plus largement selon moi l'intérêt de révéler l'unité dans la diversité de l'ensemble des contributions « systémologiques », le sens de leur complémentarité. J'ai de la sorte montré comment peut être légitimée la vision de la « systémologie générale » comme « superstructure » de la recherche systémique dont Bertalanffy, Rapoport et Boulding se firent toujours les ardents avocats sans pour autant en fournir toutes les justifications nécessaires, alors que cette vision fut et demeure bien souvent contestée au sein même du « mouvement systémique » dont la S.G.S.R. fut le premier foyer. J'ai l'espoir que cette entreprise enrichira et fera progresser les débats en cours au sein de ce mouvement, qui concernent tant les bases théoriques et philosophiques de la recherche systémique que son organisation, son unité et ses vocations praxéologiques.

En caractérisant la « systémologie générale » comme une science générale de l'interprétation systémique du « réel », j'ai rendu pleinement compte de la synthèse que ses principaux artisans (Bertalanffy, Rapoport et Boulding) ont cherché à réaliser entre deux « traditions » épistémologiques et méthodologiques divergentes, que j'ai respectivement qualifiées à la suite de Frey d'« hypothético-déductive » et d'« herméneutique ». J'ai pu de la sorte localiser précisément ce qui m'apparaît comme la source la plus profonde du pouvoir de séduction que la « systémologie générale » et, plus largement, les pensées de type holistique, ont été et restent en mesure d'exercer hors des sciences physiques, surtout en psychologie et en sciences sociales. En rapportant la signification de toute chose à son « intégration à une structure holistique », c'est-à-dire à un « contexte relationnel plus large,

englobant » (Anderle), cette « systémologie » se vouait *ipso facto* à devenir une science « exacte » de la signification, promettant donc à ces sciences les bénéfices d'une pensée « disciplinée » sans pour autant, bien au contraire, leur imposer le carcan d'une méthodologie évacuant par principe les questions de sens. Et il faut voir que les luttes permanentes de Bertalanffy, Rapoport et Boulding contre le règne unilatéral d'épistémologies et de méthodologies « méristiques », contre la spécialisation scientifique outrancière, et contre une science aussi inconsciente de ses déterminants culturels qu'aveugle à sa portée éthique et à ses conséquences sociales, procédaient toutes de cette même caractéristique de ce projet : telle est la raison pour laquelle elles y furent indissociables. Il était donc inévitable que les mots célèbres de Goethe résonnent dans chaque recoin de cette thèse, tels un psaume au « réenchantement du monde » exprimant une quête incessante de significations : « reliez, reliez toujours ! », car « tout ce qui est isolé est condamnable ». Il ne faut pas pour autant en conclure que la « systémologie générale » ne fut qu'une variante particulièrement sophistiquée de holisme et d'émergentisme, qui aurait outrepassé ses droits en prétendant sortir du champ de l'interprétation philosophique des phénomènes pour proclamer sa valeur scientifique : telle est justement sa grande originalité que des concepts initialement métaphysiques comme ceux de « totalité » et d'« émergence » y furent compris de manière critique et qu'elle a établi la possibilité d'en faire des véhicules d'une connaissance authentiquement scientifique, « exacte » de surcroît.

En questionnant les origines et les fondements du projet de « systémologie générale », j'ai inévitablement été conduit à envisager d'un point de vue inédit certaines questions d'actualité en histoire et philosophie des sciences. La plus générale est sans doute celle des motifs de la promotion du concept de « modèle » et des pratiques de modélisation au XX^e siècle. Mon histoire établit clairement que cette promotion ne saurait, comme on le fait trop souvent, être réduite à l'expression d'un processus de « pragmatisme » de la science, d'un délaissement des recherches théoriques, d'un renoncement au principe d'objectivité, ou encore d'une parcellisation, d'une « dispersion » et d'une « désunion » plus ou moins assumée et revendiquée de la recherche scientifique. Il y a bien au contraire eu dans ce projet une vigoureuse tentative, qui n'avait rien de marginal compte tenu du nombre et de la qualité des chercheurs qui l'ont portée, pour contrecarrer ces indéniables tendances perceptibles dès la fin des années 1940. En cherchant à ouvrir et à explorer la voie d'un holisme opérationnel susceptible d'être scientifiquement fécond, les artisans de la « systémologie générale » ont été conduits à développer des modes originaux de problématisation et de théorisation, tout en les inscrivant dans la continuité d'évolutions profondes initiées en physique dès la fin du XIX^e siècle. Ils répondirent ainsi à de profonds besoins éprouvés par bon nombre de représentants des sciences contemporaines confrontées à la « complexité organisée ». J'ai montré qu'ils ont significativement élargi la notion d'explication scientifique avec leur légitimation de l'explication mathématique « de principe » ; et la notion même de théorie, par leur distinction de plusieurs niveaux (ou « ordres ») de théorisation (systémique). J'ai montré aussi qu'ils ont mené des réflexions approfondies et parfois hétérodoxes sur la justification des modèles et sur les procédures de leur construction ; et que ces réflexions, pourvu qu'elles soient menées à leur terme comme je me suis efforcé de le faire, aboutissent à rendre sans objet le hiatus positiviste entre modèle et théorie, et à renouveler le principe d'objectivité sous une forme compatible avec un certain type (perspectiviste) de constructivisme. L'un des aspects les plus originaux de la « systémologie générale » est probablement son approche de la mathématisation – et, comme je l'ai établi, l'impossibilité de dissocier des mathématiques l'humanisme dont elle fut porteuse. En conférant à l'isomorphisme mathématique une valeur ontologique et non seulement heuristique, en en faisant un principe de l'élargissement théorique et en transformant les analyses *a priori* de systèmes abstraits de relations en guides de la modélisation, elle s'est en définitive donné pour vocation de généraliser par-delà les sciences physiques le rôle « constituant » des mathématiques dans la connaissance du « réel ». Et ce, dans une optique non réductionniste garantissant aux entreprises de mathématisation leur compatibilité avec le respect de la spécificité de leurs objets.

De ce point de vue, un apport plus spécifique de ma thèse a trait aux liens étroits que j'ai établis entre l'histoire du projet de « systémologie générale » et celle de la biologie mathématique. Mon étude complète les importantes recherches relatives à cette dernière qui ont été entreprises ces dernières années – par exemple celles de Fox Keller et de Varenne. J'ai montré que la biologie mathématique constitua le premier champ d'expérimentation significatif de la pensée proprement

systémique, et que des formes holistiques de pensée ont stimulé le développement de cette biologie tout en s'y forgeant les outils nécessaires à leur transmutation en cadre légitime et fécond de la recherche scientifique. Ce qui m'a conduit d'une part à mettre en évidence le rôle majeur d'inspirateurs joué par des biomathématiciens comme Lotka et Rashevsky dans la genèse du projet bertalanffien, mais aussi à révéler réciproquement celui, significatif, joué par Bertalanffy dans l'histoire de la biologie mathématique, et l'orientation originale qu'il lui a imprimée. Cette importance de Bertalanffy, jusqu'alors largement ignorée, tient bien sûr à la réussite que fut son modèle théorique de la croissance animale globale, qui demeure à mon sens l'un des meilleurs paradigmes d'une modélisation systémique mathématique. Mais elle tient plus largement à la philosophie de la théorisation biologique dont ce modèle fut issu et à l'influence qu'elle a eu sur certains acteurs contemporains majeurs de l'émergence de la biologie mathématique (notamment dans le « club de biologie théorique » anglais). Cette philosophie tira toutes les conséquences du fait qu'on ne mathématise jamais le « réel » en soi, mais un objet-modèle qu'on s'en construit au préalable ; elle semble bien avoir été la première à fournir un fondement systématique à des mathématisations « directes » d'objets biologiques, qui portent sur des représentations systémiques de ce qui les définit en tant que tels (l'organisation) au lieu d'être tirées d'analyses physico-chimiques ou de simples analogies physico-chimiques. En détaillant les origines et les ressorts de cette philosophie, j'ai simultanément montré que revient à Bertalanffy le statut de fondateur de la « biologie (théorique) des systèmes », ainsi que le rôle séminal joué par ceux qui l'influencèrent dans cette direction (Schaxel, Przibram, Weiss, Ungerer, parmi d'autres), rôle qui n'avait à ma connaissance pas encore été étudié.

La nature même de mon objet m'a conduit à appréhender son histoire dans une perspective elle-même systémique, qui a connecté un nombre important de productions scientifiques et philosophiques tout en les rattachant au contexte culturel dans lequel elles ont été entreprises. Dans une certaine mesure, j'ai appliqué à l'étude de la « systémiologie générale » ses propres préceptes. Cette perspective était *nécessaire*, car elle était la seule à permettre de rendre pleinement intelligible la genèse du projet bertalanffien, son processus d'actualisation, et les relations intimes entre ses multiples aspects. Mais je ne pense pas que sa pertinence soit limitée à l'objet auquel je l'ai appliquée. Bien au contraire, je crois à sa portée tout-à-fait générale pour l'histoire des sciences, et tiens à préciser ici en quel sens. La manière dont j'ai envisagé la période des années 1920 et 1930 peut illustrer mon propos. D'un côté, les développements scientifiques d'inspiration holistique à cette époque sont apparus à la fois comme des reflets et des déterminants d'un contexte historique beaucoup plus large dont les composantes éthiques, idéologiques et politiques se sont en particulier révélées incontournables. L'histoire des sciences n'a pas été conçue ici comme séparée de l'histoire en général ni, plus généralement encore, des sciences sociales dans leur ensemble : elle l'a été comme un point de vue particulier, susceptible de contribuer efficacement, en complémentarité avec d'autres, à révéler les logiques façonnant une époque. Il est toutefois apparu aussi que les développements en question avaient tous une logique propre, qu'ils répondaient à des problématiques irréductibles à des conditions historico-culturelles spécifiques. Ce n'est pas parce que les concepts de « vie » et de « totalité » avaient une résonance culturelle très large que l'étude des organismes et de leurs associations, du fonctionnement psychique de l'individu et de la dynamique des entités culturelles appelaient l'introduction et l'élaboration de concepts et de méthodologies holistiques, mais bien parce que le comportement de ces objets justifiait (ou semblait justifier) *objectivement* ces concepts et ces méthodologies, au moins en tant qu'heuristique. Ce qui ne s'oppose pas au fait que le contexte culturel contribua à susciter et à stimuler cette introduction et cette élaboration, et qu'il leur permit d'asseoir leur légitimité. Plus généralement, le perspectivisme bertalanffien me semble être d'une grande pertinence pour la méthodologie de l'histoire des sciences. En tant que systèmes symboliques, les constructions scientifiques suivent une logique intrinsèque de développement que l'historien doit être en mesure d'appréhender et dont il lui appartient d'expliquer les ressorts. L'histoire dite « conceptuelle » des sciences, dont le contenu est essentiellement épistémologique et, plus largement, philosophique, est à des degrés divers un moment nécessaire de ses entreprises ; faute de quoi l'historien manquera inévitablement la spécificité de ses objets. Koyré, Canguilhem et Cassirer doivent à mon sens demeurer des modèles de ce point de vue – certes bien difficiles à égaler. D'un autre côté, une telle histoire « conceptuelle » ne saurait être exclusive, car les productions scientifiques demeurent toujours des productions culturelles : les objets et les problèmes sur lesquels les

scientifiques portent leur attention, la manière dont ils les appréhendent et la signification dont ils investissent leurs travaux, ne sauraient être complètement compris sans prendre en compte leurs origines culturelles. L'histoire des sciences ne peut jouer son rôle sans assumer pleinement son statut de science sociale. Ce rôle n'est pas de nourrir le mythe d'une science éthérée, déconnectée des réalités culturelles qui l'entourent et ne visant que la pure contemplation du « vrai ». Il est à mon sens non seulement d'éclairer les scientifiques eux-mêmes sur les origines des problématiques et des résultats qui sont constitutifs de leur science, mais aussi de servir de médiateur entre les univers scientifiques et les autres univers culturels, favorisant ainsi un dialogue constructif et apaisé en lieu et place d'un rapport souvent pervers ponctué de manipulations, de dévoiements, de méfiances et de délires tantôt scientifiques, tantôt irrationalistes. Ce rôle de médiateur, dont l'urgence n'a cessé de croître au XX^e siècle, est à mon avis plus que jamais essentiel : il est porteur de sens et d'unité, comme le fut à sa manière la « systémologie générale ».

Le lecteur sera seul juge de la mesure dans laquelle cette thèse aura assumé ces rôles. J'ai au moins l'espoir qu'elle a mis en évidence des problématiques historiques et philosophiques dignes d'intérêt et offert des aperçus inédits et pertinents sur certaines d'entre elles. Elle m'a en tout état de cause apporté une compréhension des significations possibles de la « docte ignorance ».

Annexes

Annexe 1-4-5-2

Les critiques de la théorie darwinienne de l'évolution reprises par Bertalanffy

La liste suivante des critiques de la théorie darwinienne de l'évolution dans les années 1910 et 1920 a été établie en recoupant celles formulées par von Hartmann, von Nägeli, Plate, Hertwig, Tschulok et Bertalanffy :

(1) Avec la sélection naturelle, le darwinisme n'explique pas l'origine des variations, mais seulement la perpétuation de celles qui sont jugées « utiles ». Donc il n'a pas résolu l'énigme de « l'origine des espèces ». La sélection naturelle ne pouvant s'opérer que sur des organes déjà existants, elle ne peut en effet pas expliquer leur émergence, d'autant plus (argument récent tiré de la génétique) qu'elle n'altère pas les « dispositions héréditaires ». Il y a en fait une « impuissance de la sélection naturelle » (Hertwig), qui n'agit que « négativement » : elle n'est qu'un facteur d'élimination incapable en soi d'engendrer des formes organiques adaptées à leur environnement.

(2) Le darwinisme n'explique pas la formation des stades initiaux encore « inutiles » de beaucoup d'organes. Beaucoup de petites variations ne garantissent en fait encore aucun avantage et sont dépourvues de valeur sélective tant qu'un certain degré de variation n'a pas été atteint. Ce sont moins des variations « avantageuses » que des « avantages de situation » dans l'environnement qui favorisent en fait la survie et la perpétuation des organismes.

(3) L'« utilité » ne permet pas de concevoir l'anamorphose évolutive, i.e. l'émergence de formes organiques toujours plus complexes, dans la mesure où ce sont précisément les formes organiques les plus élémentaires (telles que les bactéries) qui ont les meilleures chances dans le « combat pour la vie ». Toutes les formes vivantes sont en fait également adaptées à leur milieu, l'« utilité » n'ayant rien à voir avec le niveau d'organisation ni la spécialisation.

(4) L'idée que des petites variations se conservent et s'amplifient du fait de leur « utilité » est un subjectivisme ; le concept d'« utilité », chargé de jugements de valeur, est dépourvu de scientificité¹.

(5) Même en contestant la critique précédente, ce concept reste hautement problématique ; car tous les organes et caractères d'un organisme ne sont pas « utiles » et ce que l'on a appelé l'adaptation se réduit en fait à la non-nocivité. Il y a des caractéristiques morphologiques (dites « d'organisation ») que l'on retrouve dans des espèces et même des genres différents (principe d'évolution « convergente »), qui sont sans valeur sélective pour l'espèce même si elles peuvent être avantageuses, et qui sont néanmoins beaucoup plus constantes que les caractéristiques « d'adaptation » propres à chaque espèce – alors que selon la théorie de Darwin, les caractères devraient être d'autant plus constants qu'ils sont « utiles ». La sélection peut ainsi au mieux expliquer des différences fonctionnelles, mais pas des différences morphologiques fonctionnellement sans importance, qui constituent pourtant les véritables différences entre espèces.

(6) La prétention à expliquer l'émergence d'un organe par le « simple hasard » se heurte au problème de la « coadaptation » : il est hautement improbable que, dans la transformation d'un organe compliqué, les nombreuses variations nécessaires à cet effet se produisent par hasard quasi-simultanément et avec l'harmonie requise. Plus généralement, admettre que la contingence de la variabilité et la sélection naturelle jouent un rôle important dans l'évolution n'implique pas nécessairement d'admettre qu'ils suffisent à expliquer l'organisme en tant que « totalité ».

(7) Il y a une harmonisation complexe des organes et des adaptations subtiles dont l'avènement n'est intelligible que par une discontinuité évolutive, alors que la théorie darwinienne présuppose une

¹ Dürken B. (1924), in Bertalanffy L. von (1929e), p. 103 : « Le darwinisme contredit l'essence de la recherche scientifique, en ce qu'il évalue selon des normes humaines la valeur ou l'absence de valeur d'un organe ou d'un caractère dans ses tentatives de démonstration et d'explication, introduisant de la sorte des jugements de valeur purement subjectifs dans les études scientifiques ».

série continue de petites variations et l'existence de formes intermédiaires qui se révèlent en fait incompatibles avec la vie¹.

(8) Le darwinisme est « crypto-téléologique » ; le caractère téléologique de ses raisonnements, notamment de son concept d'utilité, avance masqué par le recours au concept de « hasard » ; il n'est donc en fait qu'un pseudo-mécanicisme qui laisse sans réponse la question de la finalité organique².

¹ Même cette critique fut formulée (en 1875) par von Hartmann, bien avant les travaux des généticiens tels qu'Hugo de Vries. Elle fut toutefois formulée dès la parution du livre de Darwin, donc en 1859, par Thomas H. Huxley (Drouin J.M., in Darwin C. (1859, 1992), p. 31).

² Von Hartmann E. (1875), in Bertalanffy L. von (1928b), p. 167 : « Le darwinisme est une philosophie utilitariste de la nature ; il fait de l'utilité, c'est-à-dire d'une forme secondaire de téléologie, un principe d'explication scientifique tout en le tenant pour une cause agissant mécaniquement ; il lui échappe par suite de cette confusion qu'il n'a donné qu'une explication philosophique et non encore scientifique tant qu'il laisse de côté les causes véritablement efficientes de l'origine des variations ou qu'il renonce à leur explication en faisant appel au hasard ». Voir aussi Hertwig O. (1918), p. 650 pour une critique convergente.

Annexe 1-4-5-7

L'équation « logistique » et ses propriétés

L'équation différentielle dite « logistique » telle qu'elle fut considérée par les auteurs considérés dans cette thèse, en particulier Pearl, Robertson, Lotka et Volterra, s'écrit sous la forme :

$$\frac{dX}{dt} = aX - cX^2$$

où $a > 0$, $c > 0$ et X est une fonction du temps t (qui peut être un effectif démographique, une masse, une concentration, ou autre).

Hormis la solution nulle, toute équation différentielle de ce type (qui appartient à la classe des équations de Bernoulli) a pour solution :

$$X(t) = \frac{L}{1 + ke^{-at}} \quad \text{où } L = \frac{a}{c} \text{ et } k = \frac{L}{X(0)} - 1$$

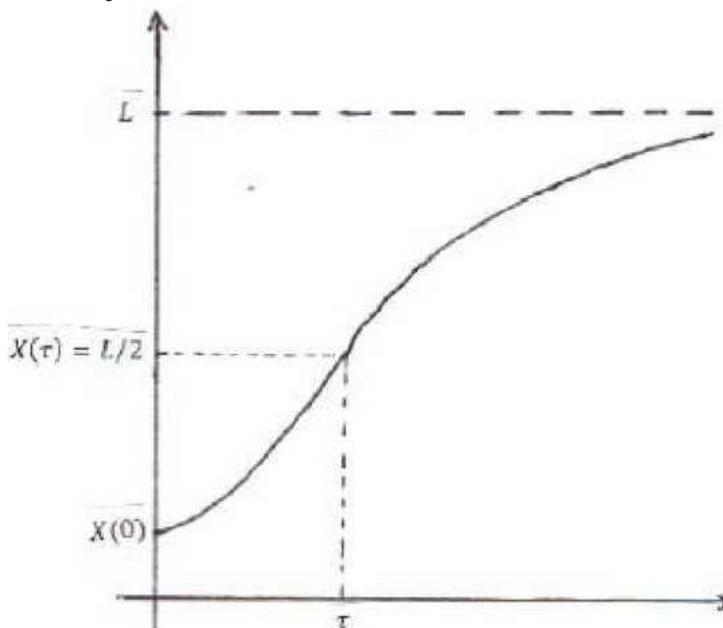
L'intégration de l'équation s'effectue en effet au moyen du changement de fonction $Y = 1/X$. On obtient alors :

$$-\frac{Y'}{Y^2} = \frac{a}{Y} - \frac{c}{Y^2}$$

Soit aussi : $Y' = -aY + c$. Cette équation linéaire s'intègre classiquement en : $Y(t) = Ke^{-at} + \frac{c}{a}$, où K est une constante d'intégration. On a de plus : $Y(0) = \frac{1}{X(0)} = \frac{c}{a} + K$. D'où la valeur de K , puis le résultat annoncé pour l'expression de $X(t) = \frac{1}{Y(t)}$.

La solution est croissante pour autant que $k > 0$, c'est-à-dire $L > X(0)$. Et elle admet L pour valeur asymptotique.

Dans l'hypothèse où $X(0) < \frac{L}{2}$, la courbe représentative de X est une sigmoïde (courbe « en S ») présentant un point d'inflexion à l'instant τ tel que $X(\tau) = \frac{L}{2}$. Dans l'hypothèse contraire, X est une fonction croissante et toujours concave.



La dérivation des deux membres de l'équation différentielle initiale donne en effet :

$$X'' = aX' - 2cXX' = X'(a - 2cX)$$

Dans la mesure où l'on a croissance, $X' > 0$ et X'' est du signe de $(a - 2cX) = c(L - 2X)$. Donc si $X(0) \geq L/2$, on aura toujours $L - 2X \leq 0$ et $X'' \leq 0$: la fonction X est croissante concave. Si par contre $X(0) < L/2$, on aura $X'' > 0$ tant que $X < L/2$, $X'' = 0$ lorsque $X = L/2$ et $X'' < 0$ lorsque $X > L/2$; c'est-à-dire un point d'inflexion en τ tel que $X(\tau) = L/2$.

Dans tous les cas, le comportement asymptotique de X traduit l'existence d'une limite à la croissance qui peut s'interpréter en réécrivant l'équation sous la forme :

$$\frac{dX}{dt} = X(a - cX)$$

Avec $c = 0$, on a en effet une croissance exponentielle (dite « malthusienne » en démographie) ; le facteur $(a - cX)$ substitue ainsi à la constance du taux d'accroissement relatif de X (c'est-à-dire à la quantité $\frac{1}{X} \frac{dX}{dt}$) une décroissance linéaire de ce taux, qui traduit aussi simplement que possible un effet négatif de l'accroissement de population sur cet accroissement lui-même.

Annexe 1-4-7-5

La mathématique et la physique « faustiennes » selon Spengler : de la « morphologie historique » comparée au relativisme et à la thèse du déclin

Selon Spengler, les « symboles primaires » des « âmes apollinienne » et « faustienne », à savoir respectivement « le corps individuel présent et sensible » et « l'espace pur illimité », se seraient « incarnés » dans des types spécifiques de nombre et auraient donc engendré des mathématiques spécifiques :

Il y a plusieurs univers de nombres parce qu'il y a plusieurs cultures [...] Il existe par conséquent plus d'une mathématique [...] *Il n'y a pas une, il n'y a que des mathématiques.* Ce que nous appelons histoire de « la » mathématique, réalisation progressive d'un idéal unique et invariable, est en effet, dès qu'on écarte l'image trompeuse de la superficie historique, une *variété* d'évolutions qui sont achevées en soi, indépendantes l'une de l'autre¹.

Il y aurait ainsi une « mathématique apollinienne » et une « mathématique faustienne ». La première aurait pour nombre type le « nombre-grandeur » ; elle ne concevrait que des rapports de grandeurs, de mesure et de figures entre des corps incarnés et éternels, et elle culminerait dans la stéréométrie. La seconde aurait pour nombre type le « nombre-fonction » ; elle ne concevrait que les relations, les rapports fonctionnels et les « valeur-limites », et elle culminerait dans la considération d'espaces multidimensionnels et la théorie des groupes, de sorte qu'elle n'aurait plus rien à faire avec l'intuition sensible :

Dans la mathématique apollinienne, l'esprit sert l'œil ; dans l'occidentale, il le tyrannise².

C'est à l'issue d'une mise en parallèle des évolutions respectives des deux mathématiques que Spengler s'autorisa à conclure qu'il s'agissait précisément là d'un signe d'achèvement :

Arrivée à ce point culminant, la mathématique occidentale – qui a désormais épuisé toutes ses possibilités intérieures et rempli sa vocation, qui est *de reproduire et d'exprimer l'idée la plus pure de la psyché faustienne* – clôt son développement dans le sens où l'avait fait au III^e siècle la mathématique antique [...] Ce qui est certain, c'est que le temps des grands mathématiciens est révolu³.

Son traitement de la physique fut analogue. Il le fut d'abord par son relativisme « monadologique ». Le monde que donnerait à voir la physique correspondrait exactement à la mathématique, à la religion et à l'art de la culture qui l'engendre :

La physique est, par son rôle, sa méthode, ses résultats, l'expression et la réalisation d'une culture [...] Les nombres, les formules, les lois ne *signifient* et ne *sont* rien. Il leur faut un corps que seule peut leur donner une humanité *vivante* en vivant en eux et par eux, en s'y exprimant elle-même et les prenant intérieurement en sa possession. Aussi n'existe-t-il *pas de physique absolue*, mais seulement des physiques particulières, qui apparaissent et disparaissent au sein de cultures particulières⁴.

La « nature apollinienne » aurait ainsi produit une physique de la proximité, de la forme et de la matière, une statique des corps, ses « faits » étant accessibles au regard profane. La « nature faustienne » serait quant à elle une physique du lointain, de la force et de la masse, une dynamique de l'espace illimité, ses « faits » étant des relations inintelligibles pour le profane dans la mesure où, selon Spengler, elle nie la substance du monde visible tout entier. Spengler voyait déjà poindre les signes de son épuisement :

La physique occidentale est arrivée très près de la limite de ses possibilités intérieures. Le sens dernier de son phénomène historique fut de changer en connaissance conceptuelle le sentiment de la nature faustien et en formes mécaniques d'une science exacte les formes d'une croyance antérieure

¹ Spengler O. (1923, 1976), I, pp. 68-70.

² *op. cit.*, p. 97.

³ *op. cit.*, pp. 99-100.

⁴ *op. cit.*, p. 360 et p. 364.

[...] Jusqu'à la fin du XIX^e siècle tous les pas que fait cette science s'orientent vers une perfection intérieure, une pureté croissante, une intensité et une abondance de l'image dynamique de la nature ; à partir de là, la théorie ayant atteint un suprême degré de clarté, les progrès commencent à avoir une action dissolvante¹.

Son évolution l'aurait rendue en décalage avec l'« esprit faustien », mais le commencement de « l'anéantissement » de cette physique serait surtout advenu avec le Second principe de la thermodynamique, qui aurait introduit une « opposition profonde entre théorie et réalité » :

[II] fait apparaître par l'introduction de l'irréversibilité une tendance appartenant à la vie immédiate et foncièrement contradictoire à la nature du mécanique et du logique.

Pour Spengler, rien ne montrait mieux l'épuisement de la force ordonnatrice autrefois active dans la tradition occidentale que le « refuge » dans la statistique. En effet :

La statistique ressortit, comme la chronologie, au domaine de l'organique, à la vie changeante en mouvement, au destin et au hasard, non au monde des lois et de la causalité atemporelle².

Dans ce surgissement de l'histoire, donc de la « vie », au cœur de la science du « devenu », il fallait selon lui voir la métamorphose inéluctable d'une physique « systématique » en physique « physiologique » :

Plus la dynamique se rapproche du but par épuisement de ses possibilités intérieures, plus résolument surgiront les traits historiques de l'image, plus forte sera la nécessité organique du destin à côté de celle de la causalité, et à côté des facteurs de l'étendue pure ceux de la direction³.

Spengler voyait dans cette métamorphose la préfiguration la plus marquante du processus selon lui déjà à l'œuvre de « la fin de la science occidentale en général », manifestation parmi d'autres du « déclin de l'Occident ».

¹ *op. cit.*, p. 400. Ce passage fut cité par Bertalanffy en introduction de l'un de ses premiers textes biologiques (1927(c), p. 250).

² *op. cit.*, pp. 403-404.

³ *op. cit.*, p. 405.

Annexe 1-5-3-2

Éléments historiques sur l'avènement de l'eugénisme et de l'« hygiène raciale »

Les doctrines eugénistes et l'idée d'une « eugénique » ne commencèrent à prendre leur essor en Allemagne qu'après les travaux de Weismann (qui leur fournirent une impulsion et favorisèrent leur radicalisation), donc dans les années 1890.

Wilhelm Schallmayer fut à cet égard un pionnier, qui fixa durablement tous les thèmes de l'eugénisme jusqu'à l'avènement du III^e Reich. L'inflexion importante qu'il introduisit tenait à ce que l'eugénique n'était plus pour lui comme chez Galton l'expression d'une vision du monde, mais une discipline *médicale*. Approfondissant certaines remarques déjà influentes de Haeckel sur les effets « dysgéniques » de la civilisation occidentale, il développa le thème de la dégénérescence biologique de l'espèce humaine, une variante du discours sur la décadence et le déclin qui fit toujours plus fortune en Europe et aux États-Unis au cours des quatre décennies suivantes, particulièrement après la première guerre mondiale. La thèse était que les progrès de l'hygiène et de la médecine d'une part, et la guerre d'autre part (bien d'autres ajoutèrent le socialisme...), s'étaient conjuguées pour agir contre la sélection naturelle, tendant à favoriser l'élimination des individus les plus forts et la reproduction des plus faibles, d'autant plus que les classes sociales défavorisées avaient un taux de fertilité très supérieur à celui des classes supérieures ; et que cela conduisait à une dégradation progressive des qualités héréditaires que l'État devrait d'urgence contrecarrer par des mesures énergiques et méthodiques s'appuyant sur les sciences biologiques et médicales¹.

Le premier pas vers l'institutionnalisation de l'eugénique en tant que discipline scientifique fut accompli en Allemagne en 1904 avec la création des « Archives de biologie raciale et sociale » (*Archiv für Rassen und Gesellschaftsbiologie*) par Alfred Poetzl ; lequel fonda l'année suivante la première association eugéniste allemande : la « Société allemande d'hygiène raciale » (*Deutsche Gesellschaft für Rassenhygiene*). S'y ajoutèrent les créations dans les années 1910 de l'« Institut pour l'anthropologie, la génétique humaine et l'eugénique » de Berlin (*Kaiser Wilhelm Institut für Anthropologie, menschliche Erblehre und Eugenik*) et de l'« Institut de généalogie et de démographie » de Munich (*Kaiser Wilhelm Institut für Genealogie und Demographie*), lequel bénéficia d'un important soutien financier de la part de la Fondation Rockefeller. L'« hygiène raciale » entra dès après la première guerre à l'université comme thème d'étude. Les mouvements en faveur d'une législation eugéniste se développèrent quant à eux dès 1907, à la suite d'une loi remarquée votée en ce sens aux États-Unis ; d'une manière générale, ce sont d'ailleurs les Américains qui servirent de référence à cet égard aux Allemands, y compris dans la première loi eugéniste promulguée en 1933 par Hitler. Et divers projets de lois eugénistes précédèrent celle-ci au cours des années 1920, qui allaient de pair avec la réduction de plus en plus répandue de l'homme à une valeur économique et la volonté d'éliminer les « bouches inutiles »².

Le fait remarquable est que l'eugénisme, loin d'être propre à l'Allemagne et l'apanage d'une poignée marginale d'extrémistes, constitua au cours du premier tiers du XX^e siècle une position orthodoxe soutenue par la très grande majorité des intellectuels, au premier rang desquels des biologistes et des médecins – qui, comme en témoigne le « manifeste des généticiens » publié en 1939, étaient largement convaincus que le potentiel génétique de l'humanité était gravement menacé³. Carrel, opposé à l'eugénisme « négatif », fut certainement l'avocat le plus clair et le plus influent en France de sa version « positive » :

Nous savons que la sélection naturelle n'a pas joué son rôle depuis longtemps. Que beaucoup d'individus inférieurs ont été conservés grâce aux efforts de l'hygiène et de la médecine. Que leur multiplication a été nuisible à la race [...] Il y a un seul moyen d'empêcher la prédominance désastreuse des faibles. C'est de développer les forts. L'inutilité de nos efforts pour améliorer les individus de mauvaise qualité est devenue évidente [...] Il faut abandonner l'idée dangereuse de restreindre les forts, d'élever les faibles, et de faire ainsi pulluler les médiocres [...] Aujourd'hui, il est indispensable que les classes sociales soient de plus en plus des classes biologiques [...]

¹ Bäumer A. (1990), pp. 75-77. Pichot A. (2000), pp. 157-259.

² Bäumer A. (1990), pp. 78-80 et 86. Pichot A. (2000), pp. 235-237.

³ Olf-Nathan J. (1993), p. 25.

L'établissement par l'eugénisme d'une aristocratie biologique héréditaire serait une étape importante vers la solution des grands problèmes de l'heure présente¹.

En Angleterre, le grand généticien John B.S. Haldane (fils de John S. Haldane) publia de son côté en 1924 son « *Daedalus* », qui anticipait largement sur le « *Meilleur des mondes* » d'Aldous Huxley (et qui, d'ailleurs, l'inspira). Haldane suggérait que l'humanité ne pourrait trouver son salut, échapper à une disparition certaine promise par la fertilité supérieure des individus les moins désirables, qu'au moyen de l'« ectogenèse eugénique », c'est-à-dire le contrôle complet, *in vitro*, de la fertilisation et du développement des œufs humains. Son message était que l'espèce humaine se trouvait à un moment crucial de son histoire, n'ayant que quelques siècles pour éviter la dégénérescence et contrôler son destin. Un eugénisme « négatif », un gouvernement mondial et une technocratie socialiste étaient selon lui une première phase de solution, un eugénisme « positif » et l'ingénierie biologique devant permettre à long terme de créer de nouvelles sortes d'hommes mieux armés dans le « combat pour l'existence »². Quant à son collègue Ronald A. Fisher, qui contribua avec lui à l'élaboration de la théorie génétique de la sélection naturelle, il publia en 1930 un essai à ce sujet qui s'achevait par un plaidoyer pour un eugénisme « positif » visant à éviter les « conséquences biologiques désastreuses auxquelles notre civilisation est exposée »³.

L'eugénisme était en fait si prégnant que même des Juifs en furent de fervents partisans. Outre Gumplovicz mentionné dans mon texte, tel fut le cas de Goldstein, qui publia en 1913 une monographie sur l'hygiène raciale où il soulignait la nécessité de prévenir la reproduction des individus génétiquement « inférieurs » afin de faciliter l'adaptation de la population aux stress induits par l'industrialisation rapide et la vie moderne⁴. Tel fut aussi le cas de Goldschmidt, qui fut ironiquement l'un des pères de la première loi eugéniste promulguée par Hitler, et qui considéra même après son exil consécutif aux lois antisémites que ce n'était pas l'eugénisme qui était condamnable, mais ce que les nazis en faisaient⁵.

¹ Carrel A. (1935), pp. 405-406 et 414.

² Adams M.B. (2000).

³ Fisher R.A. (1930, 1999), pp. 253-265.

⁴ Harrington A. (1996), pp. 142-143.

⁵ Pichot A. (2000), p. 255.

Annexe 1-5-3-6

Éléments sur le comportement de Bertalanffy vis-à-vis du N.S.D.A.P. et de l'administration du III^e Reich

Le premier fait important à souligner pour expliquer le comportement de Bertalanffy est sa situation très précaire entre 1930 et 1932. Sans position institutionnelle et ne vivant que de ses publications, il dépendait alors d'une bourse allouée par la section autrichienne de la *Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft* [« Communauté d'aide à la science allemande »], qui lui permit de travailler sans souci à la rédaction du premier volume de sa « Biologie théorique », publié fin 1932. Or, cette bourse lui fut supprimée début 1933 en conséquence des différends politiques entre l'Allemagne et l'Autriche, le régime autoritaire de Dolfuß considérant Hitler comme une menace. Bertalanffy avait alors 31 ans et se posaient de manière aiguë les problèmes de son habilitation et celui de trouver un poste universitaire.

Il déposa le 27 juin 1933 une demande d'habilitation en « biologie théorique et générale » devant le Collège de professeurs de l'université de Vienne. Sa « Biologie théorique » fut présentée comme thèse d'habilitation. La commission, qui comprenait Schlick, Reininger et le zoologiste Jan Versluys, fut unanime pour approuver cette habilitation, exigeant toutefois qu'elle soit seulement libellée en « biologie théorique ». Mais Bertalanffy dut attendre près d'un an avant d'obtenir une modeste place de chargé de cours sans solde (*Privatdozent*) en biologie théorique dans le département de zoologie de l'université de Vienne. Son habilitation à un tel poste ne lui fut en effet délivrée que le 9 mai 1934. Ses difficultés financières furent considérables au cours de cette période. Grâce à l'intervention du physicien Jordan en Allemagne et de son collègue botaniste von Wettstein à Vienne, il réussit certes à obtenir de nouveau une bourse de la *Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft*, mais seulement en 1936. Son article de 1934, où il mettait ses conceptions « organismiques » au service d'une légitimation du *Führerprinzip*, fut précisément publié en Allemagne dans ce contexte (ce geste eut été condamné en Autriche), et ce n'est certainement pas un hasard.

Alors qu'il approchait les 36 ans, Bertalanffy, estimant que son statut de *Privatdozent* n'était pas conforme à la richesse et à l'importance de ses travaux, décida d'adresser une requête au doyen de la faculté de philosophie de l'université de Vienne, où il réclamait sa promotion au rang de « maître de conférence » [*ausserplanmäßiger Professor*]. Mais alors même que le dossier suivait son cours et n'avait pas encore été tranché, il saisit une opportunité : sur recommandation de Rashevsky, il obtint une bourse de la fondation Rockefeller pour venir travailler un an aux États-Unis au cours de la période s'étendant du 1^{er} octobre 1937 au 30 septembre 1938 : un séjour discuté dans la seconde partie, dont les conséquences furent importantes des points de vue scientifique et épistémologique. Son choix eut un revers : sa demande de promotion au rang de « maître de conférence » reçut une réponse favorable le 3 mars 1938, neuf jours avant l'annexion [*Anschluß*] de l'Autriche par Hitler. Mais sa nomination fut suspendue quelques jours plus tard, du fait de son absence.

Bertalanffy, alors aux États-Unis, apprit rapidement la nouvelle de cette annexion. Il apprit rapidement aussi ce qui se passa au cours des semaines suivantes : plusieurs membres du *Vivarium* y furent démis de leurs fonctions le 22 avril du fait de leur judéité, en particulier Przibram – qui mourut en 1944 au camp de concentration de Theresienstadt. Il faut insister sur le fait que Bertalanffy chercha alors non pas à rentrer à Vienne afin de profiter de la situation, mais à trouver refuge aux États-Unis. Il écrivit à Franck B. Hanson, directeur du bureau chargé des sciences de la nature à la Fondation Rockefeller, afin de solliciter un prolongement d'un an de sa bourse. Il lui affirma que, bien que sa famille soit non juive, il risquait d'être déporté en camp de concentration à son retour à cause de remarques déplaisantes à l'encontre des nazis qu'il aurait faites en public dans le passé. En fait, il cherchait ouvertement à obtenir un poste dans une université américaine. La difficulté pour lui est qu'en dépit de l'intérêt que rencontraient ses travaux, la Fondation était plutôt encline à soutenir des chercheurs dont il était avéré qu'ils étaient persécutés ou en voie de l'être, ce qui n'était pas le cas de Bertalanffy malgré ses dires. Début juin, il interrompit son voyage afin de venir discuter personnellement du problème avec Hanson. Ce dernier l'informa alors que la Fondation refusait de prolonger sa bourse. Bertalanffy insista pour que son cas soit reconsidéré après consultations de « bio-mathématiciens » tels que Pearl et Rashevsky. Mais ce dernier, qui rencontra Weaver à ce propos, ne

soutint pas Bertalanffy et le jugea même négativement : leur relative inimité, née peu après la rencontre de ces deux très fortes personnalités, pesa ici très lourd : le renouvellement de la bourse fut définitivement refusé. Bertalanffy embarqua le 8 octobre 1938 à New York pour rentrer à Vienne.

Il était à peine rentré que Versluys, toujours directeur de l'institut de zoologie, proposa fin octobre que lui soit attribué un cours de trois heures hebdomadaires afin de suppléer aux absences de Przibram et d'Andreas Penners, démis de leurs fonctions. Versluys souhaitait aussi que Bertalanffy mette en place des « exercices de zoologie expérimentale » en remplacement de ceux dirigés auparavant par Przibram, et qu'il soit payé en conséquence. Versluys avait en fait l'intention qu'il reprenne à terme la chaire de Przibram. L'initiative de ces demandes revient probablement à Max H. Knoll, alors président du conseil de l'Académie des sciences ; ce dernier connaissait bien les travaux de Bertalanffy et appréciait particulièrement leur évolution en direction de la biophysique. La requête de Versluys fut satisfaite par l'administration de l'université. Le fut aussi une seconde requête qu'il avait déposée le 18 novembre, réclamant que Bertalanffy soit à partir du 1^{er} décembre désigné pour la suppléance d'un professeur assistant de l'institut de zoologie appelé aux armes (Schremmer). Il eut ce statut du 1^{er} décembre 1938 au 30 septembre 1939.

Le retour de Bertalanffy à Vienne s'effectua donc dans une conjoncture favorable pour lui. Néanmoins, celle-ci n'était pas à ses yeux synonyme d'une promotion rapide assurée à une position académique digne de ce nom. Les requêtes de Versluys, même si elles allaient dans cette direction, ne correspondaient d'ailleurs pas encore à des postes fixes et conformes à l'idée que Bertalanffy, désormais âgé de 37 ans, se faisait de la position qui devait enfin lui revenir de part ses qualités. C'est manifestement ce qui l'amena à déposer dès le 20 novembre 1938 une demande d'adhésion au N.S.D.A.P. Il y argua de la contribution de ses travaux biologiques au développement scientifique de la vision national-socialiste du monde. Et il s'y présenta comme une victime du régime antérieur à l'*Anschluß*, prétendant que ses sympathies pour le mouvement national-socialiste (alors contraires à la politique du gouvernement, qui d'abord réprima ce mouvement avant de se limiter à chercher à le contenir) avaient été la cause de sa stagnation professionnelle et de ses difficultés financières.

Le document suivant est tiré d'une copie en ma disposition¹ du formulaire de demande d'adhésion de Bertalanffy au N.S.D.A.P., où apparaissent ces motifs :

Nicht personalblatt

Nationalsozialistische Deutsche Arbeiter-Partei.

6274403

Nr. _____

43

Personal- Fragebogen

zum Antragsschein auf Ausstellung einer vorläufigen Mitgliedskarte und zur Feststellung der Mitgliedschaft im Lande Österreich.

Familienname: Dr. Bertalanffy

Vorname: Ludwig von

Geburtsdag: 19. September 1901 Geburtsort: Atzgersdorf bei Wien

¹ Ces copies sont accessibles au B.C.S.S.S de Vienne grâce au récent travail de Birgit Zehetmeyer.

Angaben des Antragstellers über sonstige Tätigkeit für die NSDAP: Die von mir seit dem Jahre 1927 vertretene Arbeitsrichtung in der Biologie, die der Entwicklung einer ganzheitlichen Auffassung zum Dienste und wie sie beispielsweise auch in meinem letzten, 1937 erschienenen Buche „Das Gefüge des Lebens“ ausgeführt wurde, entspricht dem Sinne des Programms der NS. Bewegung. Sie bedeutet eine Anwendung der für das neue Reich grundlegenden Begriffe der Ganzheit und Totalität auf ein wissenschaftliches Spezialgebiet und hat seit Jahren die in neuen Unterrichtsprogrammen ausgesprochene Zielsetzung vertreten. Sie ist als ein Beitrag zur wissenschaftlichen Ausgestaltung der Weltanschauung des Reiches hohen Parteistellen bekannt und von diesen als solcher gewürdigt worden.

Da meine Gründung dem damaligen österr. Ministerium bekannt war, wurde ich während der Sontenzeit kaltgestellt und alle von Universitätsseite unternommenen Versuche, meine Stellen zu verbessern, vereitelt, so dass ich von österr. offiziellen Stellen niemals auch nur einen Schilling für meine Lebensunterhalt oder meine wissenschaftliche Arbeit empfing. Nur dem Internationalen deutschen offiziellen Stellen, wie z.B. der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Berlin), von der ich in Jahre 1936 ein Forschungsstipendium bezog, und der deutschen Öffentlichkeit an meinen sämtlich in Deutschland verlegten Büchern, hatte ich zu verdanken, dass ich unter dem damaligen österr. Regime nicht mit Frau und Kind zugrunde ging.

La dernière page du document entérine la demande d'adhésion. On y voit figurer au début le soutien appuyé d'un fonctionnaire du Reich témoignant des convictions national-socialistes de Bertalanffy (il aurait « soutenu le mouvement [nazi] par des dons ») :

Bestätigung

vorsehender Angaben und Beurteilung durch die Ortsgruppenleiter oder Formationsführer (GA, GG, NSD, 53):

Dr. Bertalanffy ist mir schon in der Verbotszeit als Nationalsozialist bekannt gewesen. Er hat trotz seiner ungunstigen materiellen Lage die Bewegung auch durch Spenden unterstützt. Seine verspätete Antragstellung ist durch seinen einjährigen Aufenthalt in U.S.A. (zu Forschungszwecken) zu erklären.



Heil Hitler!

B. Maunert
NSD.-DOZENTENBUND
Gaudozentenbundesführer

KREIS II.,
Ortsgr. Rembrandtstrasse
2., Obere Donaustr. 35
Fernruf A 43-0-72

Kind befürwort



Der Ortsgruppenleiter

Heide Kull

Il est clair que Bertalanffy, qui entra ainsi de son plein gré au N.S.D.A.P., le fit avant tout par opportunisme avec l'espoir d'accéder enfin à des positions universitaires qu'il convoitait depuis longtemps en vain. Tout suggère qu'il n'aurait pas éprouvé le besoin de cette adhésion s'il avait acquis une position le satisfaisant avant 1938 et que son attitude eût alors été celle, majoritaire, d'une passivité éventuellement complaisante : les facteurs décisifs furent ce ressentiment lié à la marginalité de sa position et une conjoncture favorable qu'il jugea opportun de féconder au plus vite. Comme je l'ai montré dans ma biographie, sa vie fut à bien d'autres reprises placée pendant et après-guerre sous le signe de l'opportunisme, ce qui tend à confirmer cette interprétation par ailleurs hautement plausible compte tenu des faits.

Bertalanffy dut se contenter d'assurer jusqu'en septembre 1939 l'enseignement qui lui revenait en tant qu'assistant, en parallèle de ses recherches. Il s'agissait d'un cours intégré de zoologie et de botanique pour les étudiants en médecine – il fut le premier biologiste à dispenser de tels cours. Mais son salaire restait faible et sa situation précaire, de sorte qu'il s'efforça d'améliorer sa situation. Le 21 avril 1939, il adressa au doyen de la faculté de philosophie une demande de promotion au rang de « maître de conférence ». Il y argua de l'instabilité de son statut, de la faiblesse de ses revenus et du fait que sa situation se dégraderait avec la réintégration de Schremmer dans son poste. Il y prétendit en outre être parti en Amérique en 1937 à cause de l'hostilité à son orientation national-socialiste et de l'impasse professionnelle qu'elle était censée avoir impliqué, et en être revenu volontairement pour se mettre au service du Reich une fois l'annexion de l'Autriche réalisée. Mais trois mois plus tard, le doyen n'avait toujours pas répondu à sa requête. Knoll intervint alors. Le 21 juillet, il fit parvenir au ministère une demande de la faculté de philosophie afin que Bertalanffy obtienne un poste de chargé de cours avec statut de fonctionnaire, solution intermédiaire en attendant un poste de professeur à part entière. La requête aboutit le 27 octobre 1939, Bertalanffy ayant la charge d'assurer des cours de biologie théorique. Il prêta allégeance au Führer comme fonctionnaire du Reich le 8 décembre 1939.

À peine était-il nommé que Bertalanffy réitéra sa demande de poste de « maître de conférence ». Le 12 février 1940, il déposa une requête en ce sens avec un soutien appuyé du directeur de l'institut de zoologie (H. Weber). C'est le document reproduit ci-dessous, dont je dispose là encore d'une copie intégrale, comme pour tous ceux qui suivent :

I. ZOOLOGISCHES
UND TIERPHYSIOLOGISCHES
INSTITUT DER UNIVERSITÄT
WIEN I.,
DR.-KARL-LUEGER-RING
Dozent Dr. Ludwig von Bertalanffy

2050

WIEN, am 12. Februar 1940

An das

Dekanat der Philosophischen Fakultät der Universität

W i e n

Endsgefertigter, Dozent mit Diäten an der Universität Wien, ersucht, dass ihm bei Berechnung seines Diätendienstalters die Zeit seiner Lehrtätigkeit als Privatdozent an der Universität Wien in Anrechnung gebracht werde, und begründet dies Ansuchen wie folgt:

Ich habilitierte mich im Jahre 1934 (Erlasse des Bundesministeriums für Unterricht vom 9. Mai 1934, Zl. 7380-I-1) als Privatdozent an der Universität Wien. Da meine nationalsozialistische Gesinnung dem damaligen österreichischen Ministerium bekannt war, wurden mir vonseiten desselben nicht nur bereits bei meiner Habilitation erhebliche Schwierigkeiten in den Weg gelegt, sondern insbesondere auch alle von meinem damaligen Institutsvorstand, Prof. Versluys, wiederholt unternommenen Versuche, mich in eine bezahlte Stellung an der Wiener Universität zu bringen, vereitelt. So kam es, dass ich erst nach dem Anschluss (Herbst 1938) in ein bezahltes Dienstverhältnis am I. Zoologischen Institut der Universität Wien trat (vertragsmäßige wissenschaftliche Hilfskraft mit Entlohnung im Ausmass der Bezüge eines Hochschulassistenten laut Erlasse des Ministeriums für innere und kulturelle Angelegenheiten vom 11. Jänner 1939, Zl. IV-2-45873-c/38). Seit dem Anschluss wurde ich wiederholt mit Lehraufträgen und Supplierungen betraut: Wintersemester 1938/39 Supplierung der pensionierten Prof. Przibran und Penners, Sommersemester 1939 Pflichtvorlesung „Zoologie für Mediziner“, Wintersemester 1939 Supplierung und Lehrauftrag. Im Dezember 1938 wurde ich von der Philosophischen Fakultät der Universität Wien für ein Extraordinariat eingegeben. Mit Erlasse des Reichsministers für Wissenschaft, Erziehung und Unterricht (WF von Bertalanffy) wurde ich zum Dozenten (neuer Ordnung) unter Berufung in das Beamtenverhältnis mit Bewilligung von Diäten ernannt. Bis zur endgültigen Festlegung meines Diätendienstalters wurden mir von Ministerialabteilung IV die Diäten in der Höhe des ersten Dienstjahres bewilligt.

Aus den obigen Ausführungen geht hervor, dass ich deshalb keine Löhne, bezahlte Dienstzeit aufzuweisen habe, weil es mir wegen meiner politischen Einstellung nicht möglich war, während der Systemzeit zu einer bezahlten Stellung zu kommen; und da ich durch diese Behinderung bereits schwer in meiner akademischen Laufbahn geschädigt war, wird es wohl nicht im Sinne des Ministeriums liegen, mich die Zurückstellung in der Systemzeit nun durch Nichtanrechnung meiner Dozentenjahre büßen zu lassen.

Auf Grund der angeführten Tatsachen bittet dieses Genossenschaftsmitglied um mögliche ihm bei Berechnung seines Diätendienstalters seine Lehrtätigkeit als Privatdozent an der Universität Wien seit 1934 in Anrechnung gebracht werden, da es wohl nicht im Sinne des Reichsministeriums gelegen sein dürfte, dass er als Mann mit 39 Jahren (geboren 1901 - verheiratet seit 1925, mit einem 14jährigen Sohn), nach 6 Jahren akademischer Lehrtätigkeit, in der er wiederholt mit besonderen Aufträgen betraut wurde, und nachdem er sich, wie er wohl feststellen darf, durch seine wissenschaftlichen Arbeiten (7 Bücher in deutscher, englischer, italienischer und spanischer Sprache und zahlreiche Einzelpublikationen) einen sowohl im Deutschen Reich, als auch international bekannten Namen verschaffte, in seinen Diäten einen jungen Assistenten im ersten Dienstjahr gleichgestellt werde.

Heil Hitler!

Ludwig von Bertalanffy
11/

Dans la lettre de soutien qui accompagnait celle de Bertalanffy, Weber loua ses qualités scientifiques et sa reconnaissance sur le plan international ; mais il insista aussi sur l'obstacle professionnel constitué par ses soi-disant convictions politiques avant l'*Anschluß*, et fit valoir – justifiant ainsi *a posteriori* le choix de Bertalanffy – que son appartenance au N.S.D.A.P. le qualifiait pour obtenir ce poste. Un premier avis adressé au doyen de la faculté de philosophie, daté du 15 février, recommandait « chaudement » sa nomination :

Gesehen und wärmstens befürwortet!

Der Dozentenbunföhrer der Universität:



J. Schumann

Philosophische Fakultät der Universität Wien

15. Feb. 1940

Empfangsnummer

Zahl 012 aus 200 1939/40

Un autre rapport au doyen, daté du 20 février et rédigé par le président du conseil des professeurs de l'université de Vienne souligna que Bertalanffy était scientifiquement et *idéologiquement* apte à prendre le poste :

An den Herren

Dekan der philosophischen Fakultät

o. Prof. Dr. Viktor Christian

W i e n I.,

Universität.

Doz/Ma/0220/2/40

20. Februar 40.

Ernennung von Doz. Dr.
L. v. Bertalanffy
zum a. pl. a. o. Professor
(Biologie u. Experimental-
sociologie). Geb. 19. 9. 1901
in Atzgersdorf.

S p e k t a b i l i s i

Der Antrag von Professor Dr. H. W e b e r auf Ernennung von Doz. Dr. Ludwig v. Bertalanffy zum außerplanmäßigen Professor wird wärmstens befürwortet.

Doz. Dr. Ludwig v. Bertalanffy ist fachlich, charakterlich und nach seiner politischen Einstellung zum Hochschulprofessor geeignet.

H e i l H i t l e r !

Der Dozentenbundesführer
der Universität:



D. Marchet

(Dr. A. Marchet)
Dozentenbundsführer
d. Universität Wien

155294

La demande fut acceptée le 20 septembre 1940 : Bertalanffy fut nommé « maître de conférence » en biologie générale et zoologie expérimentale.

Mais il n'entendait pas non plus se contenter de ce poste. Le 17 juillet 1942, une requête de l'institut de zoologie fut envoyée au ministère à Berlin sans passer par le doyen de la faculté de philosophie, réclamant qu'une chaire de professeur [*planmäßiger Professor*] en « biologie théorique et quantitative » soit créée pour Bertalanffy. Dans le *curriculum vitae* que ce dernier (indubitablement son auteur) joignit à cette demande, il soulignait la qualité reconnue de ses travaux dans les domaines évoqués, mais aussi le « fait » qu'ils « correspond[ai]ent pleinement aux buts visés par le III^e Reich ».

Aucune suite ne fut toutefois donnée à cette requête, et le dossier demeura en suspens au ministère jusqu'en 1948. Ceci n'empêcha pas Bertalanffy d'avoir une situation confortable jusqu'à la fin de la guerre, d'en profiter personnellement et d'en faire profiter sa famille.

Annexe 2-1-2-5

Quelques idées directrices de la philosophie du « comme si » de Vaihinger

Vaihinger n'admettait de réelles dans la connaissance que nous avons du monde que des « séquences » et des « coexistences » de sensations, l'invariance des événements et leurs relations. Tout le reste ne serait que l'œuvre de l'activité cognitive, « une simple illusion avec laquelle joue la psyché »¹. Ce maître de Bertalanffy, dont on retrouve ici le « pragmatisme vital » d'inspiration nietzschéenne, insistait sur l'inventivité de l'esprit, qui résulterait de la confrontation de l'organisme à un univers hostile dont il n'aurait que des sensations contradictoires, et de la nécessité de s'y adapter :

L'évolution mentale a commencé dans la nécessité et la douleur, la conscience s'éveille dans la contradiction et l'opposition, et l'homme doit plus son développement mental à ses ennemis qu'à ses amis².

Cette inventivité s'exprimerait par la libre création de *fictions* permettant à la pensée d'ordonner la confusion des sensations en opérant dans un monde irréel, le « monde du 'comme si' ». Vaihinger définissait les fictions comme des « structures mentales », des « accessoires », des « artifices » par l'intermédiaire desquels la pensée surmonte ses difficultés et parvient à s'orienter dans le monde « comme si » ce dernier pouvait y être identifié. Elles constitueraient des « points de transition », des constructions provisoires qui, bien que n'ayant aucun rapport véritable avec la réalité, ont une utilité pratique hors de laquelle elles sont dépourvues de valeur.

L'idée essentielle et apparemment paradoxale de Vaihinger était que la pensée, génératrice de fictions, se détourne de la sorte perpétuellement de la réalité, mais que ses produits sont à la fois *nécessaires* et *utiles*. Il tenait en particulier toutes les catégories, dont les « analogies de l'expérience » kantienne, pour des « fictions analogiques ». Elles seraient en dernière analyse des « aperceptions analogiques » fondées sur des relations subjectives et, en tant que telles, ne permettraient en rien d'atteindre une véritable connaissance du monde ; ce qui ne les empêcherait pas, bien au contraire, d'être indispensables à la pensée, qui ne pourrait sans elles être discursive :

L'attitude critique reconnaît les catégories comme de simples analogies, des fictions inventées et érigées par la pensée afin d'ordonner la masse des sensations et de nous donner l'illusion d'être capable de comprendre et d'expliquer³.

En conséquence, les catégories de sujet, d'objet, d'attribut et de causalité seraient toutes des fictions, dont seraient dérivées par « extension injustifiée des formes catégoriques » hors du domaine de l'expérience les fictions de substance, de cause première ou de « chose en soi ». Dieu lui-même n'échappait pas au fictionalisme de Vaihinger : il le tenait pour la fiction suprême, la « chose en soi » étendue à ses dimensions ultimes.

Un problème fondamental sur lequel il insista particulièrement était celui de la distinction entre fiction et hypothèse. Selon Vaihinger, une hypothèse est dirigée vers une réalité qu'elle cherche à exprimer adéquatement. Elle peut être soumise à un test, exigé afin d'éliminer les éventuelles contradictions observées. Elle crée de la connaissance et a pour vocation de se muer en théorie. Par opposition, une fiction exclut par essence toute correspondance avec la réalité. Elle est une pure invention, d'emblée contradictoire et impossible à exprimer sous la forme d'un jugement problématique ; sa seule exigence étant de pouvoir se justifier. Elle ne crée aucune connaissance et sa vocation est de disparaître une fois sa fonction accomplie.

Vaihinger jugeait que l'hypothèse et la fiction sont toutes deux indispensables en sciences. Mais le problème épistémologique central était à ses yeux la difficulté de reconnaître leur distinction en pratique, difficulté qu'il percevait comme une source majeure de controverses. Il estimait que l'erreur fondamentale consiste à considérer les fictions comme des fins en soi et à leur attribuer une valeur de connaissance, à les hypostasier et donc à confondre le monde du « comme si » avec le monde réel.

¹ Vaihinger H. (1911, 1965), p. 124.

² *op. cit.*, p. 12.

³ *op. cit.*, p. 174.

Les controverses, telles celles concernant l'existence des atomes, seraient essentiellement dues à l'assimilation erronée d'une fiction à une hypothèse. Cette confusion résulterait de la combinaison de deux raisons : (1) l'introduction d'une fiction succède presque toujours à une hypothèse qui s'est révélée impuissante ; (2) une fiction est en règle générale d'abord adoptée en tant qu'hypothèse avant que sa nature ne soit reconnue, la controverse naissant du fait que l'hypothèse en question est dans ce cas nécessairement fautive. La continuité entre les deux serait d'ailleurs d'autant plus forte que cette pseudo-hypothèse survit souvent ensuite comme fiction, en conservant ainsi une valeur heuristique. Les cas du système de Ptolémée, de l'éther et de la téléologie du vivant furent les exemples mis en exergue par Vaihinger à cet égard.

Annexe 2-1-3-11

Résumé des origines et des fondements de la thèse de la « vérité-cohérence » et de la doctrine du « physicalisme » défendues par Carnap et Neurath

Avant 1931 avait prévalu au sein du Cercle de Vienne la thèse de la « vérité-correspondance », fondée sur une conception « vérificationniste » de la signification. Celle-ci, défendue au premier chef par Schlick, soutenait qu'une proposition n'a de sens que dans la mesure où elle fournit la méthode permettant de vérifier expérimentalement sa validité, son sens se réduisant même à cette méthode :

L'énoncé des conditions sous lesquelles une proposition est vraie est *le même* que l'énoncé de sa signification, et non quelque chose de différent. Et ces conditions doivent en définitive être découvertes dans le donné [...] Toute proposition n'a de signification que dans la mesure où elle peut être vérifiée¹.

La signification d'une proposition consiste dans la méthode de sa vérification².

Ce « vérificationnisme » reposait sur l'idée que tout énoncé peut être analysé en énoncés élémentaires portant sur des événements observables. La vérité d'une proposition était dès lors assimilée à sa correspondance avec des « faits », établie sur une base expérimentale. La science consisterait de ce point de vue à formuler des hypothèses qui peuvent être traduites en des propositions portant sur le donné sensible, fournissant par là-même les moyens de leur vérification empirique.

Mais la relative unanimité autour de cette conception fut brisée lorsque Neurath et Carnap en vinrent à la dénoncer comme « métaphysique ». Le problème était pour eux que les énoncés « élémentaires » portent sur des données sensibles, la « vérification » des propositions étant de la sorte relative au « monde privé » dans lequel sont perçues ces données. Assurer l'intersubjectivité de la signification des propositions scientifiques imposerait donc de postuler l'existence d'une structure commune à ces « mondes privés ». Selon Neurath et Carnap³, les énoncés « élémentaires » ne pouvaient servir de fondement à l'intersubjectivité des énoncés scientifiques que s'ils étaient eux-mêmes intersubjectifs : ils devaient référer non pas à des expériences « privées » incommunicables, mais à des événements physiques « publics ». Toutes les propositions devraient pouvoir être formulées à l'aide de tels énoncés, qualifiés de « protocolaires », qui décriraient des occurrences physiques en termes spatio-temporels.

D'où leur thèse du « physicalisme », qui comportait deux moments. D'une part – la physique étant comprise comme « la science caractérisée par un mode de formation de concepts qui ramène tout concept à l'attribution de nombres à des points spatio-temporels » – « le langage de la physique [serait] un langage universel, c'est-à-dire un langage dans lequel toute proposition peut être traduite »⁴. D'autre part, la théorie de la « vérité-correspondance » devrait être abandonnée car supposer que des énoncés ont une signification par rapport à quelque chose qui les transcende contredirait le critère de « vérifiabilité » lui-même : la science serait un langage qui consiste non à comparer des énoncés avec des « faits », mais à mettre en relation logique des énoncés identifiables à des combinaisons logiques d'énoncés « protocolaires » ; de sorte que demeurerait pour unique critère de vérité admissible la cohérence logique des énoncés :

Des énoncés sont comparés avec d'autres énoncés, non avec des « expériences », « le monde » ou quoique ce soit d'autre [...] Tout nouvel énoncé est comparé avec la totalité des énoncés existants précédemment coordonnés. Dire qu'un énoncé est correct signifie donc qu'il peut être incorporé à cette totalité⁵.

¹ Schlick M. (1932), in Ayer A.J. (1959), p. 87 et p. 90.

² Schlick M., cité par Ayer A.J., in Sebastik J. & Soulez A. (1986), p. 74.

³ Neurath O. (1931) et (1932), Carnap R. (1932), in Ayer A.J. (1959), pp. 282-317, pp. 199-208 et pp. 165-198 respectivement.

⁴ Carnap R. (1931), *op. cit.*, p. 197 et p. 165 respectivement.

⁵ Neurath O. (1931), *op. cit.*, p. 291.

Annexe 2-4-5-2

La construction par Volterra d'une dynamique démographique isomorphe à la mécanique analytique de Jacobi-Hamilton

Le premier pas mathématique effectué par Volterra en 1937 dans la voie de sa systématisation¹ de ses propres travaux antérieurs sur la « théorie mathématique de la lutte pour la vie » fut l'introduction d'une quantité biomathématique qu'il appela la « quantité de vie » d'une espèce, définie par une intégrale de son effectif X :

$$V(t) = \int_0^t X(\tau) d\tau$$

Tandis que le nombre n d'espèces considérées (notées $(E_i)_{1 \leq i \leq n}$) est l'analogue du nombre de degrés de liberté d'un système mécanique, la liste $(V_i)_{1 \leq i \leq n}$ des « quantités de vie » de ces n espèces est l'analogue de ce qu'on appelle en mécanique analytique les coordonnées généralisées du système, le vecteur qui a ces coordonnées dans l'espace des phases associé représentant l'état instantané du système. Observons que la dérivée de V par rapport au temps n'est autre que X et que la démarche de Volterra était bien cohérente avec l'analogie mécanique qui l'avait amené à formuler le système (15) considéré au 2-4-5-1 : la liste $(X_i)_{1 \leq i \leq n}$ des effectifs est ici l'analogue des vitesses généralisées du système en mécanique analytique². Comme je vais le montrer, Volterra était en fait guidé dans toute cette démarche par l'analogie avec l'introduction en mécanique du potentiel.

Il voyait l'intérêt de l'introduction de ces « quantités de vie » dans le fait qu'elles permettent de réécrire le système (14) considéré au 2-4-5-1 sous la forme d'un système dont les équations peuvent être « ramenées à dépendre d'une équation du calcul des variations », comme « pour les équations qui expriment la plupart des phénomènes de la nature ». C'est-à-dire de les ramener à un système d'équations couplées du second ordre de dérivation en les $(V_i)_{1 \leq i \leq n}$ qui fait intervenir les analogues des vitesses et des accélérations en mécanique. Ce système se réécrit :

$$V_i'' = \left(\lambda_i + \sum_{\substack{1 \leq j \leq n \\ j \neq i}} \lambda_{ij} V_j' \right) V_i' \quad (1 \leq i \leq n) \quad (16)$$

où $V_i' = \frac{dV_i}{dt}$ et $V_i'' = \frac{d^2V_i}{dt^2}$. De plus, les hypothèses de Volterra l'avaient en fait amené à considérer les λ_{ij} sous une autre forme :

$$\lambda_{ij} = \frac{a_{ji}}{\beta_i}$$

où chaque constante (positive) β_i correspond à ce que Volterra appela le « poids moyen des individus dans chacune des espèces ». Chaque a_{ji} est un réel tel que $a_{ji} = -a_{ij}$ pour tous i et j dans $\llbracket 1; n \rrbracket$: une contrainte directement liée à la « fiction » selon laquelle « toute la substance vivante d'une espèce se transforme, aussitôt dévorée, en substance de l'espèce qui la dévore », que nous avons déjà vu au 2-4-5-1 traduite dans (14) et (15) par l'opposition $\lambda_{ji} = -\lambda_{ij}$ mais qui se trouve ici sensiblement modifiée en $\beta_i \lambda_{ij} = -\beta_j \lambda_{ji}$. Chaque a_{ji} est donc proportionnel aux « poids moyens » dans les espèces E_i et E_j , à la probabilité de rencontre entre ces espèces et à la fraction, algébriquement comptée, d'individus de l'espèce proie qui succombent au cours d'une éventuelle rencontre avec un prédateur. D'une sommation membre à membre des équations de (16) tenant compte de l'opposition $a_{ji} = -a_{ij}$ peut alors se déduire l'équation³ :

¹ Pour tout ce qui suit, voir Volterra V. (1937).

² Landau L.D & Lifschitz E.M. (1969), pp. 7-8.

³ La simplification résulte du fait que l'opposition générale $a_{ji} = -a_{ij}$ (dont résulte en particulier $a_{ii} = 0$) implique :

$$\sum_{i=1}^n \beta_i V_i'' = \sum_{i=1}^n \lambda_i \beta_i V_i'$$

Laquelle s'intègre sous la forme :

$$\sum_{i=1}^n \beta_i V_i' - \sum_{i=1}^n \lambda_i \beta_i V_i + C = 0 \quad (17)$$

où C désigne une constante. Le premier pas décisif de Volterra consista à poser ici :

$$L = \sum_{i=1}^n \beta_i X_i = \sum_{i=1}^n \beta_i V_i' \quad \text{et} \quad M = C_0 - \sum_{i=1}^n \lambda_i \beta_i V_i$$

où C_0 désigne une constante que Volterra supposa être la limite supérieure de la somme des $\lambda_i \beta_i V_i$. L'intégrale (17) s'écrit dans ces conditions :

$$L + M = \text{constante}$$

Volterra interpréta la constante introduite comme l'analogie de l'énergie mécanique totale d'un système où les forces sont conservatives¹. Et de même que cette énergie totale se décompose en mécanique en somme de deux termes, l'un dépendant des vitesses (l'énergie cinétique) et l'autre des positions (l'énergie potentielle), Volterra assimila M à une « énergie démographique potentielle » au motif de sa dépendance aux analogues V_i des positions, et L à une sorte d'énergie « démographique » cinétique (qu'il préféra qualifier d'« actuelle » par opposition à « potentielle ») au motif de sa dépendance aux analogues X_i des vitesses :

Au point de vue biologique, en regardant L comme une *énergie démographique actuelle* et M comme une *énergie démographique potentielle*, on aura qu'elles se transforment l'une dans l'autre, leur somme se conservant constante. Cette proposition est *analogue au théorème des forces vives en mécanique*².

Il faut toutefois remarquer déjà à ce stade de l'élaboration les libertés considérables que Volterra prenait avec l'analogie mécanique. En effet, l'énergie cinétique d'un système est en physique une forme bilinéaire des vitesses, tandis que ce qu'il appelait l'« énergie démographique actuelle » n'est qu'une forme linéaire des analogues X_i des vitesses.

L'allusion de Volterra au « théorème des forces vives » était désuète, même à son époque. L'expression réfère au théorème de l'énergie cinétique énonçant que la variation de l'énergie cinétique d'un système fermé est égale à la somme des travaux de toutes les forces s'appliquant au système, forces qui dérivent d'un potentiel si le système est conservatif. Il était dans ces conditions naturel pour Volterra d'examiner dans quelle mesure des analogues biomathématiques du travail, du potentiel et des forces pourraient faire sens et lui permettre d'approfondir son élaboration théorique en direction d'une « dynamique biologique pareille à la dynamique des systèmes matériels », qu'il baptisa « *dynamique démographique* ».

Volterra considéra le facteur de chacun des seconds membres des équations de (14) que l'on obtient après factorisation par X_i , c'est-à-dire le facteur qu'il appela le « coefficient démographique » (ou d'accroissement effectif) de E_i et qui s'écrit :

$$\theta_i = \lambda_i + \sum_{\substack{1 \leq j \leq n \\ j \neq i}} \lambda_{ij} X_j = \lambda_i + \frac{1}{\beta_i} \sum_{\substack{1 \leq j \leq n \\ j \neq i}} a_{ji} X_j$$

$$\sum_{i=1}^n \left(\sum_{\substack{1 \leq j \leq n \\ j \neq i}} a_{ji} V_j' \right) V_i' = 0$$

¹ C'est-à-dire dont le travail ne dépend que des états initiaux et finaux, mais pas du « chemin » suivi par le système entre les deux. L'énergie totale coïncide alors avec le hamiltonien du système.

² Volterra V. (1937), p. 19.

Ces coefficients se prêtent effectivement eux aussi à une première analogie, sur laquelle Volterra ne fut toutefois pas explicite. Il introduisit avec eux, sans en préciser le motif, ce qu'il appela le « *travail démographique* » dW induit par des « changements virtuels » élémentaires dV_i des quantités de vie au cours d'un intervalle de temps dt , défini par :

$$dW = \sum_i \beta_i \theta_i dV_i = \sum_i \beta_i \lambda_i X_i dt$$

Ce qui revient à interpréter les produits des « coefficients démographiques » par les « poids moyens », c'est-à-dire les quantités $\beta_i \theta_i$, comme les analogues des composantes d'un vecteur force, plus précisément de ce qui, en mécanique analytique, s'appelle la force généralisée appliquée au système. Dans la mesure où les $(dV_i)_{1 \leq i \leq n}$ jouent ici un rôle analogue aux composantes du vecteur déplacement élémentaire, on obtient effectivement l'égalité précédente de manière analogue au travail élémentaire en mécanique, c'est-à-dire en opérant le produit scalaire du vecteur « force démographique »

$$\vec{F} = (\beta_i \theta_i)_{1 \leq i \leq n} = \left(\beta_i \lambda_i + \sum_{\substack{1 \leq j \leq n \\ j \neq i}} a_{ji} X_j \right)_{1 \leq i \leq n}$$

par le déplacement élémentaire $\vec{dV} = (dV_i)_{1 \leq i \leq n}$. La cohérence de Volterra se retrouve dans le fait que les équations (16) conduisent après sommation à l'égalité $\frac{dL}{dt} = \frac{dW}{dt}$, c'est-à-dire au théorème de l'énergie cinétique vu plus haut¹. Remarquons aussi que sa procédure revenait à décomposer la « force démographique » en deux termes dont le premier, $\vec{F}_1 = (\beta_i \lambda_i)_{1 \leq i \leq n}$ est l'analogue d'une force conservative en mécanique : il dérive (à une inversion de signe près) de l'« énergie potentielle démographique » : $\vec{F}_1 = -\vec{\nabla} M = \left(-\frac{\partial M}{\partial V_i} \right)_{1 \leq i \leq n}$.

Volterra montra que l'on peut obtenir un analogue du « théorème des forces vives » même si l'on cherche à tenir compte de la variation du milieu induite par l'action des différentes espèces, en exprimant cette variation sur le « coefficient démographique » θ_i de chaque espèce E_i . En supposant cette action constante et proportionnelle à la quantité de vie, le changement $\delta\theta_i$ de θ_i s'exprime alors au moyen de l'introduction de constantes c_{ij} par :

$$\delta\theta_i = \frac{1}{\beta_i} \sum_{j=1}^n c_{ij} V_j$$

Volterra supposa de plus que l'action entre les différentes espèces est réciproque, cette réciprocity s'exprimant par les égalités $c_{ji} = c_{ij}$; le changement de θ_i peut alors s'écrire :

$$\delta\theta_i = \frac{1}{\beta_i} \frac{\partial}{\partial V_i} \left(\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} V_i V_j \right)$$

Volterra introduisit ensuite la quantité

$$P = \sum_{i=1}^n \beta_i \lambda_i V_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} V_i V_j$$

¹ Le système d'équations (16) fournit en effet après sommation membre à membre des égalités :

$$\frac{dL}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\sum_{i=1}^n \beta_i V_i' \right) = \sum_{i=1}^n \beta_i V_i'' = \sum_{i=1}^n \beta_i \left(\lambda_i + \frac{1}{\beta_i} \sum_{\substack{1 \leq j \leq n \\ j \neq i}} a_{ji} V_j' \right) V_i' = \sum_{i=1}^n \beta_i \theta_i V_i' = \frac{dW}{dt}$$

Bien qu'il n'ait pas été explicite à ce sujet, cette quantité est ainsi construite qu'au « potentiel » dont dérive la « force conservative » \vec{F}_1 définie plus haut (exprimé par la première somme du second membre de l'égalité), qui est une forme linéaire des V_i , est ajouté ce que l'on peut voir comme un second « potentiel » exprimé par la forme bilinéaire des $(V_i)_{1 \leq i \leq n}$, un « potentiel d'interaction » dont est dérivable une seconde « force démographique » conservative. Toutefois, Volterra parvint plutôt à l'interprétation de P comme un potentiel en exploitant la possibilité de transformer avec elle les équations (16) au moyen de la prise en compte du changement des θ_i ; on obtient en effet¹ :

$$\beta_i V_i'' = \left(\frac{\partial P}{\partial V_i} + \sum_{\substack{1 \leq j \leq n \\ j \neq i}} a_{ji} V_j' \right) V_i' \quad (18)$$

D'où se déduit après sommation membre à membre² :

$$\sum_{i=1}^n \beta_i V_i'' = \frac{dP}{dt}$$

L'intégration de cette équation fournit enfin au moyen d'une constante c_0 :

$$\sum_{i=1}^n \beta_i X_i = P - c_0$$

Et c'est ici que, de nouveau guidé par l'analogie avec la « dynamique des systèmes matériels », plus précisément avec la constance de la somme des énergies potentielle et cinétique, Volterra nomma la quantité P le « *potentiel démographique* » de l'association considérée, en définissant l'« *énergie potentielle démographique* » par la quantité $\pi = c_0 - P$. De manière similaire à l'écriture de l'intégrale (17), il put alors en déduire :

$$L + \pi = \text{constante}$$

(le « travail démographique » exécuté dans l'intervalle de temps dt se trouvant être égal à dP)

C'est en effectuant un pas supplémentaire que Volterra aperçut la possibilité d'utiliser (18) pour montrer que les « équations de la lutte pour la vie » peuvent être « reconduites à une équation de type jacobien », c'est-à-dire « ramenées à un problème du calcul des variations ». Pour parvenir à la « reconduction » annoncée, Volterra commença par définir l'« *action vitale élémentaire* » de l'espèce E_i au cours d'un intervalle de temps dt , par :

¹ Volterra n'a pas fourni de détails ici. Une « coquille » s'est de surcroît glissée dans ses calculs, un facteur $1/\beta_i$ manquant dans la seconde expression de $\delta\theta_i$. Le résultat annoncé se déduit d'une part de :

$$\frac{\partial P}{\partial V_i} = \beta_i \lambda_i + \beta_i \delta\theta_i$$

Et d'autre part de la transformation des équations (16) après multiplication par β_i et prise en compte, cette fois, du changement des coefficients d'accroissement, c'est-à-dire de la substitution de $(\theta_i + \delta\theta_i)$ à θ_i dans les équations initiales :

$$\beta_i V_i'' = \left(\beta_i \delta\theta_i + \beta_i \lambda_i + \sum_{\substack{1 \leq j \leq n \\ j \neq i}} a_{ji} V_j' \right) V_i'$$

² Dédution que Volterra n'a pas justifiée mais qui résulte d'une part de la relation de dérivation :

$$\frac{dP}{dt} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial P}{\partial V_i} V_i'$$

et d'autre part de l'opposition $a_{ji} = -a_{ij}$, dont découle (en tenant aussi compte de $a_{ii} = 0$ pour tout i) :

$$\sum_{i=1}^n V_i' \left(\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n a_{ji} V_j' \right) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (a_{ij} + a_{ji}) V_i V_j' = 0$$

$$\beta_i \ln(X_i) dV_i = \beta_i X_i \ln(X_i) dt = \beta_i V_i' \ln(V_i') dt$$

L'introduction de cette quantité est directement liée à une formulation autre que (17) de l'intégration des équations (16), lorsqu'elles sont cette fois considérées sous la forme :

$$\beta_i \frac{d}{dt} \ln(V_i') = \lambda_i \beta_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n a_{ji} V_j'$$

Ces dernières équations s'intègrent en effet au moyen de constantes $(C_i)_{1 \leq i \leq n}$ en

$$\theta_i = \beta_i \ln(V_i') + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n a_{ji} V_j - \lambda_i \beta_i t - C_i = 0$$

D'où se déduit immédiatement :

$$\theta = \sum_{i=1}^n V_i' \theta_i = \chi + Z - \sum_{i=1}^n (\lambda_i \beta_i t + C_i) V_i' = 0 \quad (19)$$

où Z est la forme bilinéaire :

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ji} V_i' V_j$$

et où se reconnaît justement dans χ le taux d'« action vitale » par unité de temps de toute l'association considérée :

$$\chi = \sum_{i=1}^n \beta_i V_i' \ln(V_i')$$

Volterra put ensuite définir l'« action vitale totale » de l'association dans l'intervalle de temps $[0; t]$ par l'intégration de χ sur cet intervalle :

$$A = \int_0^t \chi d\tau = \int_0^t \sum_{i=1}^n \beta_i V_i' \ln(V_i') d\tau = \int_0^t \sum_{i=1}^n \beta_i X_i \ln(X_i) dt$$

En englobant ici même le cas des équations (18) tenant compte de la variation du milieu induite par l'action des espèces, le mathématicien introduisit alors la quantité

$$\Phi = \chi + \frac{1}{2} Z + P$$

où P est le « potentiel démographique » dont il a été question plus haut lors de l'intégration de (18) (ou celui considéré avec l'intégrale (17) si le potentiel se réduit à sa forme linéaire). Volterra ne nomma pas Φ ; mais il est remarquable qu'il s'agissait ici pour lui d'introduire l'analogue de ce que l'on nomme en mécanique analytique le « lagrangien » (ou « fonction de Lagrange ») du système. Il considéra d'ailleurs son intégrale dans un intervalle de temps déterminé $[t_0; t]$, qui n'est autre que l'analogue de ce qu'on appelle en mécanique analytique l'« action » du système :

$$U = \int_{t_0}^t \Phi d\tau$$

Le principe mécanique dit « de moindre action », dont Volterra cherchait à établir un analogue démographique, est précisément l'énoncé selon lequel l'évolution du système entre deux instants est

telle que l'intégrale du lagrangien dans cet intervalle de temps est minimale. Volterra fournit justement les conditions nécessaires de minimalité exactement analogues aux équations dites de Lagrange¹ :

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial \Phi}{\partial V_i'} - \frac{\partial \Phi}{\partial V_i} = 0 \quad (1 \leq i \leq n)$$

C'est très logiquement aussi qu'au moyen des dérivées partielles de son analogue Φ du lagrangien par rapport aux analogues V_i' des vitesses, Volterra introduisit (là encore sans le nommer ainsi mais en le notant H) un analogue du « hamiltonien » (ou « fonction de Hamilton ») du système, à une inversion de signe près manifestant de nouveau une certaine liberté prise par rapport aux conventions utilisées en mécanique² :

$$H = \Phi - \sum_{i=1}^n p_i V_i' \quad \text{où } p_i = \frac{\partial \Phi}{\partial V_i'}$$

Volterra put alors obtenir sans difficulté les analogues (à l'inversion de signes près là encore) des « équations canoniques » de la mécanique analytique dites de Hamilton (dont l'intérêt par rapport à celles de Lagrange est de passer d'un système d'équations du second ordre de dérivation à un nombre certes double d'équations, mais du premier ordre)³ :

$$\frac{dp_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial V_i} \quad ; \quad \frac{dV_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial p_i}$$

De plus, dans la mesure où son analogue du « hamiltonien » n'est pas ici une fonction explicite du temps t , Volterra fut en mesure de vérifier que sa constance s'identifie aux expressions de la conservation de l'« énergie démographique » auxquelles ont abouti ses équations (16) et (18), identité également caractéristique en mécanique analytique.

C'est au terme de ce travail de construction par isomorphisme de sa « mécanique démographique » que le mathématicien italien considéra enfin, dans le cas où les équations (14) sont satisfaites, l'intégrale Ω déduite de (17) et (19) s'exprimant par :

$$\Omega = \theta + \sum_{i=1}^n \lambda_i \beta_i V_i - \sum_{i=1}^n \beta_i V_i' - C = 0$$

C'est qu'il disposait alors de tous les éléments nécessaires afin de démontrer que sous certaines conditions (précisées au début de la citation qui suit), toutes les variations « isochrones » (c'est-à-dire considérées à $\delta t = 0$, donc simultanément) et infiniment petites $(\delta V_i)_{1 \leq i \leq n}$ des quantités de vie conservant cette intégrale Ω déterminent une augmentation de l'« action vitale totale » A . D'où la possibilité pour lui de conclure :

Modifions de manière isochrone le passage naturel d'une association biologique d'un état à un autre, en variant les populations des différentes espèces. L'action vitale augmentera si les quantités de vie à l'instant initial et à l'instant final ne changent pas et si le travail virtuel démographique est

¹ Volterra V. (1931), p. 26. Voir aussi Landau L.D. & Lifschitz E.M. (1969), pp. 8-19. Le lagrangien d'un système à n degrés de liberté est une fonction des coordonnées généralisées $X = (x_i)_{1 \leq i \leq n}$, des vitesses généralisées $X' = (x_i')_{1 \leq i \leq n}$ des éléments du système et du temps t . Les équations de Lagrange expriment très généralement la condition nécessaire de minimalité de l'action par :

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial x_i'} - \frac{\partial L}{\partial x_i} = 0 \quad (1 \leq i \leq n)$$

² Volterra V. (1931), pp. 26-27. A comparer avec Landau L.D. & Lifschitz E.M. (1969), pp. 180-181. En reprenant les notations introduites dans la note précédente et en introduisant les dérivées partielles $p_i = \frac{\partial L}{\partial x_i'}$, le hamiltonien est défini en mécanique analytique par :

$$H(P; X; t) = \sum_{i=1}^n p_i x_i' - L$$

Le hamiltonien satisfait alors les « équations canoniques » :

$$x_i' = \frac{\partial H}{\partial p_i} \quad ; \quad p_i = \frac{dp_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial x_i}$$

³ Volterra V. (1931), pp. 26-27. A comparer avec Landau L.D. & Lifschitz E.M. (1969), pp. 180-181.

nul à chaque instant. *Il s'agit donc d'un minimum effectif de l'action vitale, ce qui constitue le principe de la moindre action en biologie.* Nous avons ainsi constitué une *dynamique biologique* qui est pareille à la *dynamique des systèmes matériels*. En effet, le principe variationnel peut être comparé au principe de Hamilton et nous avons obtenu en biologie un principe correspondant à celui de la moindre action. Le passage de l'un à l'autre soit dans le domaine biologique soit dans celui des systèmes matériels peut avoir lieu de manière analogue, en considérant dans la mécanique des systèmes des déplacements par lesquels on n'exécute aucun travail mécanique, comme on considère en biologie des variations d'action vitale sans travail démographique¹.

¹ *op. cit.*, p. 33. La différence, soulignée par Volterra, étant toutefois qu'il s'agissait effectivement en biologie d'un minimum de l'« action », ce qui n'est pas toujours vrai dans la mécanique des systèmes matériels.

Annexe 2-5-1-2

Les formulations mathématiques du cours de la croissance animale globale avant Bertalanffy et leurs insuffisances

Conformément à son interprétation cytologique et histologique des causes de la croissance, Schmalhausen fut conduit, dans ses travaux sur la croissance animale menés entre 1927 et 1930, à imposer à la fonction φ exprimant le « taux de croissance intrinsèque » $\frac{1}{\mu} \frac{d\mu}{dt}$ (où μ est la masse de l'animal) d'être une fonction décroissante du temps t . Plus précisément, il considéra que le « taux de création de masse » (et non le « taux de croissance intrinsèque »), c'est-à-dire $\frac{1}{\mu - \mu_0} \frac{d(\mu - \mu_0)}{dt} = \frac{1}{\mu - \mu_0} \frac{d\mu}{dt}$, est, au cours d'une phase de croissance déterminée, inversement proportionnel au temps t écoulé depuis le début de la phase de croissance (c'est-à-dire à partir de μ_0) ; l'équation de croissance pondérale s'écrit alors :

$$\frac{1}{\mu - \mu_0} \frac{d\mu}{dt} = \frac{k}{t}$$

où k est une constante positive, propre à la phase de croissance concernée, et que Schmalhausen appela « constante de croissance ». Cette équation s'intègre aisément en $\mu = \mu_0 + at^k$, où a est une constante positive¹. Elle généralisait certaines tentatives antérieures à la première guerre mondiale de restituer les courbes de croissance à l'aide de fonctions paraboliques (cas où $k = 2$)². Schmalhausen put vérifier une certaine adéquation avec les observations pour la croissance embryonnaire, et même pour la croissance post-natale³. Mais outre qu'on peut juger les correspondances assez grossières, un problème que Schmalhausen souligna lui-même est que ces formules impliquent une dépendance à la masse initiale de la masse finalement atteinte au cours d'une phase. Or, ceci contredisait l'équifinalité généralement observée du processus, la possibilité d'atteindre un même poids final à partir de poids initiaux différents pour des individus d'une même espèce – un phénomène qui préoccupa plus tard Bertalanffy⁴. De plus, comme le « taux de croissance spécifique » s'exprime ici par

$$\frac{1}{\mu} \frac{d\mu}{dt} = \frac{k}{t} \left(1 - \frac{\mu_0}{\mu}\right),$$

il est une fonction du temps écoulé depuis le début de la phase de croissance, alors que certains chercheurs étaient enclins à penser que ce taux en est indépendant, et n'est qu'une fonction de la masse μ atteinte. Enfin se pose le problème de l'absence de limite finie aux fonctions puissance de t intervenant dans ces formulations, dont dérive l'impossibilité de recréer une courbe de croissance de type sigmoïde sans introduire un découpage de la courbe en au moins deux parties correspondant à des « constantes de croissance » différentes : la formulation mathématique de Schmalhausen ne permettait en fait pas de restituer par elle-même le caractère intrinsèquement limité de la croissance, contraignant donc à remédier à cette insuffisance par un artifice⁵.

Une autre expression que celle de Schmalhausen du « taux de croissance intrinsèque » fut utilisée avec une fonction φ décroissante du temps. Il ne fut pas fait le choix d'une fonction affine, qui a l'inconvénient rédhibitoire d'impliquer une fonction solution présentant un maximum à partir duquel la supposée « fonction de croissance » devient... décroissante⁶. Le choix fut celui d'une fonction φ exprimant la décroissance exponentielle du « taux de croissance intrinsèque ». Tel fut le choix fait en

¹ Équivalente à l'équation $\frac{d(\mu - \mu_0)}{\mu - \mu_0} = k \frac{dt}{t}$, elle s'intègre en $\ln(\mu - \mu_0) = k \ln(t) + b$, où b est une constante ; d'où le résultat avec $a = e^b$.

² Saller K. (1927), p. 480.

³ Schmalhausen I.I. (1927a), (1927b), pp. 33-35 et (1929a).

⁴ Voir les 2-5-1-3 à 2-5-1-6 et le 2-6-1.

⁵ Saller K. (1927), pp. 480-481 ; Ludwig W. (1929), p. 748 et p. 753 ; Bertalanffy L. von (1934a), pp. 645-649 et (1942), pp. 267-270.

⁶ On a en effet dans ce cas une équation de la forme : $\frac{1}{\mu} \frac{d\mu}{dt} = a - bt$, où a et b sont des constantes positives, qui s'intègre en $\mu = \mu_0 e^{at - \frac{1}{2}bt^2}$ et admet donc un maximum en a/b , avec une décroissance de la fonction sur $[a/b ; +\infty[$.

1926 par Sewall Wright, avec l'idée qu'il traduisait ainsi une inhibition du potentiel de croissance des cellules s'accroissant exponentiellement avec le temps¹. L'équation d'évolution de μ s'écrit dès lors

$$\frac{1}{\mu} \frac{d\mu}{dt} = ce^{-at} ,$$

où a et c sont des constantes positives. Ce qui revenait à transposer à la croissance organique la formule d'évolution démographique utilisée en 1825 par Benjamin Gompertz pour les calculs d'assurance-vie² – l'influence effective de Gompertz restant toutefois à établir. En posant $b = \frac{c}{a}$, l'équation s'intègre en $\ln(\mu) = -be^{-at} + H$, où H est une constante ; d'où résulte :

$$\mu = Me^{-be^{-at}}$$

où $M = e^H = \lim_{t \rightarrow +\infty} \mu(t)$ est la masse finale. Remarquons que compte tenu des deux relations $\frac{1}{\mu} \frac{d\mu}{dt} = abe^{-at}$ et $\ln(\mu) = H - be^{-at}$, l'équation initiale peut encore être réécrite sous la forme

$$\frac{1}{\mu} \frac{d\mu}{dt} = a[H - \ln(\mu)].$$

Ce qui revient à poser que le « taux de croissance intrinsèque » décroît en fonction logarithmique de la masse, donc à introduire par rapport à la croissance purement exponentielle une sorte de « facteur d'inhibition » ($a \ln(\mu)$). Les courbes intégrales solutions de l'équation de Wright sont pour $\mu_0 < \frac{M}{e}$ des sigmoïdes admettant un point d'inflexion³ correspondant à un rapport $\frac{\mu}{M}$ dont la valeur exacte est $\frac{1}{e} \approx 0,3679$, donc voisine de $\frac{1}{3}$. Il s'agissait de ce point de vue d'une équation permettant de rendre compte de manière satisfaisante de bon nombre de croissances pondérales. Mais cette formulation présentait un défaut majeur relatif aux dimensions linéaires. En effet, sous l'hypothèse de proportionnalité de la masse et du volume, la « longueur » $\lambda = \mu^{\frac{1}{3}}$ se trouvait avoir dans *tous* les cas une courbe représentative sigmoïde, en contradiction avec les cas empiriquement observés : la relation $\frac{1}{\lambda^3} \frac{d(\lambda^3)}{dt} = a[H - \ln(\lambda^3)]$ implique $\frac{1}{\lambda} \frac{d\lambda}{dt} = a[L - \ln(\lambda)]$, avec $L = \frac{H}{3} = \ln(\Lambda)$ (où $\Lambda = M^{\frac{1}{3}}$), λ satisfaisant donc systématiquement une équation semblable à celle satisfaite par μ .

Si la formulation de Wright pouvait être ramenée à l'expression du « taux de croissance intrinsèque » comme fonction décroissante de μ , une telle expression n'avait pas été posée initialement. Le choix de l'exprimer d'emblée ainsi fut fait par d'autres analystes de la croissance globale. Mais cela n'allait aucunement de soi si l'on considère le fait que la reformulation de l'équation de Wright, par exemple, revient à exprimer l'évolution de la masse en fonction de la masse *finale*, s'exposant donc à l'accusation d'être téléologique. Ceci vaut en principe pour toute équation exprimant le « taux de croissance intrinsèque » comme fonction φ de la masse et non du temps. En effet, si l'on considère que la masse finale M ne varie plus, elle est dans ce cas solution de l'équation $\frac{d\mu}{dt} = 0 \Leftrightarrow \varphi(\mu) = 0$; donc $M = \varphi^{-1}(0)$, de sorte qu'on peut en général ré-exprimer $\varphi(\mu)$ à l'aide de M . Une propriété dont nous avons vu l'interprétation « positiviste » par Bertalanffy, qui gêna justement bon nombre de ses collègues contemporains.

Elle fut en particulier l'objet de l'une des critiques adressées à Robertson, dont les travaux sur le sujet effectués entre 1908 et 1926 suscitèrent le plus de commentaires dans le domaine de la croissance organique jusqu'au début des années 1930. L'équation « logistique » par laquelle Robertson prétendait saisir le cours essentiel de toute croissance animale globale correspondait en effet

¹ Sur cette approche de Wright, voir Needham A.E. (1973), pp. 594-595.

² Gompertz B. (1825).

³ On déduit de $\frac{d\mu}{dt} = a\mu[H - \ln(\mu)]$ que $\frac{d^2\mu}{dt^2} = a \frac{d\mu}{dt} [H - \ln(\mu) - 1]$. Puisque $\frac{d\mu}{dt} > 0$, $\frac{d^2\mu}{dt^2}$ est du signe de $[H - \ln(\mu) - 1] = \ln\left(\frac{M}{e\mu}\right)$. Donc si $\mu_0 \geq \frac{M}{e}$, $\mu \geq \mu_0$ implique $\ln\left(\frac{M}{e\mu}\right) < 0$ et donc $\frac{d^2\mu}{dt^2} < 0$: il n'y a pas d'inflexion dans ce cas. Si, au contraire $\mu_0 < \frac{M}{e}$, alors $\frac{d^2\mu}{dt^2}$ change de signe en l'unique μ tel que $\ln\left(\frac{M}{e\mu}\right) = 0$, c'est-à-dire qu'il y a inflexion pour $\mu = \frac{M}{e}$.

à l'expression affine décroissante de la masse du « taux de croissance intrinsèque », sous la forme (a et c étant des constantes positives) :

$$\frac{1}{\mu} \frac{d\mu}{dt} = a - c\mu$$

La solution, étudiée dans l'annexe 1-4-5-7, correspond à une courbe de croissance sigmoïde, sa solution s'exprimant effectivement en fonction de la masse finale sous la forme :

$$\mu = \frac{M}{1 + ke^{-at}} \quad \text{avec } M = \frac{a}{c} \quad \text{et } k = \frac{a}{c\mu_0} - 1.$$

Notons qu'en comparaison avec la reformulation de l'équation utilisée par Wright, le « facteur d'inhibition » $c\mu$ de la croissance exponentielle croît ici plus rapidement, car de manière linéaire et non plus logarithmique. Robertson s'était tourné vers l'équation « logistique » après le constat de la forme sigmoïde commune de la plupart des courbes de croissance pondérale et de la courbe de concentration d'une substance chimique impliquée dans une réaction monomoléculaire autocatalytique ; cette analogie l'avait convaincu que la croissance cellulaire correspond « selon toute probabilité » elle-même à une réaction autocatalytique, et son équation de croissance globale en fut dérivée par extrapolation des conséquences formelles de cette hypothèse (l'équation « logistique » de croissance au niveau cytologique) à l'ensemble de l'organisme¹. Outre le caractère à maints égards fallacieux de l'analogie, dénoncé par de multiples arguments², et le fait que l'équation de Robertson n'avait en fin de compte aucune rationalité biologique, son inadéquation au problème de la croissance animale globale se révéla vite patente³. Sa correspondance médiocre avec les données empiriques était déjà un problème. Une médiocrité liée à deux problèmes de principe majeurs auxquels elle était confrontée. Le premier tient au fait que sous réserve que $M > 2\mu_0$, la courbe représentative de μ admet un point d'inflexion correspondant à un rapport $\frac{\mu}{M}$ égal à $\frac{1}{2}$, très significativement différent du rapport voisin de $\frac{1}{3}$ généralement observé (voir l'annexe 1-4-5-7). Pearl ne fut pas le seul, ni même le premier, à chercher (au moyen de sa formulation généralisée $\mu = \frac{M}{1+ke^{-P(t)}}$, où P est un polynôme tel que $P(0) = 0$ et $\frac{dP}{dt}(0) = a > 0$) une « correction » de l'équation « logistique » permettant de remédier à ce problème en faisant en sorte d'être en mesure de faire varier à volonté la position du point d'inflexion à l'aide de constantes appropriées : P. Enriques le précéda en 1909 avec une formule du type $\mu = \frac{M - Be^{-at}}{1 + ke^{-at}}$, dans laquelle la valeur du paramètre B peut être modifiée afin d'atteindre ce même objectif⁴. Néanmoins, ces assouplissements ne permettaient un meilleur ajustement aux données empiriques qu'au prix d'une absence totale de rationalité, tels des versions biologiques de la multiplication des épicycles ptoléméens. Une seconde difficulté, que l'équation « logistique » avait en commun avec celle de Wright et qui vaut en général aussi pour de telles « corrections », était le fait que les courbes correspondantes de la « longueur » $\lambda = \mu^{\frac{1}{3}}$ sont toujours sigmoïdes dès que $\lambda_0 < 4^{\frac{1}{3}}\Lambda$ (avec alors un point d'inflexion tel que $\frac{\lambda}{\Lambda} = 4^{-\frac{1}{3}}$), situation qui ne correspondait pas aux observations effectuées⁵.

Une autre possibilité que l'équation « logistique » d'exprimer simplement le « taux de croissance intrinsèque » en fonction décroissante φ de la seule masse consistait à le faire au moyen d'une inversion. Le cas le plus élémentaire, celui où φ est une fonction proportionnelle à l'inverse de

¹ Robertson T.B. (1908).

² En particulier le fait que le ralentissement de la croissance organique va de pair avec une raréfaction des substances assimilées, tandis que le ralentissement de la réaction chimique auto-catalytique tient au contraire à la concentration croissante des substances assimilées.

³ Sur toute les critiques qui suivent, auxquelles je ne fais ici qu'ajouter des précisions mathématiques, voir Pütter A. (1920), p. 326 ; Saller K. (1927), pp. 482-485 ; Ludwig W. (1929), pp. 744-746 et 750-755 ; Bertalanffy L. von (1933a), p. 644 ; (1934a), pp. 624-625 et (1938), pp. 201-203 ; A.E. Needham (1973), p. 595.

⁴ Saller K. (1927), p. 484.

⁵ Il résulte de $\frac{1}{\lambda^3} \frac{d(\lambda^3)}{dt} = a - c\lambda^3$ que $\frac{1}{\lambda} \frac{d\lambda}{dt} = \frac{1}{3} (a - c\lambda^3)$, puis que $\frac{d^2\lambda}{dt^2} = \frac{1}{3} \frac{d\lambda}{dt} (a - 4c\lambda^3)$. Un raisonnement analogue à celui mené pour μ (voir l'annexe 1-4-5-7) permet d'en déduire le résultat annoncé, en remarquant que $\Lambda = \frac{a}{c}$.

la masse μ , ne pouvait pas être choisi puisqu'il correspond à une croissance linéaire de la masse, jamais observée¹. Samuel Brody fit par contre en 1926 le choix d'exprimer le ralentissement de la croissance en posant la proportionnalité de l'accroissement de masse par unité de temps à la « distance » entre la masse actuelle et la masse finale, d'où une équation de la forme :

$$\frac{1}{\mu} \frac{d\mu}{dt} = \frac{a}{\mu} - c$$

où a et c sont des constantes positives². La solution, une fonction croissante concave du temps ($\mu = M(1 - e^{-ct})$ avec $M = \frac{a}{c}$), de courbe par conséquent non sigmoïde, est par ce fait même en général inadéquate pour une description globale du cours de la croissance. Mais Brody l'assumait : comme bon nombre de ses collègues et notamment au vu des débats autour de l'équation « logistique », il considéra toujours vaine l'ambition d'obtenir une telle description à l'aide d'une seule équation : il jugeait plus pertinent d'effectuer un découpage en « plusieurs segments significatifs » et d'« employer des équations séparées ayant des constantes rationnellement et clairement définies », par exemple une première phase de croissance exprimée de manière purement exponentielle et une seconde exprimée à l'aide de l'équation précédente (procédé permettant effectivement de recréer une courbe sigmoïde)³.

Une formulation plus générale que celle de Brody était pourtant envisageable, précisément celle que Bertalanffy utilisa⁴. À savoir introduire dans le dénominateur du second membre de l'équation différentielle précédente une puissance de μ comprise entre 0 et 1, ce qui assurait entre autres à la fois une décroissance du « taux de croissance intrinsèque » et une courbe de croissance pondérale sigmoïde⁵. Le seul à avoir, certes indirectement, envisagé cette solution avant Bertalanffy fut Pütter, en 1920. Je dis indirectement, car si ses équations de croissance correspondaient mathématiquement à ce résultat, telle ne fut pas du tout son approche. Il n'en reste pas moins que celle-ci fut de loin la plus influente sur Bertalanffy dans toute la littérature antérieure à 1933 concernant la croissance organique animale globale. Contrairement aux auteurs précédents, Pütter visait non pas directement une expression de la masse μ , mais d'abord une formulation de la « longueur » $\lambda = \mu^{\frac{1}{3}}$. Conformément à sa perspective « métabolique » générale sur les causes de la croissance, il chercha dans un premier temps à exprimer l'accroissement de la masse par unité de temps comme la conséquence de la différence entre assimilation et dissimilation, c'est-à-dire encore entre anabolisme et catabolisme⁶. Sans aucune justification biologique, il postula que la dissimilation est proportionnelle au « volume » λ^3 , hypothèse selon lui « la plus simple » dont nous verrons avec Bertalanffy la pertinence. Quant à l'assimilation, Pütter la relia proportionnellement à la « surface » λ^2 . Il y avait à cet égard des justifications biologiques. Sans mentionner les travaux de Max Rubner effectués à la fin du XIX^e siècle et encore moins leurs anticipations entre 1837 et 1839 par les Français P.F. Sarrus et M. Rameaux⁷, il en reprenait l'esprit et largement la lettre. Rubner avait en particulier énoncé en 1883 une « loi de surface » selon laquelle le taux d'anabolisme par unité de masse décroît en fonction de la taille d'un organisme mais demeure constant par unité de surface. Il ne l'avait

¹ Si $\varphi(\mu) = \frac{a}{\mu}$, alors $\frac{d\mu}{dt} = a$, donc $\mu(t) = at + b$, où a et b sont des constantes : la courbe représentative de μ serait alors une droite.

² Puisque cela revenait à poser $\frac{d\mu}{dt} = a - c\mu$, avec $M = \frac{a}{c}$ pour masse finale, l'équation précédente étant bien équivalente à $\frac{d\mu}{dt} = c(M - \mu)$.

³ Brody S. (1945), en particulier pp. 564-565. Voir aussi Saller K. (1927), pp. 489-490 et Ludwig W. (1929), pp. 748-479.

⁴ Voir les 2-1-5-4 et 2-1-5-6.

⁵ Considérons en effet l'équation $\frac{1}{\mu} \frac{d\mu}{dt} = \frac{a}{\mu^k} - c$, où a et c sont des constantes positives. Il est d'abord clair que le second membre ne peut décroître avec μ que si $k > 0$. Il résulte de plus d'une dérivation des deux membres de l'équation équivalente $\frac{d\mu}{dt} = a\mu^{1-k} - c\mu$ que

$\frac{d^2\mu}{dt^2} = (1-k)a\mu^{-k} - c$. D'où aussi, puisque la masse finale M , solution de l'équation $\frac{d\mu}{dt} = 0$, a pour expression $M = \left(\frac{a}{c}\right)^{\frac{1}{k}}$, l'équation : $\frac{d^2\mu}{dt^2} = c\left[(1-k)\left(\frac{M}{\mu}\right)^k - 1\right]$. En résulte qu'il est nécessaire pour avoir un point d'inflexion que $k < 1$: dans le cas contraire, $\frac{d^2\mu}{dt^2} < 0$.

⁶ L'anabolisme est la phase « constructive » du métabolisme comprenant les processus d'assimilation de substances ; le catabolisme est celle, « destructive », qui comprend les processus de dégradation de composés organiques, avec dégagement d'énergie sous forme de chaleur ou de réactions chimiques, et élimination des déchets.

⁷ Il semble que les travaux de Sarrus et Rameaux sur les relations directes entre métabolisme basal et métabolisme de surface aient été les premiers du genre. Voir à ce sujet Kruger F. (1973), p. 645.

expliquée que chez les animaux homéothermes, sa logique étant dans ce cas que dans la mesure où la déperdition de chaleur se produit à la surface de leurs corps, leur maintien impose qu'un nombre constant de calories soit produit par unité de surface. Si cette explication fut démontrée fallacieuse dans les années 1930 et 1940 (notamment par Bertalanffy), il n'en demeure pas moins que fut même alors démontré simultanément son large spectre de validité, y compris chez certains animaux poikilothermes¹. Pütter incorpora implicitement la « loi » de Rubner dans son raisonnement : en effet, il partit du constat que la formation de nouvelle substance organique nécessite un travail et que celui-ci est rendu possible par le « métabolisme de fonctionnement » [*Betriebsstoffwechsel*], de sorte que « la quantité de substance organique nouvellement construite doit être mise en relation avec l'intensité » de ce métabolisme ; mais l'hypothèse qu'il fit aussitôt, fondée selon ses termes sur « ce que l'on sait à partir de nombreuses expériences », se trouva justement être que ce « métabolisme de fonctionnement » est « proportionnel au carré de la dimension linéaire »². De sorte qu'il put exprimer l'accroissement de masse par unité de temps au moyen d'une différence de la forme $(a\lambda^2 - c\lambda^3)$. Pütter aurait pu résoudre le problème de la détermination de λ en intégrant l'équation différentielle qui résultait de ces considérations :

$$\frac{d(\lambda^3)}{dt} = a\lambda^2 - c\lambda^3$$

où a et c sont des constantes positives. Du point de vue mathématique, cette équation revenait à transposer à la variable λ l'équation utilisée pour μ par Brody³. Sa solution correspondant de même à une courbe de croissance concave, cette fois pour les dimensions linéaires :

$$\lambda = \Lambda \left[1 - \left(1 - \frac{\lambda_0}{\Lambda} \right) e^{-\frac{c}{3}t} \right] \quad \text{avec} \quad \Lambda = \frac{a}{c}$$

Mais en réalité, cette résolution qui peut paraître naturelle à un mathématicien qui ne regarde que l'équation, ne le fut pas pour Pütter : il basa ses réflexions sur un modèle hydrodynamique de système ouvert avec lequel il réalisa des analogies systématiques dont il se servit surtout pour étudier l'impact sur la croissance des différents facteurs que sont la température, la nourriture et l'âge. Et c'est sans aucune explication qu'il fournit l'expression de la « longueur » sous la forme :

$$\lambda = \Lambda \left(1 - \alpha e^{-\frac{\beta}{\Lambda}t} \right)$$

La constante α , qu'il se limita à décrire comme une constante d'intégration, n'était autre que l'accroissement relatif de la « longueur » entre l'état initial et l'état final. Il qualifia l'autre constante β (égale à $\frac{c}{3}\Lambda$), de « nombre de la croissance », en se bornant à la caractériser comme une « mesure de la vitesse avec laquelle se produit la croissance »⁴.

Un premier problème, qui suggère bien que Pütter n'obtint pas du tout sa formulation de λ par résolution de l'équation différentielle écrite plus haut, est qu'il considéra aussi ce « nombre de la croissance » comme une « mesure de la différence entre anabolisme et catabolisme » en interprétant arbitrairement son rapport à la « longueur » finale Λ comme la différence entre les deux constantes a et c , c'est-à-dire : $\frac{\beta}{\Lambda} = a - c$; alors que cette relation, qui impliquait $a = \frac{4}{3}c$, n'avait strictement aucune

¹ Voir Bertalanffy L. von (1934a), p. 623 et p. 632 ; (1941c), pp. 510-511 ; (1942), pp. 191-203 et p. 240.

² Pütter A. (1920), pp. 299-300.

³ L'équation est en effet équivalente à $3\lambda^2 \frac{d\lambda}{dt} = a\lambda^2 - c\lambda^3$, soit $\frac{d\lambda}{dt} = \frac{a}{3} - \frac{c}{3}\lambda$, relation qui est formellement homologe à celle de Brody.

⁴ Pütter A. (1920), pp 300-310. Son modèle était celui d'un récipient dans lequel entre de l'eau à une hauteur h de telle sorte que, x désignant le niveau d'eau dans le récipient, l'afflux d'eau à l'intérieur s'y produit à une hauteur $(h - x)$, cependant qu'un écoulement se produit par une ouverture située à la base du récipient. En désignant par k le taux d'écoulement et par p le taux de remplissage, la hauteur d'eau à l'état stationnaire s'exprimait alors de manière élémentaire par $x = \frac{ph}{p+k}$. Il fit ensuite une analogie avec le phénomène de croissance consistant à identifier k à une mesure du « métabolisme de fonctionnement » et la hauteur x à la constante d'anabolisme a (c'est-à-dire encore au « métabolisme de construction » [*Baustoffwechsel*]), puis à interpréter la hauteur h comme la concentration maximale des substances utilisées dans les deux types de métabolisme ; de sorte qu'il obtint la relation $a = \frac{ph}{p+k}$. La « longueur » à l'état final stationnaire (solution de $\frac{d\lambda}{dt} = 0$) étant $\Lambda = \frac{c}{a}$, s'en déduisait $\Lambda = \frac{h}{c} \frac{p}{p+k}$. Ces relations lui servirent alors de base de discussion des facteurs de la croissance indiqués.

nécessité¹. Reste que Pütter déduit aussi immédiatement de celle de λ l'expression de la masse μ (avec $M = \Lambda^3$) :

$$\mu = M \left(1 - \alpha e^{-\frac{\beta}{\Lambda} t} \right)^3$$

Cette formule, nous y reviendrons avec Bertalanffy, correspondait (sous réserve toutefois que $\mu_0 < \frac{8}{27} M$) à une courbe de croissance pondérale sigmoïde avec un point d'inflexion tel que $\frac{\mu}{M} = \frac{8}{27} \approx 0,2963$, donc proche de $\frac{1}{3}$. De sorte que les fonctions λ et μ ainsi déterminées avaient des caractéristiques conformes aux courbes de croissance observées chez un grand nombre d'organismes très divers. Pütter s'efforça d'ailleurs, avec un indéniable succès, de montrer leur capacité à ajuster les courbes de croissance pondérale et linéaire de plusieurs mollusques, crustacés et poissons. Un autre problème était toutefois qu'il n'était pas en mesure de fournir à ses formules une véritable rationalité biologique, car son « nombre de la croissance » n'avait aucune signification claire. Par ailleurs, il fut aussi confronté à d'autres espèces dont il se révélait impossible d'accorder les courbes de croissance à ses équations. Il faut noter ici, parce que ce fut comme nous le verrons une base essentielle des réflexions de Bertalanffy, que Pütter localisa déjà le problème dans l'inadéquation de son hypothèse sur le « métabolisme de fonctionnement », dont il souligna lui-même qu'il n'était manifestement pas toujours judicieux de le supposer proportionnel à la « surface » λ^2 , évoquant par exemple le cas de certains insectes où il se trouve plutôt proportionnel à λ^3 , donc à la masse (ou au volume)². Mais au lieu de réviser son approche en conséquence, il préféra introduire une hypothèse auxiliaire afin de réaliser des ajustements convenables dans les cas problématiques qu'il examina : celle d'un phénomène d'hystérésis, qui le conduisit à des équations plus compliquées. La formulation de λ restait la même, mais Λ représentait cette fois une fonction rationnelle du temps de la forme $\Lambda = u \frac{y-xt}{z-xt}$, où u , x , y et z sont des constantes positives, et non plus la « longueur » finale. Ainsi ses travaux prêtèrent-ils légitimement le flanc à l'accusation non seulement de manquer de rationalité biologique, mais aussi d'introduire des hypothèses *ad hoc* dès que l'observation ne se conformait pas à ses formules³.

¹ Pütter A. (1920), p. 332.

² *op. cit.*, p. 336.

³ *op. cit.*, pp. 307-308 et p. 321 ; voir aussi Saller K. (1927), p. 493; Ludwig W. (1929), p. 749 ; et Bertalanffy L. von (1934a), pp. 634-638.

Annexe 2-6-2-2(a)

Un fondement de la thermodynamique des processus irréversibles : le « théorème de réciprocity » d'Onsager

Fourier avait exposé comment un flux de chaleur peut être linéairement relié à un gradient de température. Ohm avait montré qu'un courant électrique peut de même être linéairement relié à une force électromotrice, et Fick qu'un taux de diffusion de matière est linéairement relié à un gradient de concentration. Lord Rayleigh (Nobel de physique 1904) avait quant à lui utilisé dans sa théorie du son un ensemble d'équations exprimant la dépendance linéaire des flux mécaniques aux forces mécaniques opérant dans un système. La théorie d'Onsager, publiée en 1931 et raffinée par la suite par Casimir et Eckhart, adapta ces idées à l'étude thermodynamique des processus irréversibles¹.

L'idée de départ en était que diverses causes peuvent expliquer la survenue de tels processus dans un système, qu'il s'agisse de gradients de température, de gradients de concentration, de gradients de potentiels ou d'affinités chimiques. Des grandeurs qui seront ici notées $(X_i)_{1 \leq i \leq n}$ et qu'il était en usage d'appeler des « forces » ou des « affinités ». Les phénomènes irréversibles causés par ces « forces » se trouvent être des flux de chaleur, des courants de diffusion, des courants électriques ou des réactions chimiques. Des « flux » ou « courants » qui seront ici notés $(J_i)_{1 \leq i \leq n}$. Dans le cas général, chacune des « forces » peut agir sur n'importe quel « flux ». Suivant la voie ouverte par ses illustres prédécesseurs, Onsager exprima alors chaque « flux » comme une combinaison linéaire de chacune des « forces » opérant dans le système, obtenant ce qu'il est depuis en usage d'appeler les « équations phénoménologiques » :

$$J_i = \sum_{k=1}^n L_{ik} X_k \quad (1 \leq i \leq n)$$

Les coefficients $(L_{ij})_{(i,j) \in \llbracket 1;n \rrbracket^2}$ étaient appelés les « coefficients phénoménologiques ». En particulier, les $(L_{ii})_{1 \leq i \leq n}$ peuvent par exemple correspondre à des capacités calorifiques, à des coefficients de diffusion ou à des conductivités électriques. Quant aux coefficients L_{ij} avec $j \neq i$, ils sont liés à des phénomènes de superposition, pouvant par exemple être des coefficients de thermodiffusion. Le théorème fondamental auquel parvint Onsager, appelé « théorème de réciprocity », est la symétrie de la matrice des « coefficients phénoménologiques » ; c'est-à-dire les « relations de réciprocity » :

$$L_{ji} = L_{ij} \quad \text{pour tous } i \text{ et } j \text{ dans } \llbracket 1;n \rrbracket$$

Elles expriment la relation entre deux phénomènes réciproques (par exemple la thermodiffusion et l'effet Dufour, ou la relation entre force thermique et l'effet Peltier) surgissant en conséquence d'une superposition de processus irréversibles ayant simultanément lieu. Dans le cas particulier d'un système chimique formé de plusieurs substances, ce théorème redonne le résultat classique selon lequel, à l'équilibre chimique du système dans son ensemble, chaque réaction est en soi à l'équilibre – c'est-à-dire qu'elle se produit exactement dans la même mesure dans un sens et dans le sens contraire.

Après avoir établi ce théorème dans plusieurs cas exemplaires caractéristiques, Onsager chercha à en démontrer la généralité, fondant cette démonstration sur la mécanique statistique et l'hypothèse de « réversibilité microscopique » ; c'est-à-dire en utilisant la réversibilité des équations fondamentales de la mécanique régissant le comportement des entités microscopiques sous-jacentes aux phénomènes macroscopiquement décrits par les « équations phénoménologiques ». Ce théorème n'est en fait pas tout-à-fait général puisque la linéarité des « équations phénoménologiques » ne vaut que pour des processus lents et lorsque le système étudié n'est pas trop éloigné de l'équilibre thermodynamique. Néanmoins, le spectre de phénomènes couverts par ces équations est large et il en va de même de ses « relations de réciprocity ».

¹ Onsager L. (1931a) et (1931b). Voir aussi Meixner J. (1943), pp. 245-249 ; Prigogine I. (1947), pp. 25-28 ; De Groot S.R. (1951, 1960), pp. 4-16 ; Bierman A. (1954), pp. 98-99 ; et Katchalsky A. & Curran P.F. (1965), pp. 85-97 (présent dans les archives de Bertalanffy).

Annexe 2-6-2-2(b)

Une démonstration du « théorème de Prigogine »

On note σ la « production d'entropie », exprimée au moyen des « flux » $(J_i)_{1 \leq i \leq n}$ et des « forces » $(X_i)_{1 \leq i \leq n}$ à l'œuvre dans le système étudié par

$$\sigma = \sum_{k=1}^n J_k X_k$$

Le théorème de Prigogine¹ énonce que lorsqu'un système caractérisé par n « forces » indépendantes $(X_i)_{1 \leq i \leq n}$ est maintenu dans un état où les $(X_i)_{1 \leq i \leq k}$ sont fixes (avec $k < n$) et de production minimale d'entropie, les « flux » $(J_i)_{k+1 \leq i \leq n}$ disparaissent.

Compte tenu des « équations phénoménologiques » et des « relations de réciprocité » d'Onsager (voir l'annexe 2-6-2-2(a)) :

$$J_i = \sum_{k=1}^n L_{ik} X_k \quad (1 \leq i \leq n) \quad \text{et} \quad \text{pour tous } i \text{ et } j \text{ dans } \llbracket 1; n \rrbracket, \quad L_{ji} = L_{ij} ,$$

on peut en effet exprimer σ par la forme quadratique définie positive

$$\sigma = \sum_{(i,j) \in \llbracket 1; n \rrbracket^2} L_{ij} X_i X_j$$

Or, lorsque les quantités $(X_i)_{1 \leq i \leq k}$ sont fixées, l'état de minimum de « production d'entropie » est exprimé par les équations

$$\frac{\partial \sigma}{\partial X_i} = 0 \quad (k + 1 \leq i \leq n)$$

Comme σ est définie positive, la condition d'optimalité précédente correspond à un minimum. On en déduit à l'aide de l'expression de σ que, pour tout i dans $\llbracket k + 1; n \rrbracket$:

$$\sum_{j=1}^n (L_{ij} + L_{ji}) X_j = 0$$

D'où en utilisant encore les « relations de réciprocité » :

$$2 \sum_{j=1}^n L_{ij} X_j = 0$$

Il en résulte, en revenant aux « équations phénoménologiques » :

$$J_i = 0 \quad \text{pour tout } i \text{ dans } \llbracket k + 1; n \rrbracket$$

Ce qui établit le résultat annoncé².

¹ Prigogine I. (1947), pp. 44-59 en particulier.

² De Groot S.R. (1951, 1960), pp. 179-180 ; Katchalsky A. & Curran P.F. (1965), pp. 229-231 ; Foster C., Rapoport A. & Trucco E. (1957), pp. 16-17. .

Annexe 2-6-2-2(c)

La généralisation aux processus irréversibles par Prigogine et De Groot du « principe de modération » de Le Châtelier

Les notations restant celles utilisées dans la preuve du théorème de Prigogine exposée dans l'annexe précédente, supposons qu'il existe $m \in \llbracket k+1; n \rrbracket$ tel que la « force » X_m subisse une modification δX_m et notons, pour tout $i \in \llbracket 1; n \rrbracket$, X_i^0 la valeur de X_i dans l'état de « production minimale d'entropie ».

On a : $X_m = X_m^0 + \delta X_m$. Compte tenu de

$$J_m = \sum_{k=1}^n L_{mk} X_k$$

on en déduit :

$$J_m = J_m^0 + L_{mm} \delta X_m$$

où J_m^0 , étant la valeur du « flux » à l'état de « production minimale d'entropie », est nul d'après le théorème de Prigogine. On obtient donc :

$$J_m = L_{mm} \delta X_m$$

Mais comme la forme quadratique exprimant la « production d'entropie » est définie positive, on a de plus : $L_{mm} > 0$ et donc $L_{mm}(\delta X_m)^2 > 0$. D'où résulte finalement : $J_m \delta X_m > 0$: le « flux » causé par la perturbation a le même signe que la perturbation, ce qui signifie bien que le « flux » tend à réduire la perturbation et que le système tend à revenir à son état originel. Par ailleurs, la « production d'entropie » σ peut être réécrite comme suit par rapport à l'état de « production minimale d'entropie » :

$$\sigma = \sum_{i,j=1}^n L_{ij} X_i^0 X_j^0 + \sum_{i=1}^n (L_{im} + L_{mi}) X_i \delta X_m + L_{mm} (\delta X_m)^2$$

Compte tenu des relations d'Onsager et du théorème de Prigogine, la seconde somme du membre de droite de cette égalité est nulle. En notant σ^0 la première somme, qui correspond au minimum de « production d'entropie », on en déduit :

$$\sigma = \sigma^0 + L_{mm} (\delta X_m)^2$$

La généralisation du principe de Le Châtelier apparaît ici dans le fait que dans son application classique aux systèmes en équilibre, $\sigma^0 = 0$; une condition qui se révèle ainsi non nécessaire à l'application de ce principe.

Annexe 3-1

La procédure de « dénazification » appliquée à Bertalanffy

Avant même de se porter candidat à la chaire de professeur avec direction de l'institut de zoologie [Ordinariat], Bertalanffy déposa devant le chancelier et le maire de Vienne une demande de dispense d'enregistrement en tant qu'ancien membre du N.S.D.A.P. Il apparaît que ses arguments étaient fallacieux. En effet, pour justifier son adhésion au Parti, qu'il data contre les faits de 1940, il prétendit dès mai 1945 dans tous ses courriers relatifs à celle-ci qu'il était métis au second degré parce que sa grand-mère maternelle était juive ; et qu'il n'avait pu en conséquence conserver sa place à l'université qu'en évitant un examen prouvant son « aryanité », ce que seule son entrée au Parti pouvait lui permettre. En réalité, les documents disponibles prouvent non seulement que Bertalanffy n'était en aucun cas métis au second degré (ce qu'il écrivit lui-même en 1938 à un correspondant américain), mais qu'il avait en fait aussi subi en 1939 un examen de preuve d'« aryanité » dont le résultat fut positif. Ci-dessous un extrait d'un formulaire daté du 31 juillet 1945 qu'il signa en ce sens :

Erlittene Nachteile 1938 bis 1945 <small>(Inhaftierungen mit Angabe der Zeit und des Ortes; erlittene Schädigungen, soweit sie sich dokumentarisch nachweisen lassen):</small>	Hintertreibung der wissenschaftlichen Karriere. Vollständiger Verlust meines gesamten Eigentums durch Inbrandsetzung meiner ehemaligen Wohnung von Seiten der SS.
Berufliche Tätigkeit 1938 bis 1945 a) im Staats- und öffentlichen Dienst: b) im Privatdienst:	Universitätsdozent bzw. Professor
Zugehörigkeit zur NSDAP: „illegal“, wenn ja Mitglied der NSDAP Anwärter der NSDAP	Eintrittstag: Mitglieds-Nr.: Eintrittstag: 1940 Mitglieds-Nr.: ? (vgl. Anmerkung) Eintrittstag: Mitglieds-Nr.:
Wehrverbände der NSDAP (SS, SA, NSKK, NSFK), Eintrittstag, Zeitraum der Dauer: Letzte Dienststelle: Funktionen:	(Empty)
Anmerkung: Wien, am 31.7. 1945.	Da ich Mischling 2. Grades bin, konnte ich meine Stellung an der Universität nur dadurch halten, dass ich durch Beitritt zur NSDAP eine Nachprüfung des Ariernachweises verhinderte. Gesuch um Erlassung der Registrierung lt. StGBl. Nr. 13, § 27 und StGBl. Nr. 18, § 9 am 18.6.45 bei Staatskanzler Dr. Renner und am 23.8.45 beim Bezirksamt Wien III eingereicht. Die Lücken der obigen Angaben sind dadurch bedingt, dass ich beim Brand meiner Wohnung auch mein Eigentum verlor. Die Angaben sind wahrheitsgemäß. Unterschrift:

Ludwig Bertalanffy

Ses arguments ne permirent de toute façon pas à Bertalanffy d'échapper à une première suspension de son service en août 1945, dont l'effet fut mis entre parenthèses par le maire de Vienne dans l'attente d'une décision gouvernementale officielle quant à son éventuelle inscription sur la liste des anciens nazis. Sa suspension ne devint effective que fin janvier 1946, date à partir de laquelle il commença à ne percevoir qu'à peine le quart de son salaire normal. Une commission spéciale chargée

d'examiner son dossier se réunit le 4 février 1946. Elle rendit un rapport relativement complaisant au regard des faits désormais connus : elle accepta les motifs invoqués par Bertalanffy pour justifier son adhésion au N.S.D.A.P., ne disposant pas des documents discréditant ses dires. La commission disposait par contre des courriers qu'il avait envoyés à l'administration du III^e Reich, où il avait accusé l'Autriche d'avoir freiné l'avancement de sa carrière entre 1933 et 1937 au motif de sa sympathie pour le nazisme. Elle considéra que Bertalanffy avait menti à l'administration nazie afin d'assurer sa subsistance et que c'était « compréhensible ». Tout en relevant qu'il avait d'une manière peu commune piétiné la vérité pour parvenir à ses fins et que son comportement à cet égard avait été intolérable, la commission lui accorda qu'il n'avait pas pu savoir jusqu'où aller dans cette voie. Ne lui furent en définitive reprochés que ses mensonges relatifs aux accusations contre l'Autriche. La commission, ignorant ses écrits de 1934 et de 1941 discutés au 1-5-3-6, conclut qu'il ne fallait pas exclure la réintégration de Bertalanffy dans l'université : il n'aurait fait dans son domaine aucune concession à caractère non-scientifique à l'idéologie nazie ; il aurait au contraire fait preuve d'une grande force de caractère et servi la science en s'efforçant constamment de préserver l'indépendance de la biologie. La commission laissa aux autorités compétentes, c'est-à-dire au ministère de l'éducation, le soin de juger la pertinence d'éventuelles sanctions à prendre contre lui. Le dossier de Bertalanffy se perdit dans les méandres des procédures administratives et la décision ministérielle finale le concernant ne fut prise qu'en octobre 1947 (voir les deux documents reproduits ci-dessous). Cette décision stipulait qu'il était exempté de poursuites. Il put dès lors réintégrer l'université, mais avec le statut de *Privatdozent*, c'est-à-dire, à 46 ans, celui qu'il avait... entre 33 et 36 ans !

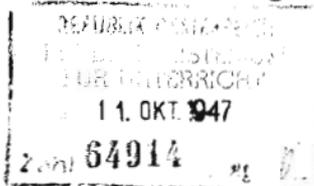
6 5 7 0 - Pr.K./47
Univ.Prof.Dr.Ludwig BERTALANFFY,
Nachsicht der Sühnefolgen nach dem
VG 1947.

Wien, am 8. Oktober 1947.

An das

Bundesministerium für Unterricht.

Die Präsidentschaftskanzlei erlaubt sich über besonderen Auftrag des Herrn Bundespräsidenten ihre Note Zl. 5952 vom 14. Juni 1947, mit der das Ansuchen des Univ. Professors Dr. Ludwig BERTALANFFY um Nachsicht der Sühnefolgen nach VG-1947 zur Berichterstattung übermittelt wurde, mit dem Ersuchen um eheste Eplädigung in Erinnerung zu bringen.



Der Kabinettsdirektor:



REPUBLIK ÖSTERREICH
BUNDESMINISTERIUM FÜR INNERES

General-Direktion
für die öffentliche Sicherheit

Zahl: 123.943-2/47

Herrn

Univ.-Prof.Dr.med. Ludwig Bertalanffy

W i e n III.,
Weissgerberlande Nr.52.

Der Herr Bundespräsident hat mit Entschliessung vom 25. Oktober 1947, Zl.11119/47, Ihrem Ansuchen vom 13.6.1947 gemäss § 27, Abs.(1), des Verbotsgesetzes 1947 stattgegeben und Ihnen die Ausnahme von der Behandlung nach den Bestimmungen der Art. III und IV und von den in besonderen Gesetzen enthaltenen Sühnefolgen mit Wirksamkeit vom 18. Februar 1947 bewilligt.

Diese Ausnahme erstreckt sich jedoch nicht auf die Verpflichtung zur Entrichtung der einmaligen und der laufenden Sühneabgabe gemäss den Bestimmungen des IX. Hauptstückes des Nationalsozialistengesetzes vom 6. Februar 1947, BGBl. Nr.25, und die vermögensrechtlichen Verfügungsbeschränkungen gemäss § 20 des Verbotsgesetzes 1947. Unberührt bleibt hievon auch eine allfällige Erstattungspflicht gemäss § 23 des Verbotsgesetzes 1947.

Diese Ausnahme erstreckt sich ferner nicht auf Sühnefolgen, die auf Grund einer Verurteilung nach dem Kriegsverbrechergesetz 1947, BGBl. Nr.198, gemäss § 17, (Abs.2), lit. f, des Verbotsgesetzes 1947 eintreten.

28. Oktober 1947:

Stempel:
Republik Österreich
Bundesministerium
für Inneres

(ges. Helmer)

Annexe 3-4-2-4

L'évolution des thèmes des articles publiés dans General Systems

Les quatre tableaux qui suivent expriment en pourcentage¹ la part occupée par chacune des thématiques représentées dans les *General Systems yearbooks* successifs².

	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962
Philosophie générale de la recherche systémique	13,7	0	7,1	0	16,7	0	5,6
Philosophie systémique de la connaissance	0	0	0	0	0	8,3	33,3
Nature, fonctions et portée axiologique ou praxéologique Impact socio-politique de la recherche systémique	0	0	0	0	0	8,3	0
Épistémologie, méthodologie systémiques	20	8,3	0	7,1	22,2	8,3	0
Outils formels pour la recherche systémique	0	0	0	0	0	0	0
« Systèmes généraux » abstraits formalisés	6,3	8,3	0	0	0	0	0
« Systèmes généraux » abstraits non formalisés	6,3	16,7	0	0	0	0	5,6
« Systèmes généraux » transdisciplinairement interprétés sur la base de mathématisations	26,7	16,7	0	0	0	16,7	0
« Systèmes généraux » transdisciplinairement interprétés sans mathématisation	6,3	0	14,3	0	16,7	16,7	11,1
Approches et modèles systémiques généraux en dynamique des populations et écologie	0	0	57,1	0	0	8,3	11,1
Approches et modèles systémiques généraux en biologie (physiologie, évolution, génétique, neurologie, etc.)	0	8,3	7,1	21,4	11,1	8,3	11,1
Approches et modèles systémiques généraux en « sciences du comportement », orientation : sociologie, économie	0	8,3	7,1	0	11,1	8,3	0
Approches et modèles systémiques généraux en « sciences du comportement », orientation : sciences politiques	0	8,3	7,1	0	0	0	0
Approches et modèles systémiques généraux en « sciences du comportement », orientation : psychologie, psychiatrie	13,3	16,7	0	21,4	0	0	5,6
Théorisations générales de l'organisation (sociale)	0	0	0	35,7	0	8,3	16,7
Approches et modèles systémiques généraux en ingénierie des systèmes (contrôle, informatique, robotique, etc.)	0	0	0	14,3	16,7	0	0
Approches systémiques de l'éducation	0	0	0	0	0	0	0
Traitement systémique de problèmes biologiques ou médicaux spécifiques	0	0	0	0	5,6	0	0
Traitement systémique de problèmes sociologiques, anthropologiques ou économiques spécifiques	6,3	8,3	0	0	0	0	0
Traitement systémique de problèmes politiques spécifiques	0	0	0	0	0	0	0
Modèles systémiques d'organisations sociales spécifiques	0	0	0	0	0	8,3	0
Résolution de problèmes organisationnels spécifiques	0	0	0	0	0	0	0
Résolution de problèmes de prise de décision spécifiques	0	0	0	0	0	0	0
Résolution de problèmes spécifiques en ingénierie des systèmes (contrôle, informatique, robotique, etc.)	0	0	0	0	0	0	0

¹ Arrondi au dixième le plus proche, d'où des sommes par colonnes parfois très légèrement différentes de 100.

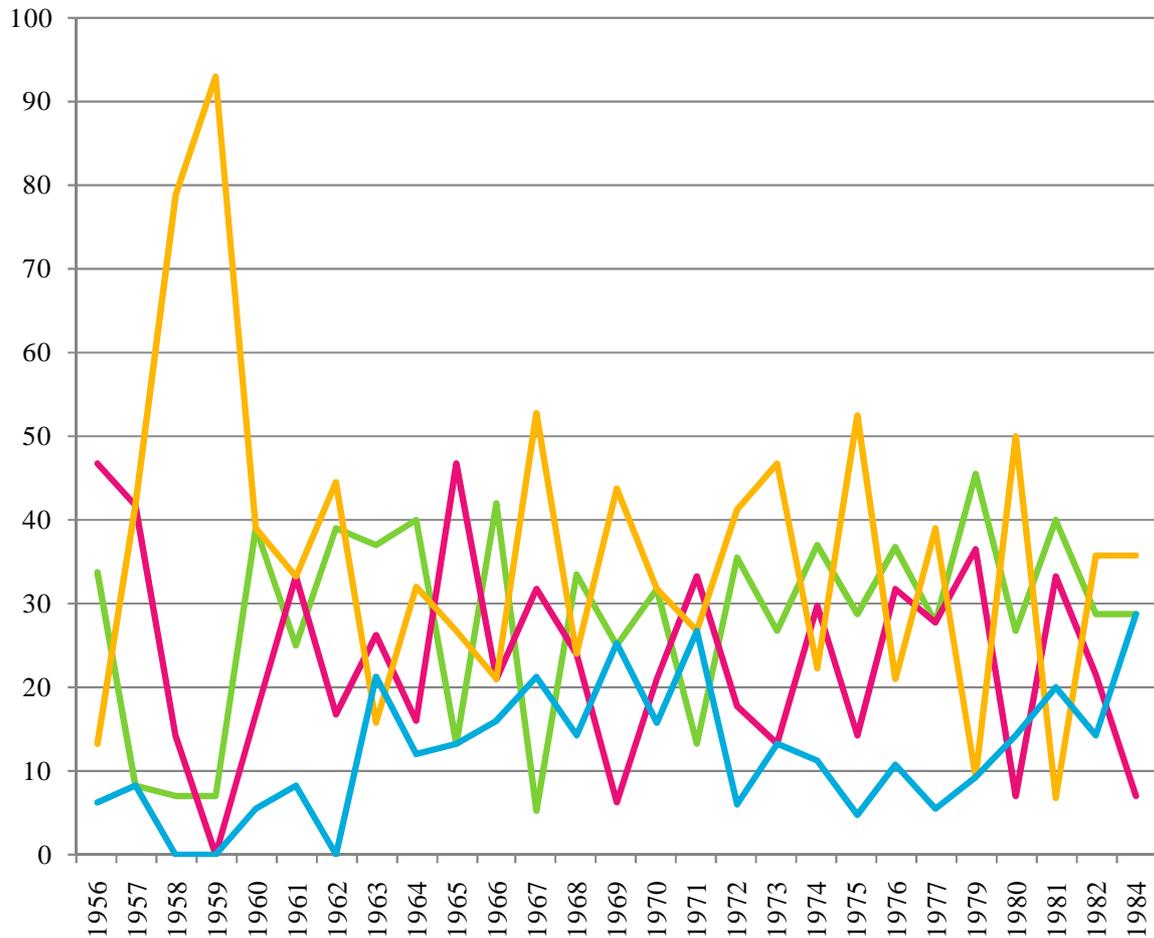
² Le volume de 1978, exclusivement constitué d'une réédition d'articles de Rapoport, n'ayant toutefois pas été pris en compte.

	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Philosophie générale de la recherche systémique	15,8	4	0	0	0	4,8	12,5
Philosophie systémique de la connaissance	0	0	0	0	0	0	0
Nature, fonctions et portée axiologique ou praxéologique Impact socio-politique de la recherche systémique	5,3	0	0	0	0	4,8	0
Épistémologie, méthodologie systémiques	15,8	32	13,3	26,3	5,3	23,8	12,5
Outils formels pour la recherche systémique	0	4	0	15,8	0	4,8	0
« Systèmes généraux » abstraits formalisés	5,3	8	33,3	15,8	0	14,3	0
« Systèmes généraux » abstraits non formalisés	10,5	4	13,3	0	5,3	0	6,3
« Systèmes généraux » transdisciplinairement interprétés sur la base de mathématisations	0	4	0	0	15,8	4,8	0
« Systèmes généraux » transdisciplinairement interprétés sans mathématisation	10,5	0	0	5,3	10,5	4,8	0
Approches et modèles systémiques généraux en dynamique des populations et écologie	0	12	0	0	0	0	0
Approches et modèles systémiques généraux en biologie (physiologie, évolution, génétique, neurologie, etc.)	0	0	0	10,5	5,3	0	0
Approches et modèles systémiques généraux en « sciences du comportement », orientation : sociologie, économie	0	8	20	10,5	10,5	0	6,3
Approches et modèles systémiques généraux en « sciences du comportement », orientation : sciences politiques	15,8	8	0	0	10,5	14,3	25
Approches et modèles systémiques généraux en « sciences du comportement », orientation : psychologie, psychiatrie	0	4	6,7	0	15,8	0	0
Théorisations générales de l'organisation (sociale)	0	0	0	0	0	4,8	12,5
Approches et modèles systémiques généraux en ingénierie des systèmes (contrôle, informatique, robotique, etc.)	0	0	0	0	0	4,8	0
Approches systémiques de l'éducation	0	0	0	0	0	0	0
Traitement systémique de problèmes biologiques ou médicaux spécifiques	0	0	0	5,3	5,3	9,5	0
Traitement systémique de problèmes sociologiques, psychologiques ou économiques spécifiques	0	0	6,7	5,3	15,8	0	12,5
Traitement systémique de problèmes politiques spécifiques	15,8	4	0	5,3	0	4,8	6,3
Modèles systémiques d'organisations sociales spécifiques	0	4	0	0	0	0	0
Résolution de problèmes organisationnels spécifiques	5,3	4	0	0	0	0	0
Résolution de problèmes de prise de décision spécifiques	0	0	6,7	0	0	0	0
Résolution de problèmes spécifiques en ingénierie des systèmes (contrôle, informatique, robotique, etc.)	0	0	0	0	0	0	6,3

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
Philosophie générale de la recherche systémique	5,3	0	11,8	0	7,4	4,8	0
Philosophie systémique de la connaissance	0	6,7	5,9	0	0	0	5,3
Nature, fonctions et portée axiologique ou praxéologique Impact socio-politique de la recherche systémique	5,3	0	5,9	0	7,4	0	0
Épistémologie, méthodologie systémiques	15,8	0	11,8	13,3	18,5	4,8	15,8
Outils formels pour la recherche systémique	5,3	6,7	0	13,3	3,7	19,0	15,8
« Systèmes généraux » abstraits formalisés	0	13,3	0	6,7	0	0	10,5
« Systèmes généraux » abstraits non formalisés	21,1	0	0	6,7	18,5	0	15,8
« Systèmes généraux » transdisciplinairement interprétés sur la base de mathématisations	0	6,7	5,9	0	3,7	4,8	0
« Systèmes généraux » transdisciplinairement interprétés sans mathématisation	0	13,3	11,8	0	7,4	9,5	5,3
Approches et modèles systémiques généraux en dynamique des populations et écologie	0	6,7	0	0	0	4,8	5,3
Approches et modèles systémiques généraux en biologie (physiologie, évolution, génétique, neurologie, etc.)	0	0	0	0	0	4,8	5,3
Approches et modèles systémiques généraux en « sciences du comportement », orientation : sociologie, économie	10,5	6,7	17,6	13,3	3,7	14,3	0
Approches et modèles systémiques généraux en « sciences du comportement », orientation : sciences politiques	15,8	6,7	17,6	6,7	11,1	4,8	5,3
Approches et modèles systémiques généraux en « sciences du comportement », orientation : psychologie, psychiatrie	0	0	5,9	26,7	7,4	14,3	5,3
Théorisations générales de l'organisation (sociale)	5,3	6,7	0	0	0	9,5	0
Approches et modèles systémiques généraux en ingénierie des systèmes (contrôle, informatique, robotique, etc.)	0	0	0	0	0	0	0
Approches systémiques de l'éducation	0	6,7	0	6,7	0	0	0
Traitement systémique de problèmes biologiques ou médicaux spécifiques	0	0	0	0	0	0	0
Traitement systémique de problèmes sociologiques, psychologiques ou économiques spécifiques	5,3	6,7	5,9	0	3,7	0	5,3
Traitement systémique de problèmes politiques spécifiques	5,3	6,7	0	0	7,4	4,8	5,3
Modèles systémiques d'organisations sociales spécifiques	0	0	0	0	0	0	0
Résolution de problèmes organisationnels spécifiques	5,3	0	0	6,7	0	0	0
Résolution de problèmes de prise de décision spécifiques	0	0	0	0	0	0	0
Résolution de problèmes spécifiques en ingénierie des systèmes (contrôle, informatique, robotique, etc.)	0	6,7	0	0	0	0	0

	1977	1979	1980	1981	1982	1984
Philosophie générale de la recherche systémique	11,1	27,3	14,3	6,7	14,3	7,1
Philosophie systémique de la connaissance	0	0	0	0	7,1	0
Nature, fonctions et portée axiologique ou praxéologique Impact socio-politique de la recherche systémique	0	0	0	0	7,1	0
Épistémologie, méthodologie systémiques	11,1	9,1	7,1	33,3	0	14,3
Outils formels pour la recherche systémique	5,6	9,1	7,1	0	0	7,1
« Systèmes généraux » abstraits formalisés	22,2	18,2	0	6,7	0	0
« Systèmes généraux » abstraits non formalisés	0	9,1	7,1	0	7,1	7,1
« Systèmes généraux » transdisciplinairement interprétés sur la base de mathématisations	5,6	9,1	0	0	7,1	0
« Systèmes généraux » transdisciplinairement interprétés sans mathématisation	0	0	0	26,7	7,1	0
Approches et modèles systémiques généraux en dynamique des populations et écologie	5,6	0	0	0	0	0
Approches et modèles systémiques généraux en biologie (physiologie, évolution, génétique, neurologie etc.)	5,6	0	0	6,7	0	0
Approches et modèles systémiques généraux en « sciences du comportement », orientation : sociologie, économie	11,1	0	28,6	0	7,1	7,1
Approches et modèles systémiques généraux en « sciences du comportement », orientation : sciences politiques	11,1	0	0	0	7,1	7,1
Approches et modèles systémiques généraux en « sciences du comportement », orientation : psychologie, psychiatrie	0	9,1	7,1	0	0	7,1
Théorisations générales de l'organisation (sociale)	5,6	0	7,1	0	21,4	14,3
Approches et modèles systémiques généraux en ingénierie des systèmes (contrôle, informatique, robotique, etc.)	0	0	7,1	0	0	0
Approches systémiques de l'éducation	0	0	14,3	13,3	7,1	0
Traitement systémique de problèmes biologiques ou médicaux spécifiques	0	9,1	0	0	0	7,1
Traitement systémique de problèmes sociologiques, psychologiques ou économiques spécifiques	5,6	0	0	0	0	0
Traitement systémique de problèmes politiques spécifiques	0	0	0	0	7,1	7,1
Modèles systémiques d'organisations sociales spécifiques	0	0	0	0	0	0
Résolution de problèmes organisationnels spécifiques	0	0	0	6,7	0	14,3
Résolution de problèmes de prise de décision spécifiques	0	0	0	0	0	0
Résolution de problèmes spécifiques en ingénierie des systèmes (contrôle, informatique, robotique, etc.)	0	0	0	0	0	0

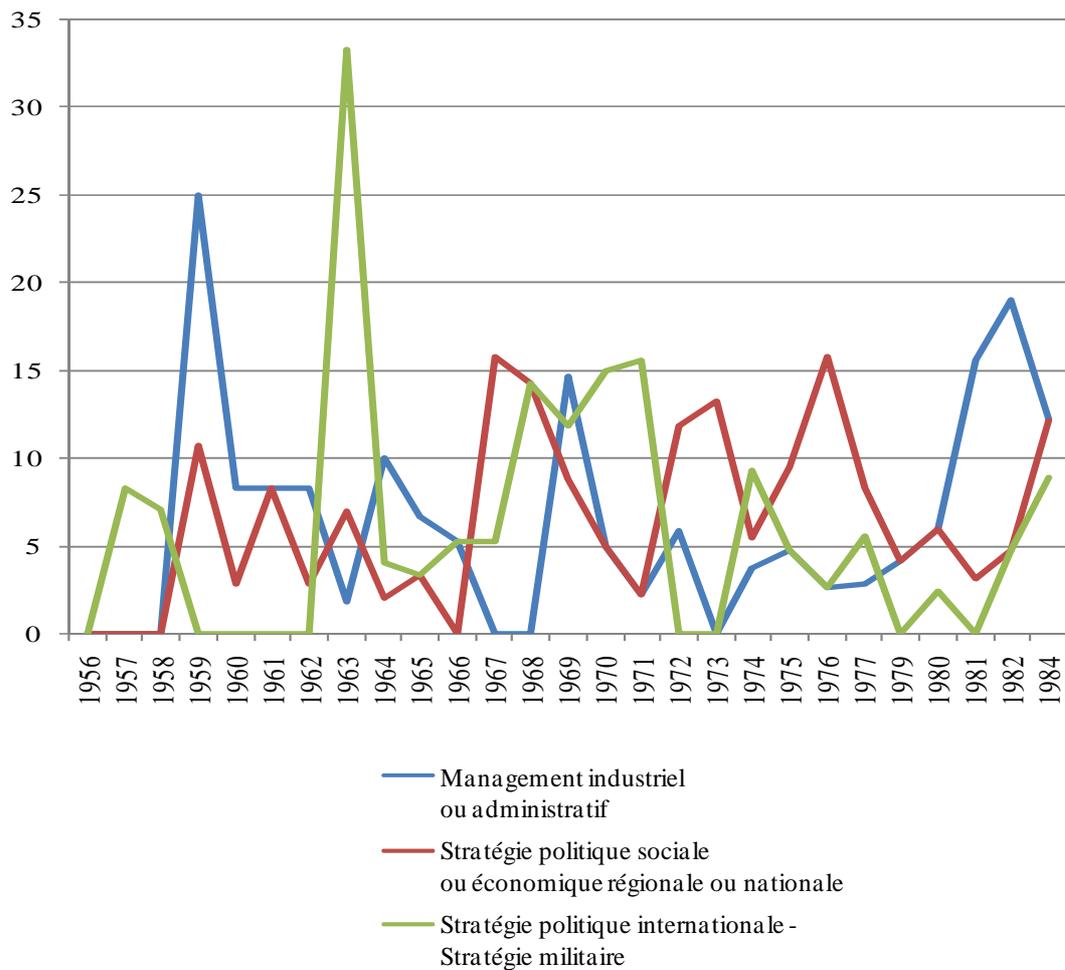
Le graphique qui suit met en parallèle les évolutions respectives des représentativités des quatre grandes classes de thématiques formant la substance de *General Systems* :



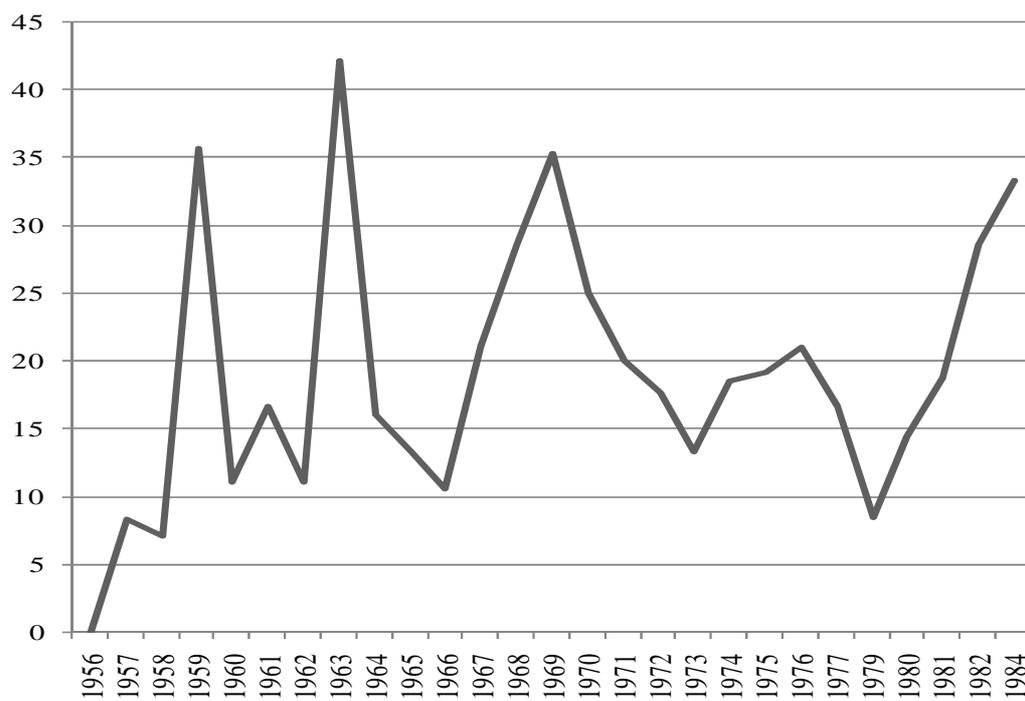
- Questions philosophiques épistémologiques, méthodologiques
- Systèmes généraux
- Approches et modèles systémiques généraux dans des champs disciplinaires particuliers
- Résolutions systémiques de problèmes spécifiques

Le tableau et les deux graphiques qui suivent se focalisent sur la part de la représentation de la « recherche opérationnelle », de l'« analyse des systèmes » et des « sciences du management » dans *General Systems* :

	Management industriel ou administratif	Stratégie politique sociale ou économique régionale ou nationale	Stratégie politique internationale – Stratégie militaire
1956	0	0	0
1957	0	0	8,3
1958	0	0	7,1
1959	25	10,7	0
1960	8,3	2,8	0
1961	8,3	8,3	0
1962	8,3	2,8	0
1963	1,8	7	33,3
1964	10	2	4
1965	6,7	3,3	3,3
1966	5,3	0	5,3
1967	0	15,8	5,3
1968	0	14,3	14,3
1969	14,7	8,8	11,8
1970	5	5	15
1971	2,2	2,2	15,6
1972	5,9	11,8	0
1973	0	13,3	0
1974	3,7	5,5	9,3
1975	4,8	9,5	4,8
1976	2,6	15,8	2,6
1977	2,8	8,3	5,6
1979	4,2	4,2	0
1980	6	6	2,4
1981	15,6	3,1	0
1982	19	4,8	4,8
1984	12,2	12,2	8,9



Le schéma d'évolution de la représentativité totale du pôle considéré est le suivant :



Annexe 4-1-3-2

Quelques éléments sur la théorie mathématique des catégories

Au sens de la théorie mathématique des catégories, une « catégorie » (Γ) est d'abord définie par trois types de données :

- (1) une collection d'objets A, B, C , etc. ;
- (2) une fonction φ définie sur les couples d'objets de (Γ) qui, à tout couple $(A; B)$, associe un ensemble $Mor_{(\Gamma)}(A; B)$ de morphismes (c'est-à-dire encore de transformations ou d'applications) de A vers B ;
- (3) une loi de composition sur (Γ) associant à toute paire $(f; g)$ de morphismes telle que $f \in Mor_{(\Gamma)}(A; B)$ et $g \in Mor_{(\Gamma)}(B; C)$ un morphisme de $Mor_{(\Gamma)}(A; C)$, noté par exemple gf .

Un exemple de catégorie (Γ) est la donnée de l'ensemble des groupes algébriques en tant que collection d'objets, les morphismes de chaque ensemble $Mor_{(\Gamma)}(A; B)$ étant les homomorphismes de groupes¹ de A vers B .

Trois axiomes permettent ensuite de rendre cette définition opérationnelle :

- (i) tout morphisme a exactement un « domaine » et une « étendue » ;
- (ii) la composition des morphismes est associative (c'est-à-dire : pour tous morphismes f, g et $h, h(gf) = (hg)f$) ;
- (iii) il existe un « morphisme identité » i_A de tout objet A sur lui-même, neutre pour la composition de morphismes (c'est-à-dire : pour tout objet A , il existe un morphisme i_A de $Mor_{(\Gamma)}(A; A)$ tel que pour tout autre objet B et pour tous morphismes $f \in Mor_{(\Gamma)}(A; B)$ et $g \in Mor_{(\Gamma)}(B; A)$, $fi_A = f$ et $i_Ag = g$).

Mais la théorie des catégories ne s'arrête pas à « comparer » les divers objets d'une même catégorie (au moyen de morphismes du type $Mor_{(\Gamma)}(A; B)$) : elle généralise cette procédure en « comparant » les catégories elles-mêmes : de là viennent précisément les trois intérêts de cette théorie pour les mathématiques relevés par Mesarović et Takahara.

Le concept central devient ici celui de « foncteur ». Un foncteur F d'une catégorie (Γ) vers une catégorie (Γ') est la donnée sous deux conditions² d'une paire d'applications : l'une, notée ω , associe à tout objet A de (Γ) un objet $\omega(A) = A'$ de (Γ') ; et l'autre, notée μ , associe à tout morphisme f d'un ensemble du type $Mor_{(\Gamma)}(A; B)$ un morphisme $\mu(f) = f'$ de $Mor_{(\Gamma')}(\omega(A); \omega(B))$. La notion d'équivalence entre deux objets A et B peut en particulier être définie précisément dans ce cadre au moyen du concept de foncteur « fidèle », lui aussi défini par deux conditions³ : des morphismes f et g de $Mor_{(\Gamma)}(A; B)$ satisfaisant la seconde d'entre elles sont appelés des « équivalences » des objets A et B . Dans le cas de la catégorie des groupes, les équivalences sont ainsi les isomorphismes de groupes ; tandis que dans celle des espaces topologiques, ce sont les homéomorphismes.

¹ A et B étant deux groupes munis des lois respectives \circ et \times , un homomorphisme f de A vers B est une application de A vers B telle que pour tout couple $(a; a')$ d'éléments de A , $f(a \circ a') = f(a) \times f(a')$.

² À savoir, les notations étant celles définies dans ce qui suit : (i) $\mu(gf) = \mu(g)\mu(f)$ dès que gf est défini et (ii) $\mu(i_A) = i_{\omega(A)}$

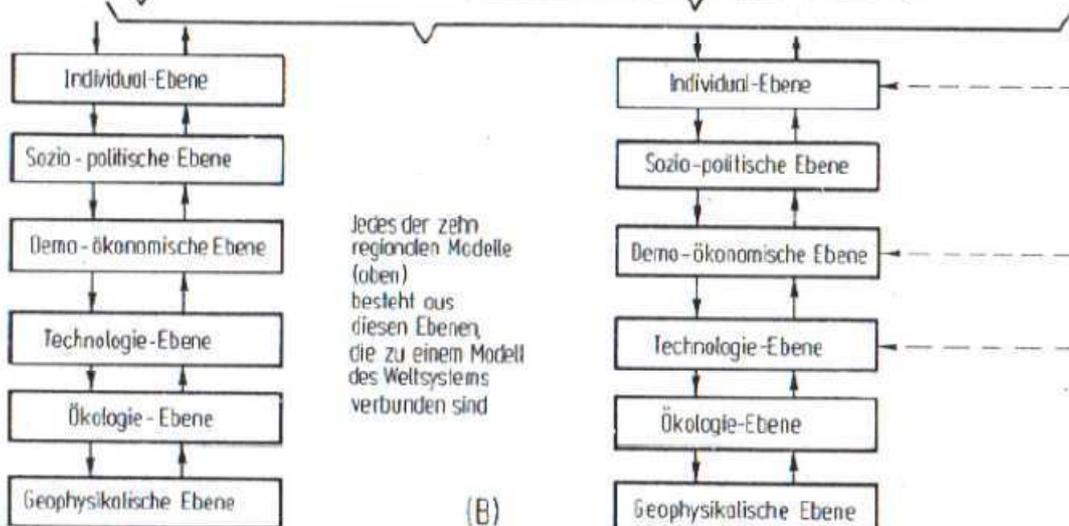
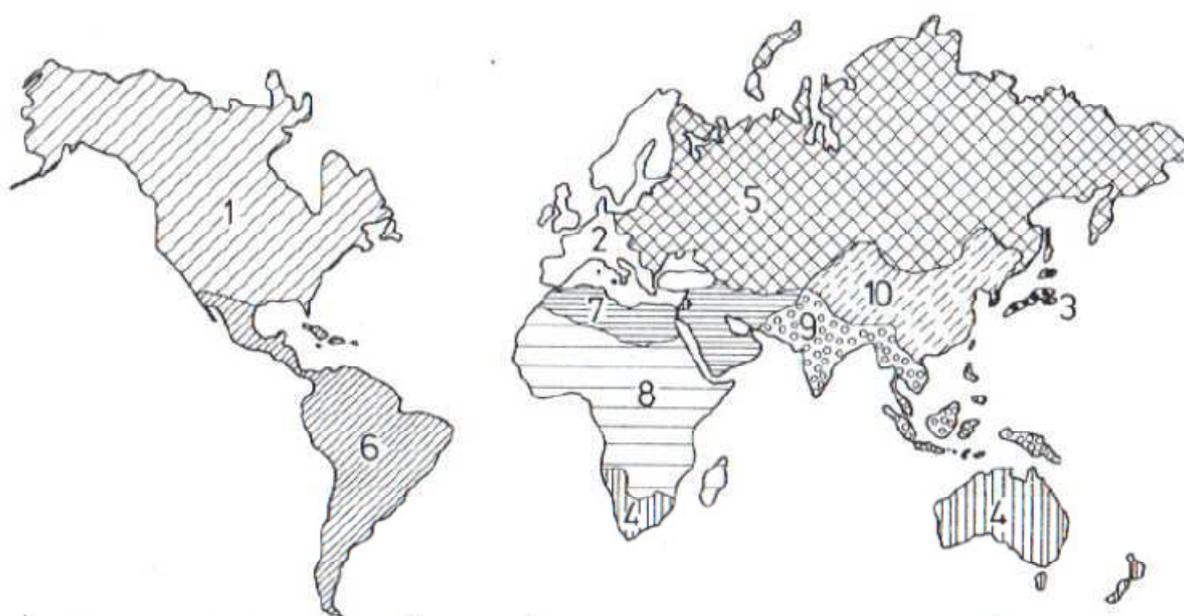
³ À savoir : (i) pour tous f et g dans $Mor_{(\Gamma)}(A; B)$ tels que $\omega(A) = \omega(B)$, $f = g$; et (ii) si $f \in Mor_{(\Gamma)}(A; B)$ et $g \in Mor_{(\Gamma)}(B; A)$ sont telles que $gf = i_A$ et si $\omega(A) = \omega(B)$ et $\mu(f) = i_{\omega(A)}$, alors $A = B$.

Annexe 4-1-5-3

Structure du « modèle-monde » de Mesarović et Pestel¹

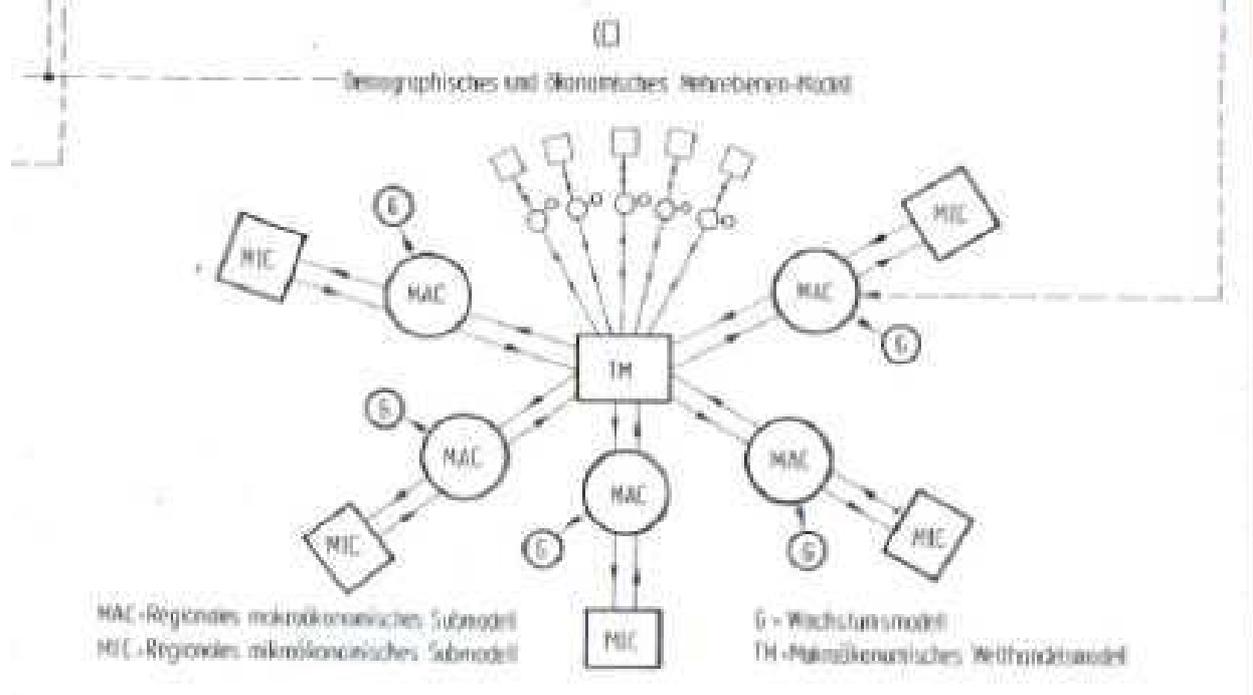
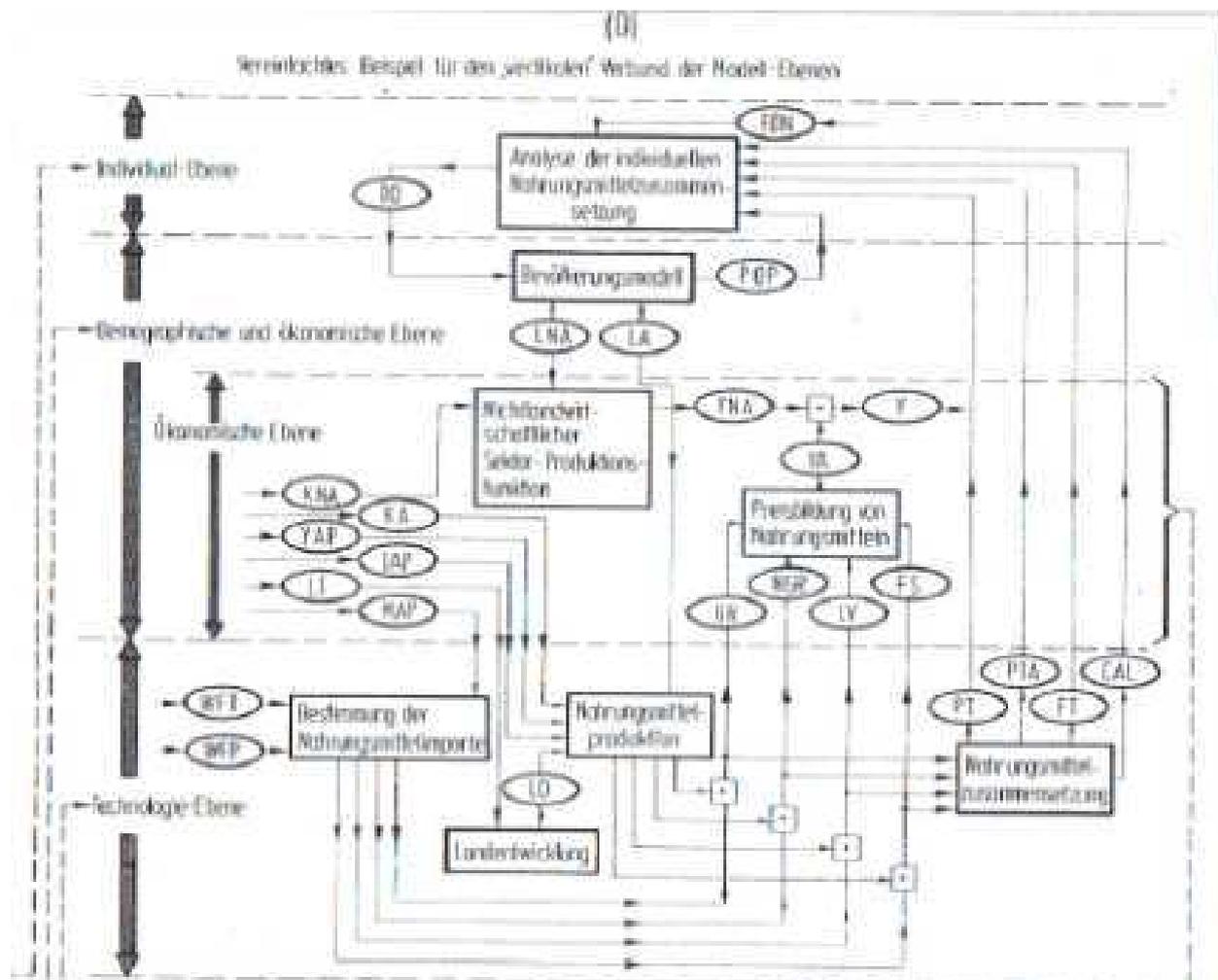
Übersicht und Teilaspekte des Computer-Modells des Weltsystems

(A)



(B)

¹ Mesarović M.D. & Pestel E. (1974), pp. 48-49. Il s'agit de la version en allemand, publiée simultanément à la version anglaise du rapport.



Bibliographie

Sources primaires

Œuvres de Ludwig von Bertalanffy¹

Correspondances et archives personnelles : *Bertalanffy Center for the Study of Systems Sciences (B.C.S.S.S.)*, Department für theoretische Biologie, Universität Wien, Althanstraße 14, 1090 Wien, Österreich.

- (1923) „Deutsche Mystik“, I-III, *Literatur- und Unterhaltungsblatt, Kölnische Zeitung*, 19., 22., 24. Dezember.
- (1924a) „Einführung in Spenglers Werk“, I-VI, *Literatur- und Unterhaltungsblatt, Kölnische Zeitung*, 3., 10., 14., 21. Mai.
- (1924b) „Expressionismus und Klassizismus“, *Zeitschrift für Ästhetik und allgemeine Kunstwissenschaft*, 18, 338-343.
- (1926a) *Fechner und das Problem der Integrationen höherer Ordnung*, Dissertation, Universität Wien.
- (1926b) „Zur Theorie der organischen Gestalt“, *Roux' Archiv für Entwicklungs-Mechanik*, 108, 413–416.
- (1926c) „Hölderlins Empedokles“, *Zeitschrift für Ästhetik und allgemeine Kunstwissenschaft*, 20, 241–248.
- (1926d) „Die Entdeckung des Raumes“, *Zeitschrift für Ästhetik und allgemeine Kunstwissenschaft*, 20, 307–311.
- (1926e) „Max Dvorzak, Kunstgeschichte als Geistesgeschichte“ (revue), *Zeitschrift für Ästhetik und allgemeine Kunstwissenschaft*, 20, 375–381.
- (1926f) „Russische Mystik“, *Literatur- und Unterhaltungsblatt, Kölnische Zeitung*, 13. April.
- (1927a) „Das Problem des Lebens“, *Scientia*, 41, 265–274.
- (1927b) „Die klassische Utopie“, *Preußische Jahrbücher*, 210, 341–357.
- (1927c) „Über die neue Lebensauffassung“, *Annalen der Philosophie und philosophischen Kritik*, 6, 250–264.
- (1927d) „Über die Bedeutung der Umwälzungen in der Physik für die Biologie. Studien über theoretische Biologie II“, *Biologisches Zentralblatt*, 47, 653–662.
- (1927e) „Eine mnemonische Lebenstheorie als Mittelweg zwischen Mechanismus und Vitalismus“, *Biologia Generalis*, 3, 405–410, 1927.
- (1928a) *Kritische Theorie der Formbildung*, Abhandlungen zur theoretischen Biologie, hrsg. v. Julius Schaxel, Heft 27, Berlin, Gebrüder Borntraeger.
- (1928b) „Eduard von Hartmann und die moderne Biologie“, *Archiv für die Geschichte der Philosophie und Sozialwissenschaft*, 38, 153–170.
- (1928c) *Nikolaus von Kues*, München, Georg Müller.
- (1928d) „J. Strzygowski, Die Krisis der Geisteswissenschaft“ (revue), *Zeitschrift für Ästhetik und allgemeine Kunstwissenschaft*, 22, 213–220.
- (1929a) „Vorschlag zweier sehr allgemeiner biologischer Gesetze. Studien über theoretische Biologie III“, *Biologisches Zentralblatt*, 49, 83–111.
- (1929b) „Die Teleologie des Lebens. Eine kritische Erörterung“, *Biologia Generalis*, 5, 379–394.
- (1929c) „Ein Streit um Kant“, *Preußische Jahrbücher*, 215, 152–155.
- (1929d) „Zum Problem der theoretischen Biologie“, *Kantstudien*, 34, 374–390.
- (1929e) „Der heutige Stand des Entwicklungsproblems (L'État actuel du Problème de l'Évolution). Teil I: Die klassischen Theorien ; Teil II: Neuere Anschauungen und die Zukunft der Entwicklungslehre“, *Scientia*, 46, 97–110; 171–182.
- (1929f) „Mythos und Wissenschaft. Betrachtungen zur Philosophie des Als-Ob“, *Zeitschrift für Menschenkunde*, 4, 329–333.

¹ Seules les publications de Bertalanffy utilisées dans cette thèse figurent ici. Pour une bibliographie complète, voir Pouvreau D. (2009b), pp. 199-222.

- (1929g) „Probleme der modernen Metaphysik“, *Münchener neuesten Nachrichten*, März 1..
- (1930a) *Lebenswissenschaft und Bildung*, Erfurt, Kurt Stenger.
- (1930b) „Neue Richtungen der Entwicklungslehre“, *Kosmos – Handweiser für Naturfreunde*, 8, 261-266.
- (1930/1931) „Tatsachen und Theorien der Formbildung als Weg zum Lebensproblem“, *Erkenntnis*, 1, 361–407.
- (1931a) „Bavink B., Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften“, *Biologisches Zentralblatt*, 51, 143-144.
- (1931b) „Woodger J.H. : Biological principles“ (revue), *Biologisches Zentralblatt*, 51, 206-207.
- (1932a) „Vaihingers Lehre von der analogischen Fiktion in ihrer Bedeutung für die Naturphilosophie“, in D. Seidel (ed.), *Die Philosophie des Als-Ob und das Leben. Festschrift zu Hans Vaihingers 80. Geburtstag*, Berlin, Reuther & Reichard, 82-91 (version anglaise dans Bertalanffy L. von (1975), 67-73).
- (1932b) *Theoretische Biologie – Band I: Allgemeine Theorie, Physikochemie, Aufbau und Entwicklung des Organismus*, Berlin, Gebrüder Bornträger
- (1933a) „Physikalisch-chemische Theorie des Wachstums“, *Biologisches Zentralblatt*, 53, 639–645.
- (1933b) „Betrachtungen über einige Probleme der Morphologie“, *Biologia Generalis*, 9, 70–84.
- (1933c) „Das organismische Weltbild“, *Preußische Jahrbücher*, 234, 252–261.
- (1933d) „Was ist das Leben ? Gedanken im Anschluss an neue Forschungsergebnisse über den Bau des Protoplasmas“, *Naturforscher*, 10, 119–120.
- (1933e) „Bünning E. : Mechanismus, Vitalismus und Teleologie“ (revue), *Biologisches Zentralblatt*, 53.
- (1934a) „Untersuchungen über die Gesetzlichkeit des Wachstums I. Allgemeine Grundlagen der Theorie. Mathematisch-physiologische Gesetzlichkeiten des Wachstums bei Wassertieren“, *Roux' Archiv für Entwicklungs-Mechanik*, 131, 613–652.
- (1934b) „Wandlungen des biologischen Denkens“, *Neue Jahrbücher für Wissenschaft und Jugendbildung*, 10, 339–366.
- (1934c) „Wesen und Geschichte des Homologiebegriffes“, *Unsere Welt*, 28, 161–168 (traduit par Bertalanffy L.von, in (1975), pp. 85-96).
- (1937a) „Biologische Gesetzlichkeit im Lichte der organismischen Auffassung“, *Travaux du IX^e Congrès International de Philosophie (Congrès Descartes, 1936)*, Paris, Hermann, 1937, 158–164.
- (1937b) *Das Gefüge des Lebens*, Leipzig, Teubner.
- (1937c) „Die ganzheitliche Auffassung der Lebenserscheinungen“, in Sihle M. & Utitz E. (ed.), *Kongress für synthetische Lebensforschung. Verhandlungsbericht über die Aussprache zwischen Ärzten, Biologen, Psychologen und Philosophen* (Marienbad 1936), Prag, Calve, 100–117.
- (1938) “A quantitative theory of organic growth. Inquiries on growth laws II”, *Human Biology*, 10, 181–213.
- (1939) “Einleitung des Herausgebers”, in D’Ancona U., *Der Kampf ums Dasein*, Abhandlungen zur exakten Biologie, 1, III-VII.
- (1940a) *Vom Molekül zur Organismenwelt – Grundfragen der modernen Biologie*, Potsdam, Akademische Verlagsgesellschaft Athenaion.
- (1940b) „Der Organismus als physikalisches System betrachtet“, *Die Naturwissenschaften*, 28, 521–531.
- (1941a) „Probleme einer dynamischen Morphologie. Untersuchungen über die Gesetzlichkeit des Wachstums IV“, *Biologia Generalis*, 15, 1–22.
- (1941b) „Wachstumsgradienten und metabolische Gradienten bei Planarien. Untersuchungen über die Gesetzlichkeit des Wachstums V“, *Biologia Generalis*, 15, 295–311.
- (1941c) „Stoffwechselformen und Wachstumstypen. Untersuchungen über die Gesetzlichkeit des Wachstums VII“, *Biologisches Zentralblatt*, 61, 510–532.
- (1941d) „Die organismische Auffassung und ihre Auswirkungen“, *Der Biologe*, 10, 247–258, 337–345.
- (1942) *Theoretische Biologie – Band II : Stoffwechsel, Wachstum*, Berlin, Gebrüder Bornträger.
- (1943a) „Das Wachstum in seinen physiologischen Grundlagen und seiner Bedeutung für die Entwicklung mit besonderer Berücksichtigung des Menschen“, *Zeitschrift für Rassenkunde*, 13, 277–290.

- (1943b) „Jordan P. : Physik und die Geheimnisse des organischen Lebens“ (revue), *Die Naturwissenschaften*, 31, 23–24.
- (1944) „Bemerkungen zum Modell der biologischen Elementareinheiten“, *Die Naturwissenschaften*, 32, 26–32.
- (1945) „Zu einer allgemeinen Systemlehre“, *Blätter für deutsche Philosophie*, 18, 3/4, 1945 (non publié, mais disponible au B.C.S.S.S.).
- (1946a) *Biologie und Medizin*, Wien, Springer.
- (1946b) „Botanik und Zoologie in Österreich – Aus der Geschichte der Naturwissenschaft“, in *Universum. Österreichische Monatszeitschrift für Natur, Technik und Wirtschaft*, Gesellschaft für Natur, Technik und Wirtschaft, 1, Wien, 79–84.
- (1947) „Vom Sinn und der Einheit der Naturwissenschaften. Aus einem Vortrag von Prof. Dr. Ludwig von Bertalanffy“, *Der Student* (Wien), 2, 7/8, 10–11.
- (1948a) „Das Weltbild der Biologie“, in Moser S. (ed.), *Weltbild und Menschenbild, III. Internationale Hochschulwochen des österreichischen College in Alpbach*, Salzburg, Tyrolia, 251–274.
- (1948b) „Arbeitskreis Biologie“, in Moser S. (ed.), *Weltbild und Menschenbild, III. Internationale Hochschulwochen des österreichischen College in Alpbach*, Salzburg, Tyrolia, 355–357.
- (1948c) „Das organische Wachstum und seine Gesetzmäßigkeiten“, *Experientia*, 4, 255–269.
- (1949a) “Problems of organic growth”, *Nature*, 163, 156–158, 1949(a).
- (1949b) „Zu einer allgemeinen Systemlehre“, *Biologia Generalis*, 195, 114–129.
- (1949c) “Open systems in physics and biology. Ilya Prigogine : Etude thermodynamique des phénomènes irréversibles” (revue), *Nature*, 163, 384.
- (1949d) „Goethes Naturauffassung“, *Atlantis*, 8, 357–363.
- (1949e) *Das biologische Weltbild – Die Stellung des Lebens in Natur und Wissenschaft*, Bern, Francke AG.
- (1950a) “The theory of open systems in physics and biology”, *Science*, 111, 23–29.
- (1950b) “An outline of General System Theory”, *British Journal for the Philosophy of Science*, 1, 134–165.
- (1951a) “Metabolic types and growth types”, *American Naturalist*, 85, 111–117.
- (1951b) “General System Theory: A new approach to unity of science” *Human Biology*, 23 (1. “Problems of General Systems Theory”, 302-312 ; 5. “Conclusion”, 336-345 ; 6. “Toward a physical theory of organic teleology – Feedback and dynamics”, 346-361).
- (1951c) “Theoretical models in biology and psychology”, *Journal of Personality*, 20, 24–38, 1951.
- (1951d) *Auf den Pfaden des Lebens – Ein biologisches Skizzenbuch*, Frankfurt/Main, Umschau Verlag.
- (1951e) (avec Pirozynski W.J.) “Tissue respiration and body size”, *Science*, 113, 599–600 & 114, 306–307.
- (1952a) “On the logical status of the theory of evolution”, *Laval Théologique et Philosophique*, 8, 161–168.
- (1952b) (avec Pirozynski W.J.) “Ontogenetic and evolutionary allometry”, *Evolution*, 6, 387–392.
- (1953a) “Philosophy of science in scientific education”, *Scientific Monthly*, 77, 233–239.
- (1953b) (avec Pirozynski W.J.) “Tissue respiration, growth and basal metabolism”, *Biological Bulletin*, 105, 240–256.
- (1953c) *Biophysik des Fließgleichgewicht – Einführung in die Physik offener Systeme und ihre Anwendung in der Biologie*, Braunschweig, Vieweg & Sohn (2^{nde} édition complétée avec Beier W. & Laue R., 1977).
- (1954a) “The biophysics of the steady state of the organism”, *Scientia*, 48, 361–365.
- (1954b) „Biophysik auf neuen Bahnen“, *Naturwissenschaftliche Rundschau*, 7, 418–420.
- (1954c) “Rudolf Virchow, 1821-1902”, *The Canadian Medical Association Journal*, 70, 581.
- (1955a) “General Systems Theory”, *Main Currents in Modern Thought*, 11, 75–83, 1955(a).
- (1955b) “An essay on the relativity of categories”, *Philosophy of Science*, 225, 243–263.

- (1955c) „Die Evolution der Organismen“, in Schlemmer J., *Schöpfungsglaube und Evolutionstheorie*, Stuttgart, Kröner, 53-66.
- (1956a) “A biologist looks at human nature”, *Scientific Monthly*, 82, 33–41, 1956(a).
- (1956b) (avec Naroll R.S.) “The principle of allometry in biology and the social sciences”, *General Systems*, 1, 76–89.
- (1956c) „Die Beiträge der Systemtheorie zum Wissenschaftsdenken der Gegenwart“, *RIAS, Funk-Universität, Sendung am Dienstag 02.10*, Berlin, 1-10 (non publié, disponible au B.C.S.S.S.).
- (1956d) “Some considerations on Psychobiological Development (Quelques considerations sur le développement psycho-biologique)”, Paper read at the Study Groups on the Psychobiological Development of the Child, *World Health Organisation*, Geneva, WHO/PDC/11, 1-22 (non publié, disponible au B.C.S.S.S.).
- (1956e) “Some considerations on growth in its physical and mental aspects”, *Merrill-Palmer Quarterly*, 3, 13–23.
- (1956f) „Das Monopol des Menschen – Vom Sinn unserer biologischen Existenz“, *Stuttgarter Zeitung* (Sonntagsbeilage), 1.12.
- (1957a) “Semantics and General System Theory”, *General Semantics Bulletin*, 20/21, 41–45.
- (1957b) „Moderne Forschung und Wissenschaftsbetrieb“, *Deutsche Universitätszeitung*, 12, 4–5.
- (1957c) „Allgemeine Systemtheorie. Wege zu einer Mathesis universalis“, *Deutsche Universitätszeitung*, 12, 8–12.
- (1957d) „Mutation und Evolution“, in Schlemmer J. (ed.), *Genetik - Wissenschaft der Entscheidung*. Das Heidelberger Studio. Eine Sendereihe des Süddeutschen Rundfunks, Stuttgart, Kröner, 103–116.
- (1957e) “The significance of psychotropic drugs for a theory of psychosis”, Paper read at the study group on ataractics and hallucinogenics, *World Health Organization*, Geneva, WHO/AHP/2, 1–35 (in *Ataractic and hallucinogenic drugs in psychiatry. Report of a Study Group*, Geneva, WHO-Technical Report Series, 152).
- (1957f) “Psychobiological development of the child”, *Science*, 125, 125.
- (1957g) “Modern concepts on Biological Adaptation”, in Mc Chandler Brooks C. & Cranefield P.F. (eds.), *The Historical Development of Physiological Thought*, New York, Hofner (1959), 265–286.
- (1958a) „Die biologische Sonderstellung des Menschen“, in Schlemmer J. (ed.), *Die Freiheit der Persönlichkeit*, Das Heidelberger Studio. Eine Sendereihe des Süddeutschen Rundfunks, Stuttgart, Kröner, 7–21.
- (1958b) “Comments on aggression”, *Bulletin of the Menninger Clinic*, 22, 50–57.
- (1960a) “The psychopathology of scientism”, in Schoeck H. & Wiggins J.W. (eds.), *Scientism and Values*, Princeton, NJ, Nostrand, 202–218.
- (1960b) „Allgemeine Systemtheorie und die Einheit der Wissenschaften“, *Atti del XII Congresso Internazionale di Filozofia*, 5, Firenze, 55–61.
- (1960c) „Neue Wege biologisch-medizinischen Denkens“, Festvortrag, Artzliches Collegium, Regensburg, 1-20 (disponible au B.C.S.S.S.)
- (1960d) “A new method for cytological diagnosis of pulmonary cancer” (avec Bertalanffy F. von), *Annals of the New York Academy of Sciences*, 84, 225–238.
- (1962a) “General System Theory - A critical review”, *General Systems*, 7, 1–20, 1962(a)
- (1962b) “Democracy and elite : The educational quest”, *Main Currents in Modern Thought*, 195, 31–36.
- (1962c) “Modern paths of biologico-medical thought”, *Yale Scientific Magazine*, Dec. (disponible au B.C.S.S.S.)
- (1964a) “The World of science and the world of value”, *Teachers College Record*, 65, 6, 496-507.
- (1964b) “Biophysics of open systems“, *Gemeinsame Tagung der Deutschen Gesellschaft für Biophysik e.V., der Österreichischen Gesellschaft für reine und angewandte Biophysik und der Schweizerischen Gesellschaft für Strahlenbiologie*, Wien, 14.-16.9.1964, Tagungsbericht : Comp. Wiener, 1–9 („Die Biophysik offener Systeme“, *Naturwissenschaftliche Rundschau*, 18, 467–469“).
- (1964c) “The mind-body problem : A new view”, *Psychosomatic Medicine*, 26, 29–45 (référéncé dans la thèse à partir du texte original dactylographié : 1-20).

- (1964d) “Basic concepts in quantitative biology of metabolism”, in *Quantitative Biology of Metabolism-First International Symposium*, Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, 9, 5–37.
- (1965a) “On the definition of symbol”, in Royce J.R. (ed.), *Psychology and the Symbol. An Interdisciplinary Symposium*, New York, Random House, 26–72.
- (1965b) „Zur Geschichte theoretischer Modelle in der Biologie“, *Studium Generale*, 18, 290–298.
- (1965c) “General System Theory and psychiatry”, in Arieti S. (ed.), *American Handbook of Psychiatry*, vol. 3, New York, Basic Books, 705–721, 1965(c) (2nd éd. : 1096-1117, 1974).
- (1966a) „Biologie und Erforschung des Lebens“, *Bild der Wissenschaft*, 3, 708–719.
- (1966b) “Mind and body re-examined”, *Journal of Humanistic Psychology*, 6, 113–138.
- (1966c) « Histoire et méthodes de la théorie générale des systèmes », *Atomes*, 21, 100–104.
- (1967a) *Robots, Men and Minds*, New York, Braziller.
- (1967b) “General Theory of Systems : Application to psychology”, *Social Science Information*, 6, 125–136.
- (1967c) “General System Theory and psychiatry - an overview”, *American Psychiatric Association 176, Annual Meeting*, 33-46 (disponible au B.C.S.S.S.)
- (1968a) *General System Theory – Foundations, Development, Applications*, New York, Braziller.
- (1968b) *Organismic Psychology and System Theory*, Worcester, Clark university Press.
- (1968c) „Symbolismus und Anthropogenese“, in Rensch B. (ed.), *Handgebrauch und Verständigung bei Affen und Frühmenschen, Symposium der Werner-Reimers-Stiftung für anthropogenetische Forschung*, Bern-Stuttgart, 131–148.
- (1968d) „Das Modell des offenen Systems“, *Nova Acta Leopoldina*, 33, 73–87.
- (1968e) “General Systems Theory and a new view of the nature of man” (revue), *American Psychiatric Association, Annual Meeting, Psychiatric Spectator*, 5, 13–14 (référéncé dans la thèse à partir du texte original dactylographié, 1-11).
- (1969) “Chance or law”, in Koestler A. & Smithies J.R. (eds.), *Beyond Reductionism. The Alpbach Symposium. New perspectives in the life sciences*, London, Hutchinson, 56–84.
- (1970a) “General System Theory and psychology”, in Royce J.R. (ed.), *Toward Unification of Psychology*, Toronto, University Press, 220–223.
- (1970b) „Leben“, in Kernig D. (ed.), *Sowjetsystem und Demokratische Gesellschaft. Eine vergleichende Enzyklopädie*, Freiburg-Basel-Wien, Herder, 1373–1384.
- (1970c) „Biologie und Weltbild“, in Lohman M. (ed.), *Wohin führt die Biologie ? Ein interdisziplinäres Kolloquium*, München, Carl Hanser Verlag, 13-31.
- (1971a) “Cultures as systems – Toward a critique of historical reason” (Paper presented at the Annual Meeting of the American Historical Association, New York, 29.12.1971), reproduit in (1975), 74-84.
- (1971b) “System, symbol and the image of man (Man’s immediate socio-ecological world)”, in Galdston (ed.), *The Interface Between Psychiatry and Anthropology*, New York, Brunner-Mazel, 88–119.
- (1971c) “Body, mind, and values”, in Laszlo E. & Wilbut J.B. (eds.), *Human Values and the Mind of Man. Proceedings of the Fourth Conference on Value Inquiry*, London-New York, Gordon and Breach, 33–47.
- (1972a) “The history and status of General Systems Theory”, in Klir G. (ed.), *Trends in General Systems Theory*, New York, Wiley, 21–41.
- (1972b) „Vorläufer und Begründer der Systemtheorie“, in Kurzrock R. (ed.), *Systemtheorie. Forschung und Information*, Schriftenreihe der RIAS-Funkuniversität, Berlin, Colloquium Verlag, 17–27 (référéncé dans la thèse à partir du manuscrit dactylographié original, 2-14).
- (1972c) “Humanism and Antihumanism in the present age”, *The Humanist*, Sept./Oct., 14.
- (1972d) “The quest for systems philosophy”, *Metaphilosophy*, vol. 3, n°2, 142-145.
- (1972e) “Response”, in Laszlo E., *The relevance of General Systems Theory – Papers presented to L. von Bertalanffy on his 70th birthday*, New York, Braziller, 181-191.

- (1972f) "Foreword", in Laszlo E., *Introduction to systems philosophy*, New York, Gordon & Breach,
- (1975) *Perspectives on General System Theory – Scientific-Philosophical Studies*, Edgar Taschdjian (ed.), New York, Braziller (posthume)
- (1977) "The role of systems theory in present day science, technology and philosophy", in Schaefer K.E., Hensel H. & Brady R. (eds.), *A new image of man in medicine*, vol. 1, Mt. Kisco, New York, Futura, 11–15 (posthume).

Autres sources primaires

- Abel O. (1928) „Das biologische Trägheitsgesetz“, *Biologia Generalis*, 4, 1-103.
- Abel J. (1945) « Définition cinématique des oscillations de relaxation », *Journal de physique*, 6, 4, 96-103.
- Ackoff R.L.
- (1959) "Games, decisions and organizations", *General systems*, 4, 145-150.
- (1960) "Systems, organizations and interdisciplinary research", 5, 1-8.
- (1963) "General system theory and systems research: contrasting conceptions of systems science", *General systems*, 8, 117-122.
- (1968) "Towards a behavioral theory of communication", in Buckley W. (ed.), *Modern systems research for the behavioral scientist*, Chicago, Aldine Publishing Company, 209-218.
- (1971) "Towards a system of systems concepts", *Management Sciences*, 17, 11, 661-671.
- (1973) "Science in the systems age: beyond IE., OR and MS", in Klir G.J. (2000), *Facets of systems science*, New York, Kluwer, 661-671.
- (1974) "The systems revolution", *Long Range Planning*, 7, 2-20.
- (1979) "The future of operational research is past", *General systems*, 24, 241-254.
- Ackoff R.L., Emery F.E. (1972) "On ideal-seeking systems", *General systems*, 17, 17-24.
- Afanasjew W.G. (1962) „Über Bertalanffys *organismische Konzeption*“, *Deutsche Zeitschrift für Philosophie*, 8, 1033-1046.
- Agassi J. (1960) "Methodological individualism", *British Journal of the Philosophy of Science*, 11, 244-270.
- Allen K.R. (1973) "Application of the Bertalanffy growth equation to problems of fisheries", Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 623-642.
- Allport G.W. (1968) "The open system in personality theory", in Buckley W. (ed.), *Modern systems research for the behavioral scientist*, Chicago, Aldine Publishing Company, 343-350.
- Alverdes F.
- (1931) „Die Frage nach der Ganzheitlichkeit in den Verhaltensweisen der Tiere“, *Biologia Generalis*, 7, 313-333
- (1936) „Organismus und Holismus – Neuere theoretische Strömungen in der Biologie“, *Der Biologe*, 4, 121-128.
- (1937a) „Kausalität, Finalität und Ganzheit“, *Acta Biotheoretica*, 3, 167-179.
- (1937b) (mit Kriek E.) „Zwiesgespräch über völkisch-politische Anthropologie und biologische Ganzheitsbetrachtung“, *Der Biologe*, 6, 49-55.
- (1999) *The social life in the animal world*, London, Routledge.
- Ampère A.M. (1843) *Essai sur la philosophie des sciences, ou exposition analytique d'une classification naturelle de toutes les connaissances humaines*, Paris, Bachelier.
- Anderle O.F.
- (1956) „Giambattista Vico als Vorläufer einer morphologischen Geschichtsbetrachtung“, *Die Welt als Geschichte*, 2, 85-97.
- (1958) „Theoretische Geschichte“, *Historische Zeitschrift*, 185/1, 1-54.
- (1960) „Arnold J. Toynbee und die Problematik der geschichtlichen Sinndeutung“, *Die Welt als Geschichte*, 3, 143-156.
- (1961) „Die Monadologie G.W. Leibniz' – Modellfall einer allgemeinen Ganzheitstheorie in nuce“, *Zeitschrift für Ganzheitsforschung*, 5, 149-161.
- Andersen E.B., Fischer A. (1929) „Über die Wachstums- und Hemmungsfunktion bei Gewebekulturen in vitro“, *Roux Archiv*, 114, 26-51.

- Angyal A. (1969) "A logic of systems", in Emery F.E., *Systems thinking – Selected readings*, Penguin, 17-29.
- Anokhin P.K. (1968) "The functional system as a unit of organism integrative activity", in Mesarović M.D., *Systems theory and biology*, Berlin, Heidelberg, New York, Springer, 376-403.
- Apostel L.
 (1961) "Towards the formal study of models in the non-formal sciences", in Freudenthal H. (ed.), *The concept and the role of the model in mathematics and natural and social sciences*, New York, Gordon & Breach, 1-37.
 (1970) « Structuralisme et théorie des systèmes », *Annales de l'Institut de Philosophie*, 163-171.
- Arrow K.J.
 (1956) "Mathematical models in the social sciences", *General systems*, 1, 29-47.
 (1974) *The limits of organization* New York, Norton & Company.
- Ashby W.R.
 (1952a) "Can a mechanical chessplayer outplay its designer ?", *British Journal for the Philosophy of Science*, 3, 44-57.
 (1952b) *Design for a brain – The origin of adaptive behaviour*, London, Chapman & Hall.
 (1955/1956) "Review of *Biophysik des Fließgleichgewicht* by Ludwig von Bertalanffy", *British Journal of the Philosophy of Science*, 6, 255-256.
 (1956) *An introduction to cybernetics*, London, Chapman & Hall.
 (1958) "General systems theory as a new discipline", *General Systems*, 3, 1-6.
 (1962) "Principles of the self-organizing system", in Foerster H. von, Zopf G.W. (ed.), *Principles of self-organization*, Oxford, London, New York, Paris, Pergamon Press, 255-278.
 (1963) "Cybernetics today and its future contribution to the engineering sciences", *General systems*, 8, 207-212.
 (1964) "The set theory of mechanism and homeostasis", *General systems*, 9, 83-98.
 (1972) "Systems and their informational measures", in Klir G.J. (ed.), *Trends in general systems theory*, New York, Wiley, 78-97.
- Atlan H.
 (1979) *Entre le cristal et la fumée – Essai sur l'organisation du vivant*, Paris, Seuil.
 (1999) *La fin du « tout génétique » ?*, Paris, I.N.R.A.
- Auerbach F. (1910) *Ektropismus oder die physikalische Theorie des Lebens*, Leipzig, Wilhelm Engelmann.
- Ayer A.J. (1959) *Logical positivism*, New York, The Free Press.
- Bahm A.J.
 (1969) "Systems theory: hocus pocus or holistic science?", *General systems*, 14, 175-178.
 (1973) "General systems theory as philosophy", *General systems bulletin*, 4, 2.
- Băianu I., Marinescu M. (1968) "Organismic supercategories: I. proposals for a general unitary theory of systems", *Bulletin of mathematical biophysics*, 30, 625-635.
- Ballauff T. (1940) „Über das Problem der autonomen Entwicklung im organischen Seinsbereich“, *Blätter für deutsche Philosophie*, 14, 55-80.
- Bapp K. (1921) *Aus Goethes griechischer Gedankenwelt*, Leipzig, Dieterich'sche Verlagsbuchhandlung.
- Battista J.R. (1977) "The holistic paradigm and general systems theory", *General systems*, 22, 65-72.
- Baumgartner T. & al. (1976) „Open systems and multi-level processes: implications for social research“, *International Journal of General Systems*, 3, 25-42.
- Bavink B.
 (1932) „Eugenik und Weltanschauung“, *Der Biologe*, 2, 58-62.
 (1949) *Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften*, Zürich, Hirzel.
- Becher E.
 (1914) *Naturphilosophie*, Leipzig, Teubner.
 (1917) *Die Fremddienlichkeit der Pflanzengallen und die Hypothese eines überindividuellen Seelischen*, Leipzig, Veit.
- Beer S.
 (1960) "Below the twilight arch", *General systems*, 5, 9-20.
 (1962) "Towards the cybernetic factory", in Foerster H. von, Zopf G.W. (ed.), *Principles of self-organization*, Oxford, London, New York, Paris, Pergamon Press, 25-89.

- Beier W., Laue R. (1973) "On the mathematical formulation of open systems and their steady states", Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 479-494.
- Bendmann A.
 (1963) „Die organismische Auffassung Bertalanffys“, *Deutsche Zeitschrift für Philosophie*, 11, 216-222.
 (1967) *L. von Bertalanffys organismische Auffassung des Lebens in ihren philosophischen Konsequenzen*, Jena, Gischer.
 (1973) „Materialism and biology today“, in Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 107-116.
- Bergson H.
 (1939) *La pensée et le mouvant*, Paris, Alcan.
 (1940) *L'énergie spirituelle*, Paris, P.U.F.
 (2003) *L'évolution créatrice*. Paris, P.U.F.
- Berkeley G. (1991) *Principes de la connaissance humaine*, Paris, Flammarion.
- Berlinski D. (1978) "Adverse notes on systems theory", in Klir G.J. (ed.), *Applied general systems research*, New York, Plenum, 949-960.
- Bernard C. (1984) *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, Paris, Champs-Flammarion.
- Bertalanffy F. von (1973) "The biological basis of cytological cancer diagnosis", Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 739-764.
- Bierman A. (1954) "A note on the thermodynamics and kinetics of open and steady state systems", *Bulletin of mathematical biophysics*, 16, 97-101.
- Black M. (1963) *Models and metaphors*, Ithaca, New York, Cornell University Press.
- Blauberg I.V., Sadovsky V.N., Yudin E.G.
 (1973) "Some problems of general systems development", Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 245-270.
 (1980) "The systemic approach: prerequisites, problems and difficulties", *General systems*, 25, 1-34.
- Bleicher K. (1972) (ed.) *Organisation als System*, Wiesbaden, Gabler.
- Bleuler E. (1925) *Die Psychoide als Prinzip der organischen Entwicklung*, Berlin, Springer.
- Bode H., Mosteller F., Tukey F. & Winsor C. (1949) „The education of a Scientific Generalist“, *Science*, 109, 553-559.
- Bohr N.
 (1960) "Quantum physics and biology", in *Models and analogues in biology*, Symposia of the Society for experimental biology, 14, Cambridge University Press, 1-5.
 (1993) *La théorie atomique et la description des phénomènes*, Paris, Gabay.
- Boltzmann L. (1974) "Model", in Brian McGuinness (ed.), *Ludwig Boltzmann: Theoretical Physics and Philosophical Problems, Selected Writings*, Dordrecht, Reidel, 211-220.
- Born M. (1956) *Physik und Metaphysik*, Braunschweig Vieweg.
- Boudon R. (1968) *À quoi sert la notion de "structure"?*, Paris, Gallimard.
- Boulding K.E.
 (1950) *A reconstruction of economics*, New York, Wiley.
 (1952) "Economics as a social science", in *The social sciences at mid-century: essays in honor of Guy Stanton Ford*, Minneapolis, 70-73.
 (1953) *The organizational revolution*, New York, Harper & Brothers.
 (1955) "The limitations of mathematics : an epistemological critique", Seminar in the Application of Mathematics to the Social Sciences, University of Michigan, December 15.
 (1956a) *The image*, University of Michigan Press.
 (1956b) "General systems theory : the skeleton of science", *General Systems*, 1, 11-17.
 (1956c) "Toward a general theory of growth", *General Systems*, 1, 66-75.
 (1957a) "The malthusian model as a general system", *General Systems*, 2, 102-107.
 (1957b) "Some contributions of economics to the general theory of value", *General Systems*, 2, 173-181.
 (1958) "Political implications of general systems research", *General Systems*, 6 (1961), 1-7.
 (1962) *Conflict and defence : a general theory*, New York, Harper & Row.
 (1964) "General systems as a point of view", in Mesarović M.D., *Views on general systems theory*, New York, John Wiley, 25-38.

- (1966a) "The economics of the coming spaceship earth", in Jarret H. (ed.), *Environmental quality in a growing economy – Essays from the 6th resources for the future forum*, Baltimore, John Hopkins University Press, 3-14.
- (1966b) *The impact of the social sciences*, New Brunswick, Rutgers University Press.
- (1972) „Economics and general systems“, in Laszlo E. (ed.), *The relevance of General Systems Theory*, New York, Braziller, 79-92.
- (1973) "General systems as an integrating force in the social sciences", in Gray W. & Rizzo N.D. (ed.), *Unity through diversity*, New York, Gordon & Breach, 951-966.
- (1977) "The universe as a general system", in White J.D. (ed.), *The general systems paradigm : science of change and change of science*, Proceedings of the annual North American meeting (S.G.S.R.), 2-8.
- (1978) "A note on Anatol Rapoport as a philosopher", *General systems*, 23, 5-10.
- (1980) "Universal physiology", *Behavioral Science*, vol. 25, 1, 35-39.
- (1986) "System breaks and positive feedback as sources of catastrophe", in Dieckmann A. & Peter Mitter (ed.), *Paradoxical effects of social behavior*, Physica-Verlag Heidelberg Wien, 47-54.
- Bowler T.D. (1980) "Civilizations as systems", *General systems*, 25, 137-145.
- Boyden A. (1943) " Homology and analogy : a century after the definitions of « homologue » and « analogue » of Richard Owen ", *Quarterly Review of Biology*, 3, 228-241.
- Brillouin L.
 (1949) "Life, thermodynamics, and cybernetics", in Buckley W. (ed.), *Modern systems research for the behavioral scientist*, Chicago, Aldine Publishing Company (1968), 147-156.
 (1950) "Thermodynamics and information theory", in Buckley W. (ed.), *Modern systems research for the behavioral scientist*, Chicago, Aldine Publishing Company (1968), 161-165.
- Brix V.H. (1978) "A dynamic model for society", in *Applied general systems research*, New York, Plenum, 719-734.
- Brodbeck M. (1958) "Methodological individualisms : definition and reduction", *Philosophy of Science*, 25, 1, 1-22.
- Brody S. (1945) *Bioenergetics and growth*, New York, Reinhold.
- Brogie L. de
 (1986) *La physique nouvelle et les quanta*, Paris, Flammarion.
- Brown G.W., Miller J.G. & Keenan T.A. (1967) *Edunet-Report of the Summer Study on Information Networks*, New York, John Wiley & Sons.
- Buck R.C. (1956) "On the Logic of General Behavior Systems Theory", in H. Feigl & M. Scriven (ed.) *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, 1, 223-228.
- Buckley W.
 (1967) *Sociology and modern systems theory*, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall.
 (1968) (ed.) *Modern systems research for the behavioral scientist*, Chicago, Aldine Publishing Company.
 (1968) "Society as a complex adaptive system", in *Modern systems research for the behavioral scientist*, Chicago, Aldine Publishing Company, 490-513.
 (1972) "A system approach to epistemology", in Klir G.J. (ed.), *Trends in general systems theory*, New York, Wiley, 188-202.
 (1978) "Social system evolution and sociobiology", in Klir G.J. (ed.), *Applied general systems research*, New York, Plenum, 687-694.
- Bugental J.F.T. (1966) "Humanistic psychology and the clinician", *Progress in Clinical Psychology*, 7, 223-239.
- Bühler C.
 (1959) „Theoretical observations about life’s basic tendencies“, *American Journal of Psychotherapy*, 13, 3, 561-581.
 (1960) „Basic tendencies of human life – Theoretical and clinical considerations“, in Wisser R., *Sinn und Sein. Ein philosophisches Symposium*, Tübingen, Max Niemeyer Verlag, 475-494.
- Bühler K.
 (1926) „Die Krise der Psychologie“, *Kantstudien*, 31, 455-526.
 (1960) „Von den Sinnfunktionen der Sprachgebilde“, in Wisser R., *Sinn und Sein. Ein philosophisches Symposium*, Tübingen, Max Niemeyer Verlag, 95-112.

Bunge M.

(1968) "The metaphysics, epistemology and methodology of levels", in Whyte L.L. & al. (ed.), *Hierarchical structures*, New York, American Elsevier Publ. Co, 17-28.

(1970) "Analogy, simulation, representation", *General systems*, 15, 27-34.

(1973) *Method, model and matter*, Dordrecht, D. Reidel Publishing Company.

(1974) "Metaphysics and science", *General systems*, 19, 15-18.

(1977a) "General systems and holism", *General systems*, 22, 87-90.

(1977b) "The GST challenge to the classical philosophies of science", *International Journal of General Systems*, vol. 4, 29-37.

(1979a) "A systems concept of society : beyond individualism and holism", *General systems*, 24, 27-46.

(1979b) *Treatise on basic philosophy, vol. 4 – Ontology II : a world of systems*, Dordrecht, Boston, London, D. Reidel Publishing Company.

Bünning E.

(1949a) "Ludwig von Bertalanffy, Das biologische Weltbild", *Die Naturwissenschaften*, 36, 287-288.

(1949b) *Theoretische Grundfragen der Physiologie*, Stuttgart, Piscator Verlag.

Busch John A. (1979) "Sociobiology and general systems theory: a critique of the new synthesis", *Behavioral Science*, vol. 24, 1, 60-71.

Cannon W.B. (1968) "Self-regulation of the body", in Buckley W. (ed.), *Modern systems research for the behavioral scientist*, Chicago, Aldine Publishing Company, 256-258.

Carnap R.

(1923) „Über die Aufgaben der Physik“, *Kantstudien*, 28, 90-107.

(1931) „Die physikalische Sprache als Universalsprache der Wissenschaft“, *Erkenntnis*, 1, 432-465.

(1932a) „Überwindung der Metaphysik durch logische Analyse der Sprache“, *Erkenntnis*, 2, 219-241.

(1932b) „Die physikalische Sprache als Universalsprache der Wissenschaft“, *Erkenntnis*, 2, 432-465.

(1935) "Formalwissenschaft und Realwissenschaft", *Erkenntnis*, 5, 30-36.

Carrel A. (1935) *L'homme cet inconnu*, Paris, Plon.

Cassirer E.

(1972a) *La philosophie des formes symboliques I*, Paris, Minuit.

(1972b) *La philosophie des formes symboliques III*, Paris, Minuit.

(1975) *Essai sur l'homme*, Éditions de Minuit, Paris.

(1977) *Substance et fonction*, Paris, Minuit.

(1983) *Individu et cosmos dans la philosophie de la Renaissance*, Paris, Minuit.

(1993) *Le mythe de l'État*, Paris, Gallimard.

(1995) *Le problème de la connaissance 4*, Paris, Cerf.

Cavallo R.E. (1979), *Systems research movement: characteristics, accomplishments, and current developments*, Special issue of *General systems bulletin*, 9, 3.

Cavallo R.E., Klir G.J. (1978) "A problem-solving basis for general systems research", in Klir G.J.(ed.), *Applied general systems research*, New York, Plenum, 53-60.

Cavallo R.E., Ziegenhagen E. (1978) "General systems methodology and political science", in Klir G.J.(ed.), *Applied general systems research*, New York, Plenum, 695-700.

Caws P. (1968) "Science and system: on the unity and diversity of scientific theory", *General systems*, 13, 3-12.

Chauvet G. (1995) *La vie dans la matière*, Paris Flammarion.

Checkland P.

(1976) "Science and the systems paradigm", *International Journal of General Systems*, vol. 3, 127-134.

(1980) "The systems movement and the failure of management science", *General systems*, 25, 55-62.

(1989) "Researching systems methodology: some future prospects", in Flood R.L., Jackson M.C., Keys P. (ed.) *System prospects – The next ten years of systems research*, New York, London, Plenum Press, 9-16.

Child C.M.

(1911) "Studies on the dynamics of morphogenesis and inheritance in experimental reproduction I", *Journal of experimental biology*, 11, 3, 187-220.

(1913) "Studies on the dynamics of morphogenesis and inheritance in experimental reproduction II-III", *Roux Archiv*, 37, 108-153, 221-283.

(1929) "The physiological gradients", *Protoplasma*, 5, 447-471.

- Chomsky N. (1959) "Verbal behavior by B.F. Skinner", *Language*, 35, 26-58.
- Chong L. & Ray L.B. (2002), "Whole-istic biology", *Science*, special issue March , 295, 1161.
- Churchman C.W.
 (1964), "An approach to general systems theory", in Mesarović M.D. (ed.), *Views on general systems theory*, New York, John Wiley, 173-176.
 (1972) "The past's future: estimating trends in general systems theory", in Klir G.J. (ed.), *Trends in general systems theory*, New York, Wiley, 434-443.
 (1974) *Qu'est-ce que l'analyse par les systèmes ?*, Paris, Dunod.
- Churchman C.W., Ackoff R.L. (1968) "Purposive behaviour and cybernetics", in Buckley W. (ed.), *Modern systems research for the behavioral scientist*, Chicago, Aldine Publishing Company, 243-249.
- Churchman C.W., Ackoff R.L. & Arnoff L. (1957) *Introduction to Operations Research*, Wiley, New York.
- Clark J.W. (1972) "The general ecology of knowledge in curriculums of the future", in Laszló E. (ed.), *The relevance of general systems theory*, New York, Braziller, 163-180.
- Comte A. (1975) *Cours de philosophie positive*, Paris, Hermann.
- Cornacchio J.V. (1972) "Topological concepts in the mathematical theory of general systems", in Klir G.J. (ed.), *Trends in general systems theory*, New York, Wiley, 303-339.
- Cues N. de
 (1985) *Du jeu de la boule*, O.E.I.L., Paris (et (2000), *Dialogus de ludo globi*. Hamburg, Meiner).
 (1991) *Trois traités sur la docte ignorance et la coïncidence des opposés*, Paris, Cerf.
- Dainty J. (1960) "Electrical analogues in biology", in *Models and analogues in biology*, Symposia of the Society for experimental biology, 14, Cambridge University Press, 140-151.
- Diderot D., D'Alembert J. (1751) « Discours préliminaire des éditeurs », in Diderot D., D'Alembert J. (ed.), *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, 1, Paris, Briasson, David, Le Breton, Durand, i-xlv.
- D'Ancona U. (1939) *Der Kampf ums Dasein*, Abhandlungen zur exakten Biologie (ed. L. von Bertalanffy), Berlin, Gebrüder Bornträger.
- Darwin C. (1992) *L'origine des espèces*, Paris, Flammarion.
- Dehlinger U., Wertz E. (1942) „Biologische Grundfragen in physikalischer Betrachtung“, *Die Naturwissenschaften*, 30, 250-253.
- Delattre P.
 (1971, 1985) *Système, Structure, Fonction, Evolution*, Paris, Maloine.
 (1974) « Concepts de formalisation et concepts d'exploration », *Scientia*, V-VIII, 1-32.
 (1979) « Le problème de la justification des modèles dans le cadre du formalisme des systèmes de transformation », in Delattre P., Theillier M. (1979) *Élaboration et justification des modèles I*, Paris, Maloine, 97-128.
 (1982) « Théorie des systèmes et épistémologie », in Lesourne J. (ed.), *La notion de système dans les sciences contemporaines*, T. 2, Aix en Provence, Librairie de l'université, 5-82.
- Denbigh K.G. (1951) *The thermodynamics of the steady state*, London, Methuen & Co.
- Descartes R. (1953) *Discours de la méthode*, in *Œuvres et lettres*, Paris, Gallimard (Pléiade).
- Deutsch K.W.
 (1951) "Mechanism, organism and society: some models in natural and social science", *Philosophy of Science*, 18, 230-252.
 (1968) "Toward a cybernetic model of man and society", in Buckley W. (ed.), *Modern systems research for the behavioral scientist*, Chicago, Aldine Publishing Company, 387-400.
- Dewey J. & Bentley A.F.,
 (1946a) "Interaction and transaction". *Journal of Philosophy*, n°43, 505-517.
 (1946b) "Transactions as known and named", *Journal of Philosophy*, n°43, 533-551.
- Dilthey W.
 (1992) *Œuvres I*, Paris, Cerf.
 (1995) *La naissance de l'herméneutique*, in *Œuvres 7*, Paris, Cerf.

- Dingler H. (1931) *Der Zusammenbruch der Wissenschaft*, München, E. Reinhardt.
- Donath T. (1973) "Von Bertalanffy's integrative endeavours", Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 117-124.
- Donnan F.G.
 (1936) "Integral analysis and the phenomenon of life", *Acta Biotheoretica*, 2, 1-11.
 (1937) "Integral analysis and the phenomenon of life II", *Acta Biotheoretica*, 3, 43-50.
- Dost F.H. (1953) *Der Blutspiegel*, Leipzig, Georg Thieme.
- Dotterweich H. (1940) *Das biologische Gleichgewicht*, Jena, Gustav Fischer.
- Driesch H.
 (1899) „Die Lokalisation morphogenetischer Vorgänge – Ein Beweis vitalistischen Geschehens“, *Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen*, 8, 35-111.
 (1921) *La philosophie de l'organisme*, Paris, M. Rivière.
 (1926a) „‘Physische Gestalten’ und Organismen“, *Annalen der Philosophie und philosophischen Kritik*, 5, 1-11.
 (1926b) „Kritisches zur Ganzheitslehre“, *Annalen der Philosophie und philosophischen Kritik*, 5, 281-304.
 (1936) „Zur Kritik des ‘Holismus’“, *Acta Biotheoretica*, 1, 185-201.
- Drischel H. (1968) „Formale Theorien der Organisation (Kybernetik und verwandte Disziplinen)“, *Nova Acta Leopoldina*, 33, 184, 169-194.
- Drury W.H., Nisbet I.C.T. (1971) "Inter-relations between developmental models in geomorphology, plant ecology and animal ecology", *General systems*, 16, 57-68.
- Dubrovsky V. (2004) „Toward system principles : general system theory and the alternative approach“, *Systems Research and Behavioral Science*, 21, 109-122.
- Duhem P.
 (1908) *Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée*, Paris Vrin.
 (1997) *La théorie physique, son objet, sa structure*, Paris, Vrin.
 (2003) *Sauver les apparences – Essai sur la notion de théorie physique*, Paris, Vrin.
- Durkheim E. (1981) *Les règles de la méthode sociologique*, Paris, P.U.F.
- Dvorák M. (1928) *Kunstgeschichte als Geistesgeschichte*, München, R. Piper Verlag & co.
- Easton D. (1965) *A systems analysis of political life*, New York, London, Sydney, J. Wiley & sons.
- Egler F.E. "Bertalanffian organismic", *Ecology*, 34, 443-446.
- Ehrenfels C. von (1890) „Über Gestaltqualitäten“, *Vierteljahresschriften für Philosophie*, 14, 249-292.
- Eilenberg S., McLane S. (1945) "Relations between homology and homotopy groups of spaces", *Annals of Mathematics*, 46, 480-509.
- Einstein A. & Infeld L. (1983) *L'évolution des idées en physique*, Paris, Flammarion.
- Ellul J.
 (1977) *Le système technicien*, Paris, Calmann-Lévy.
 (1990) *La technique ou l'enjeu du siècle*, Paris, Economica.
- Elsasser W.M. (1987) *Reflections on a theory of organisms*, The John Hopkins University Press.
- Emery F.E. (1969) *Systems thinking – Selected readings*, Penguin.
- Emery F.E., Trist E.L. (1969), "Socio-technical systems", in Emery F.E. (1969) *Systems thinking – Selected readings*, Penguin, 281-296.
- Engels F. (1952) *La dialectique de la nature*, Paris, Editions sociales.
- Ericson R.F. (1979) "S.G.S.R. at twenty-five: what agenda for our second quarter- century ?", *General systems bulletin*, 9, 2, 25-25.
- Eugene J. (1981) *Aspects de la théorie générale des systèmes : une recherche des universaux*, Paris, Maloine.
- Fechner G.T. (1849) „Über die mathematische Behandlung organischer Gestalten und Prozesse“, *Berichte über die Verhandlungen der königlich Sächsischen Gesellschaft der Wiss. zu Leipzig. Mathematisch-physische Klasse*, 2, 50-64.
- Fararo T.J. (1978) "An introduction to catastrophes", *Behavioral Science*, vol. 23, 5, 291-317.

- Feigl & G. Fleck G. (ed.) (2000) *Systemtheoretische Perspektiven*, Frankfurt/Main, Lang.
- Fisher R.A. (1999) *The genetical theory of natural selection*, Oxford University Press.
- Fleming R.M.T., Thiele I. (2011) "Von Bertalanffy 1.0: a cobra toolbox extension to thermodynamically constrain metabolic models", *Bioinformatics*, 27, 1, 142-143.
- Flood R.L., Jackson M.C., Keys P. (1989) (ed.) *System prospects – The next ten years of systems research*, New York, London, Plenum Press.
- Flood R.J., Robinson S.A. (1989) "Whatever happened to general systems theory?", in Flood R.L., Jackson M.C., Keys P. (ed.) *System prospects – The next ten years of systems research*, New York, London, Plenum Press, 61-66.
- Foerster H. von (1968) "From stimulus to symbol: the economy of biological computation", in Buckley W. (ed.), *Modern systems research for the behavioral scientist*, Chicago, Aldine Publishing Company, 170-181.
- Forrest W.W., Walker D.J. (1962) "Thermodynamics of biological growth", *Nature*, 196, 990-991.
- Foster C., Rapoport A., Trucco E. (1957) "Some unsolved problems in the theory of non-isolated systems", *General systems*, 2, 9-29.
- Fourier J. (1988) *Théorie analytique de la chaleur*, Paris, Gabay.
- Franck P. (1935) „Jordan und der radikale Positivismus“, *Erkenntnis*, 5, 184.
- François C. (1999) "Systemics and cybernetics in a historical perspective", *Systems Research and Behavioral Science*, 16, 203-219.
- François C., Piscitelli A. (1978) "The whole and the simultaneous", in Klir G.J.(ed.), *Applied general systems research*, New York, Plenum, 411-418.
- Frankl V. (1969) "Reductionism and nihilism", in Koestler A., Smythies J. (ed.), *Beyond reductionism*, London, New York, Hutchinson, 396-408.
- French J.R.P. (1957) "A formal theory of social power", *General systems*, 2, 92-101.
- Freudenthal H. (1961) *The concept and the role of the model in mathematics and natural and social sciences*, New York, Gordon & Breach.
- Frey G.
 (1961) „Symbolische und ikonische Modelle“, in Freudentahl H. (ed.), *The concept and the role of the model in mathematics and natural and social sciences*, Dordrecht: D. Reidel Publishing Co., 89-97.
 (1970) „Hermeneutische und hypothetisch-deduktive Methode“, *Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie*, I, 1, 24-40.
- Friederichs K.
 (1927) „Grundsätzliches über die Lebenseinheiten höherer Ordnung und den ökologischen Einheitsfaktor“, *Die Naturwissenschaften*, 15, 7, 153-186.
 (1930) *Die Grundfragen der Land- und Forstwissenschaftlichen Zoologie*, Berlin, Parey.
- Fries C.
 (1925/1926) „Gestalttheorie und Erkenntnistheorie“, *Annalen der Philosophie und philosophischen Kritik*, 5, 209-212.
 (1935) „Wiedergeburt der Naturphilosophie“, *Geistige Arbeit*, 7, 9.
 (1936) *Metaphysik als Naturwissenschaft. Betrachtungen zu Ludwig von Bertalanffys Theoretischer Biologie*, Berlin, Ebering.
- Gaines B.R.
 (1978a), "Progress in general systems research", in Klir G.J.(ed.), *Applied general systems research*, New York, Plenum, 3-28.
 (1978b) "General system identification – Fundamentals and results", in Klir G.J.(ed.), *Applied general systems research*, New York, Plenum, 91-104.
 (1979) "General systems research : quo vadis ?", *General systems*, 24, 1-10.
- Galilei G. (1992) *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde*, Paris, Seuil.
- Gause D.C., Weinberg G.M. (1973) "On general systems education", *General systems*, 18, 137-146.
General Systems, Yearbook of the Society for General Systems Research (1956-1984).

General Systems Bulletins, Society for General Systems Research (1969-1981).

Gens J.C. (2002) *La pensée herméneutique de Dilthey – Entre néo-kantisme et phénoménologie*, Villeneuve d'Ascq, Presses universitaires du Septentrion.

George F.H. (1960) "Models in cybernetics", in *Models and analogues in biology*, Symposia of the Society for experimental biology, 14, Cambridge University Press, 169-191.

Georgiou I.

(1999) "Groundworks of a Sartrean input toward informing some concerns of critical systems thinking", *Systemic Practice and Action research*, 12, 6, 585-605.

(2000) "The ontological constitution of bounding-judging in the phenomenological epistemology of Von Bertalanffy's general system theory", *Systemic Practice and Action Research*, 13, 3, 391-424.

Gerard R.W.

(1940) "Organism, society and science", *Scientific Monthly*, 50, 340-350, 403-412, 530-535.

(1942) "Higher levels of integration", *Science*, 95, 309-313.

(1945) (& Emerson A.E.) "Extrapolation from the biological to the social", *Science*, 101, 582-585.

(1947) "The scope of science", *Scientific Monthly*, 6, 496-512.

(1949) "The rights of man : a biological approach", *General Systems*, 1 (1956), 161-162.

(1950) "A biologist's view of society", *General Systems*, 1 (1956), 155-160.

(1952) "Prefatory chapter – The organization of science", *Annual review of physiology*, 14, 1-12.

(1957) "Units and concepts of biology", *Science*, 125, 429-433.

(1964) "Entitation, animorgs, and other systems", in Mesarović M.D. (ed.), *Views on general systems theory*, New York, John Wiley, 119-124.

(1969) "Hierarchy, entitation and levels", in Whyte L.L., Wilson A.G., Wilson D. (ed.) *Hierarchical structures*, New York, Elsevier, 215-228.

Gerard R.W., Kluckhohn C., Rapoport A. (1956) "Biological and cultural evolution – Some analogies and explorations", *Behavioral Science*, 1, 6-31.

Gilbert E.N. (1966) "Information theory after 18 years", *Science*, 152, 320-326.

Gödel K. & al. (1989) *Le théorème de Gödel*, Paris, Seuil.

Goldschmidt R.

(1931) "Review: Russell E.S., *The interpretation of development and heredity*", *Biologisches Zentralblatt*, 51, 459-460.

(1938) *Physiological Genetics*. New York, London, McGraw-Hill.

Goldsmith E. (1971) "The limits of growth in natural systems", 69-76.

Goldsmith M.H., "The concept of teleology and its development in systems theory and cybernetics", in Gibson R.O. (ed.), *General systems research and design : precursors and futures*, Proceedings of the 21th annual North American meeting of the S.G.S.R., 591-596.

Goldstein K.

(1931) „Das psychophysische Problem in seiner Bedeutung für ärztliches Handeln“, *Therapie der Gegenwart: Medizinisch-chirurgische Rundschau für praktische Ärzte*, 33, 1-11.

(1983) *La structure de l'organisme*, Paris, Gallimard.

Golubitsky M. (1979) "An introduction to catastrophe theory and its applications", *General systems*, 24, 65-102.

Gompertz B. (1825) " On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 115, 513–585.

Goodwin B.C. (1963) *Temporal organization in cells*, London, New York, Academic Press.

Gorelik G. (1975) "Principal ideas of Bogdanov's tektology: the universal science of organization", *General systems*, 20, 3-14.

Gottinger H.W. "Towards an algebraic theory of complexity in general systems", *General systems*, 22, 73-83.

Gray W.

(1972) "Bertalanffian principles as a basis for humanistic psychiatry", in Laszlo E. (ed.), *The relevance of General Systems Theory*, New York, Braziller, 123-133.

(1973) "Ludwig von Bertalanffy and the development of modern psychiatric thought", Gray W. & Rizzo N.D.

(1973) (ed.), 169-184.

- (1974) "Current issues in general systems theory and psychiatry", *General systems*, 19, 97-100.
- (1981) "Frontiers of general systems and cybernetics research : humanistic considerations", in Gibson R.O. (ed.), *General systems research and design : precursors and futures*, Proceedings of the 25th annual North American meeting of the S.G.S.R., 383-397.
- Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.) *Unity through Diversity – A Festschrift to Ludwig von Bertalanffy*, New York, Gordon & Breach.
- Grinker R.R. Sr (1974) "In memory of Ludwig von Bertalanffy's contribution to psychiatry", *General systems*, 19, 51-58.
- Groot S.R. de (1960) *Thermodynamik irreversibler Prozesse*, Mannheim, Hochschultaschenbücher Bibliographisches Institut.
- Groß J. (1930) „Die Krisis in der theoretischen Physik und ihre Bedeutung für die Biologie“, *Biologisches Zentralblatt*, 50, 321-327.
- Gurwitsch A. (1927) „Weiterbildung und Verallgemeinerung des Feldbegriffes“, *Roux'Archiv*, 112, 433-454.
- Habermas J. (1973) *La technique et la science comme idéologie*, Paris, Gallimard.
- Hahn O. (1930) „Die Bedeutung der wissenschaftlichen Weltauffassung, insbesondere für Mathematik und Physik“, *Erkenntnis* 1, 96-105.
- Halal W.E. (1978) "An open-system model for the corporation", in Klir G.J. (ed.), *Applied general systems research*, New York, Plenum, 763-774.
- Haldane J.B.S. (1924) "A mathematical theory of natural and artificial selection – Part 1", *Transactions of the Cambridge Philosophical Society* 23, 19–41.
- Haldane J.S. (1884) "Life and mechanism", *Mind*, 9, 27-47.
- Hall A.G., Fagen R.E. (1956) "Definition of system", *General systems*, 1, 18-28.
- Hammer P.C. (1972) "Mathematics and systems theory", in Klir G.J. (ed.), *Trends in general systems theory*, New York, Wiley, 408-433.
- Hammond D. (2003) *The Science of Synthesis: Exploring the social implications of general systems theory*, University Press of Colorado.
- Hartley H.J. (1968) "The emergence of a systemic concept for public governance", *General systems*, 13, 149-156.
- Hartley R. (1928) "Transmission of information", *Bell System Technical Journal*, 7, 3, 535-563.
- Hartmann M. (1937) *Philosophie der Naturwissenschaften*, Berlin, Springer.
- Hartmann N.
 (1912) *Philosophische Grundfragen der Biologie*, Wege zur Philosophie, 6, Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht.
 (1945) *Les principes d'une métaphysique de la connaissance*, Paris, Aubier, Montaigne.
 (1964) *Der Aufbau der realen Welt – Grundriss der allgemeinen Kategorienlehre*, Berlin, De Gruyter.
- Hartmann E. von (1910) *Philosophie des Unbewussten* (10. Auflage), Leipzig, Haacke.
- Hayek F.A. von
 (1953) *Scientisme et sciences sociales*, Paris, Plon.
 (1955a) „Degrees of explanation“, *British Journal of Philosophy of Science*, 6, 209-225.
 (1955b) *The counter revolution of science*, London, Free Press of Glencoe, Collier-McMillan.
 (1993) *La route de la servitude*, Paris, P.U.F.
- Hegel G.W.F.
 (1965) *La raison dans l'histoire*, Paris, Plon.
 (1999) *Wissenschaft der Logik – Die Lehre vom Wesen*, Hamburg, Meiner.
- Heidenhain M. (1923) *Formen und Kräfte in der lebendigen Natur, Beitrag VII zur synthetischen Morphologie*, Berlin, Springer.
- Heisenberg W.
 (1931) „Kausalgesetz und Quantenmechanik“, *Erkenntnis*, 2, 172-190.
 (1961) *Physique et philosophie – La science moderne en révolution*, Paris, Albin Michel.

- (1990) *La partie et le tout*, Paris, Flammarion.
- Hempel C.G.
 (1951) „General systems theory and the unity of science“, *Human Biology*, 23, 313-322.
 (1965) *Aspects of scientific explanation*, New York, The Free Press.
- Henry J. (1966) *Culture against man*, London, Tavistock.
- Herder J.G. (2000) *Histoire et culture*, Paris, Flammarion.
- Hertwig O. (1918) *Das Werden der Organismen – Zur Widerlegung von Darwin's Zufallstheorie durch das Gesetz in der Entwicklung*, Jena, Gustav Fischer.
- Herzberg A. (1929) „Das Stabilitätsprinzip in der modernen Psychologie“, *Annalen der Philosophie und der philosophischen Kritik*, 8, 238-257.
- Hess B. (1968) „Modelle enzymatischer Prozesse“, *Nova Acta Leopoldina*, 33, 184, 195-230.
- Hess B., Chance B. (1959) „Über zelluläre Regulationsmechanismen und ihr mathematisches Modell“, *Die Naturwissenschaften*, 46, 248-257.
- Hesse H. (1999) *Le Jeu des perles de verre*, Paris, Librairie générale française.
- Hesse Mary B. (1966) *Models and analogies in science*, University of Notre Dame Press.
- Heterick R.C. Jr. (1998) „Educom: A Retrospective“, *Educom Review*, 33, 5, 42-47.
- Hirsch G.C. (1929) „Dynamik organischer Strukturen – Gedanken zur Methodik ihrer Untersuchung“, *Roux Archiv*, 117, 511-561.
- Hitler A. (1934) *Mein Kampf – Mon combat*, Paris, Nouvelles éditions latines.
- Hölderlin F. (2005) *Hyperion*, in *Oeuvres*, Paris, Gallimard (Pléiade).
- Hoos I.R. (1969) *Systems analysis in public policy; a critical review*, University of California Press.
- Howard N.
 (1966a) „The theory of meta-games“, *General systems*, 11, 167-186.
 (1966b) „The mathematics of meta-games“, *General systems*, 11, 187-200.
- Howland D.
 (1963) „Cybernetics and general systems theory“, *General systems*, 8, 227-232.
 (1964) „Approaches to the systems model“, *General systems*, 9, 283-286.
- Hume D. (1983) *Enquête sur l'entendement humain*, Paris, Gallimard.
- Husserl E. (1976) *La crise des sciences européennes et la phénoménologie transcendantale*, Paris, Gallimard.
- Huxley A.
 (1948) *La philosophie éternelle*, Paris, Plon.
 (1954) *Les portes de la perception*, Paris, Editions du Rocher.
 (1977) *Le meilleur des mondes*, Paris, Plon.
- Huxley J. (1932) *Problems of Relative Growth*, London, Methuen.
- Huxley J.S., Teissier G. (1936) „Zur Terminologie des relativen Größenwachstums“, *Biologisches Zentralblatt*, 16, 381-383.
- Iberall A.S.
 (1970) „On the general dynamics of systems“, *General systems*, 15, 7-14.
 (1974) „On a thermodynamic theory of history“, *General systems*, 19, 201-208.
- Indik B.P., Berrien F.K. (1968) *People, groups and organizations*, New York, Teachers College, Columbia University.
- Jacob F. (1970) *La logique du vivant*, Paris, Gallimard.
- Jackson M.C. (1989) „Future prospects in systems thinking“, in Flood R.L., Jackson M.C., Keys P. (ed.) *System prospects – The next ten years of systems research*, New York, London, Plenum Press, 73-80.
- „Jan Versluys“, Redaktion und Verleger, *Biologia Generalis*, 9 (1933), I-IV.

- Jordan H.J.
 (1932) „Die Logik der naturwissenschaften“, *Biologisches Zentralblatt*, 12, 476-492.
 (1935) „Das Problem der ‚Ganzheit‘ in der Biologie“, *Acta Biotheoretica*, 1, 100-111.
- Jordan P.
 (1932) „Die Quantenmechanik und die Grundprobleme der Biologie und der Psychologie“, *Die Naturwissenschaften*, 45, 815-821.
 (1935) „Ergänzende Bemerkungen über Biologie und Quantenmechanik“, *Erkenntnis*, 5, 348-352.
- Jonas H. (1951) „Comments on general system theory“, *Human Biology*, 23, 328-335.
- Jones R.W., Gray J.S. (1963) “System theory and physiological processes”, *Science*, 140, 461-464.
- Joseph E.C. (1981) “GSR futures: societal trends, transitions and paradigm shifts”, in Gibson R.O. (ed.), *General systems research and design: precursors and futures*, Proceedings of the 25th North American meeting of the S.G.S.R., 1-7.
- Kacser H. (1960) “Kinetic models of development and heredity”, in *Models and analogues in biology*, Symposia of the Society for experimental biology, 14, Cambridge University Press, 13-27.
- Kalman R.E. (1968) “New developments in systems theory relevant to biology”, in Mesarović M.D., *Systems theory and biology*, Berlin, Heidelberg, New York, Springer, 222-232.
- Kamarýt J.
 (1961) “Die Bedeutung der Theorie des offenen Systems in der gegenwärtigen Biologie”, *Deutsche Zeitschrift für Philosophie*, 9, 2040-2058.
 (1973), “From science to metascience and philosophy”, in Gray W. & Rizzo N.D. (ed.), 75-100.
- Kanaev I.I. (1973) “Some aspects of the history of the problem of the morphological type from Darwin to present”, in Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 67-74.
- Kant E.
 (1980) *Critique de la raison pure* (1787), in *Œuvres philosophiques I*, Paris, Gallimard.
 (1985) *Idée d'une histoire universelle au point de vue cosmopolitique* (1784), in *Œuvres philosophiques II*, Paris, Gallimard.
 (1985) *Premiers principes métaphysiques de la science de la nature* (1786), in *Œuvres philosophiques II*, Paris, Gallimard.
 (1985) *Critique de la faculté de juger* (1789), in *Œuvres philosophiques II*, Paris, Gallimard.
- Katona G. (1976) “Economics as a behavioral science”, in Pfaff M., *Frontiers in social thought – Essays in honor of Kenneth E. Boulding*, Amsterdam, New York, Oxford, North-Holland Publishing Company, 27-36.
- Katchalsky A., Curran P.F., *Nonequilibrium thermodynamics in biophysics*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press.
- Katsenelinboigen A.I. (1974) “General systems theory and axiology”, *General systems*, 19, 27-36.
- Katz D., Kahn R.L. (1966) *The social psychology of organizations*, New York, London, Sydney, J. Wiley & sons
- Kaulbach F. (1965) „Schema, Bild und Modell nach der Voraussetzungen des kantischen Denkens“, *Studium Generale*, 18, 464-479.
- Keeton M.T. (1947) “Edmund Montgomery – Pioneer of organicism”, *Journal of the History of Ideas*, 8, 309-337.
- Keiter F. (1953) „Umriss einer Theorie des Kulturunterganges“, *Kölner Zeitschrift für Soziologie*, 4, 432-438.
- Kepler J. (1984) *Le secret du monde*, Paris, Gallimard.
- Keren M. (1979) “Ideological implications of the use of open systems theory in political science”, *Behavioral Science*, 24, 5, 311-324.
- Kerman C.E. (1976) “Three facets of Kenneth Boulding”, in Pfaff M., *Frontiers in social thought – Essays in honor of Kenneth E. Boulding*, Amsterdam, New York, Oxford, North-Holland Publishing Company, 13-24.
- Kerner E.H.
 (1957) “A statistical mechanics of interacting biological species”, *Bulletin of mathematical biophysics*, 19, 121-146.
 (1959) “Further consideration on the statistical mechanics of biological associations”, *Bulletin of mathematical biophysics*, 21, 217-255.

- (1961) "On the Volterra-Lotka principle", *Bulletin of mathematical biophysics*, 23, 141-157.
- Keyfitz N. (1979) "Understanding world models", *Behavioral Science*, 24, 3, 190-199.
- Khailov K.M. (1964) "The problem of systemic organization in theoretical biology", *General systems*, 9, 151-158.
- Kitano H.
 (2002a) "Systems biology – A brief overview", *Science*, 295, 1662-1664.
 (2002b) "Computational systems biology", *Nature*, 420, 206-210.
 (2002c) "Looking beyond the details: a rise in system-oriented approaches in genetics and molecular biology", *Current genetics*, 41, 1-10.
 (2005) "Biological robustness", *Nature review genetics*, 5, 826-837.
- Klein G.S., Krech D. (1951) "The problem of personality and its theory", *Journal of Personality*, 20, 1, 2-23
- Klir G.J.
 (1965) "The general system as a methodological tool", *General Systems*, 10, 29-42.
 (1968) "An approach to general systems theory", *General Systems*, 13, 13-20.
 (1969) *An approach to General Systems Theory*, New York, Van Nostrand Reinhold Co.
 (1970) "On the relation between cybernetics and general systems theory", *Progress in cybernetics*, 1, Rose J. (ed.), 155-165.
 (1972) "The polyphonic General Systems Theory", in Klir G.J. (ed.), *Trends in general systems theory*, New York, Wiley, 1-18.
 (1975) "On the representation of activity arrays", *International journal of general systems*, 2, 149-168.
 (1978) (ed.) *Applied general systems research*, New York, London, Plenum.
 (1981) "On systems methodology and inductive reasoning: the issue of parts and wholes", *General systems*, 26, 29-38.
 (1988) "Systems profile: the emergence of systems science", *Systems research*, 5, 2, 145-156.
- Kluckhohn C. (1963) "Parts and wholes in cultural analysis", in Lerner D. (1963) (ed.) *Parts and wholes*, New York, London, MacMillan, 111-133.
- Knittermeyer H. (1925) „Zur Metaphysik der Erkenntnis – Zu Nicolai Hartmanns Grundzüge einer Metaphysik der Erkenntnis“, *Kantstudien*, 30, 495-514.
- Kochen M. "Group behavior of robots", *General systems*, 2, 48-54.
- Koehler O. (1932/1933) „Biologie und Ganzheitsproblem“, *Der Biologe*, 2, 15, 345-352.
- Koestler A.
 (1968) *Le cheval dans la locomotive*, Paris, Calmann-Lévy.
 (1973a) "The tree and the candle", Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 287-314.
 (1973b) *Les call-girls*, Paris, Calmann-Lévy.
 (1979) *Janus*, Paris, Calmann-Lévy.
 (1985) *Les somnambules*, Paris, Calmann-Lévy.
- Koestler A., Smythies J. (ed.) (1969) *Beyond reductionism*, London, New York, Hutchinson.
- Köhler W.
 (1924) *Die physischen Gestalten in Ruhe und im stationären Zustand – Eine naturphilosophische Untersuchung*, Braunschweig, Vieweg.
 (1927) „Zum Problem der Regulation“, *Roux' Archiv*, 112, 315-332.
 (1938) *The place of values in a world of facts*, London, Routledge & Kegan Paul.
 (1969) "Closed and open systems", in Emery F.E., *Systems thinking – Selected readings*, Penguin, 59-69.
 (2000) *Psychologie de la forme*, Paris, Gallimard.
- Kohout L. (1975) "Generalized topologies and their relevance to general systems", *International Journal of General Systems*, vol. 2, 25-34.
- Kojève A. (1990) *L'idée du déterminisme dans la physique classique et dans la physique moderne*, Paris, Librairie générale française.
- Kornwachs K. (2004) "System ontology and descriptionism – Bertalanffy's view and new developments", *TripleC*, 2, 47-62.
- Korzybski A. (1933, 1995) *Science and Sanity, an Introduction to Non-Aristotelian Systems and General Semantics*, Fort Worth, Institute of General Semantics.

- Kosik K. (1988) *La dialectique du concret*, Paris, Éditions de la Passion.
- Kostitzin V.A. (1937) *Biologie mathématique*, Paris, Colin.
- Kottje F. (1927) « Das Problem der vitalen Energie », *Annalen der Philosophie und philosophischen Kritik*, 6, 54-89.
- Kraus K. (2005) *Troisième nuit de Walpurgis*, Marseille, Agone.
- Krech D.
 (1950a) “Dynamic systems, psychological fields and hypothetical constructs”, *General systems*, 1, 139-143.
 (1950b) “Dynamic systems as open neurological systems”, *Psychological Review*, 57, 345-361.
- Kremyanskiy V.I. “Certain peculiarities of organisms as a ‘system’ from the point of view of physics, cybernetics and biology”, *General systems*, 5, 221-230.
- Kroner R. (1913) *Zweck und Gesetz in der Biologie*, Tübingen, Druck von H. Laupp jr.
- Krüger F.
 (1948) *Lehre von dem Ganzen – Seele, Gemeinschaft und das Göttliche*, Bern, Huber.
 (1953) *Zur Philosophie und Psychologie der Ganzheit*, Berlin, Göttingen, Heidelberg, Springer.
- Kruger F. (1973) „The energetics of animal growth”, Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 643-672.
- Kuhn A. (1980) “Differences vs. similarities in living systems”, *Behavioral Science*, vol. 25, 1, 40-45.
- Kuznets S. (1963) “Parts and wholes in economics”, in Lerner D. (ed.) *Parts and wholes*, New York, London, MacMillan, 41-59.
- Landau H. G. & Rapoport A. (1953) “Contributions to the mathematical theory of contagion and spread of information through a thoroughly mixed population”, *Bulletin of mathematical biophysics*, 15, 173-183.
- Landauer C., Bellman K.L. (2002) “Theoretical biology: organisms and mechanisms”, in Dubois D.M., *Computing anticipatory systems: Casys 2001*, 5th international conference, American Institute of physics, 59-70.
- Lange F.A. (2004) *Histoire du matérialisme et critique de son importance à notre époque*, Paris, Coda.
- Langer S.K. (1942, 1963), *Philosophy in a new key*, Cambridg (Mass.), Harvard University Press.
- Larses O., El-Khoury J. (2005) *Views on general system theory*, Technical Report, Stockholm, Royal Institute of Technology.
- Laszló E.
 (1972a) *Introduction to systems philosophy*, New York, Gordon & Breach.
 (1972b) *The systems view of the world*, New York, Braziller.
 (1972) (ed.) *The relevance of general systems theory*, New York, Braziller.
 (1973) “Ludwig von Bertalanffy and Claude Levi-Strauss: systems and structures in biology and social anthropology”, in Gray W. & Rizzo N.D. (ed.), 143-168.
 (1974) *A Strategy for the Future; the Systems Approach to World Order*, New York, Braziller.
- Laue R. (1970) *Elemente der Graphentheorie und ihre Anwendung in den biologischen Wissenschaften*, Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, Geist & Portig K.G.
- LaViolette P.A. (1974) “The prey-predator relationship and its appearance in stock market trend fluctuation”, *General systems*, 19, 181-194.
- Leake C.D. (1969) “Historical aspects of the concept of organizational levels of living material”, in Whyte L.L., Wilson A.G., Wilson D. (ed.), *Hierarchical structures*, New York, Elsevier, 147-159.
- Léemann A.C. (1937) « Les fondements scientifiques de l’holisme », *Acta Biotheoretica*, 3, 153-165.
- Lehmann E. (1936) „Biologie und Bolchewismus“, *Der Biologe*, 5, 160.
- Leibniz G.W. (1991) *La Monadologie*, Paris, Librairie Générale Française.
- Lektorsky V.A., Sadovsky V.N. (1960) “On principles of system research (related to L. Bertalanffy’s general system theory”, *General systems*, 5, 171-180.
- Le Moigne J.L.
 (1977) *La théorie du système général – Théorie de la modélisation*, Paris, Presses Universitaires de France.
 (1982) « Systémique et épistémologie », in Lesourne J. (ed.), *La notion de système dans les sciences contemporaines*, T. 2, Aix en Provence, Librairie de l’université, 149-316.

- (2002a) *Le constructivisme, T. 1 : Les enracinements*, Paris, Ingenium.
- (2002b) *Le constructivisme, T. 2 : Épistémologie de l'interdisciplinarité*, Paris, Ingenium.
- Lenk H.
 (1978) „Wissenschaftstheorie und Systemtheorie. Zehn Thesen zu Paradigma und Wissenschaftsprogramm des Systemansatzes“, in Lenk H., Ropohl G. (1978) (ed.), 239-268.
 (1995), “Metaphysics, interpretation, and the subject”, in Hahn L.E. (1995) *The philosophy of Paul Weiss*, Chicago & La Salle, Southern Illinois University at Carbondale, 55-63.
- Lenk H., Ropohl G. (1978) (ed.) *Systemtheorie als Wissenschaftsprogramm*, Königstein/Ts., Athenäum Verlag.
- Lerner D. (1963) (ed.) *Parts and wholes*, New York, London, MacMillan.
- Lesourne J. (1982) *La notion de système dans les sciences contemporaines* (2 vol.), Université d'Aix-Marseille.
- Lévi-Strauss C. (1958) *Anthropologie structurale*, Paris, Plon.
- Lewin L.C. (1996) *Report from Iron Mountain on the Possibility and Desirability of Peace*, New York, Free Press.
- Lewin K. (1931) „Der Übergang von der aristotelischen zur galileischen Denkweise in Biologie und Psychologie“, *Erkenntnis*, 1, 421-466.
- Liebert A. (1926) „Besprechung über Friedrich Albert Langes Geschichte des Materialismus“, *Kantstudien* 31, 377-378.
- Lienau C.C. (1947) “Quantitative aspects of organization”, *Human biology*, 19, 4, 163-215.
- Lilienfeld R. (1978) *The rise of systems theory*, New York, Wiley.
- Livesey L.J. (1972) “Noetic planning: the need to know, but what ?”, in Laszlo E. (ed.), *The relevance of General Systems Theory*, New York, Braziller, 145-162.
- Lloyd Morgan C. (1923) *Emergent Evolution*, London, Williams & Norgate.
- Locke J. (2009) *Essai sur l'entendement humain*, Librairie Générale Française.
- Locker A.
 (1973) “On the ontological foundations of the theory of systems”, Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 537-571.
 (1998) “The Present Status of General System Theory, 25 Years after Ludwig von Bertalanffy's Decease – A Critical Overview”, <http://www.systemsresearch.cz/bert2.pdf>
- Loeb J. (1906) *Vorlesungen über die Dynamik der Lebenserscheinungen*, Leipzig, Barth.
- Löfgren L.
 (1972) “Relative explanations of systems”, in Klir G.J. (ed.), *Trends in general systems theory*, New York, Wiley, 340-407.
 (1978) “The complexity race”, in Klir G.J. (ed.) *Applied general systems research*, New York, London, Plenum, 85-90.
- Lorenz K.
 (1941) “Kants Lehre vom apriorischen im Lichte gegenwärtiger Biologie”, *Blätter für deutsche Philosophie*, 15, 94-125.
 (1981) *L'homme dans le fleuve du vivant*, Paris, Flammarion.
- Lotka A.J.
 (1925) *Elements of Physical Biology*, Baltimore, William & Wilkins Company.
 (1934) *Théorie analytique des associations biologiques*, Paris, Hermann.
- Lovejoy A.O. (1964) *The great chain of being*, Cambridge, London, Harvard University Press.
- Ludwig W. (1929) Vergleichende Untersuchung über Wachstumsgesetze. *Biologisches Zentralblatt*, 9, 735-758.
- Mach E.
 (1904) *La mécanique – Exposé historique et critique de son développement*, Paris, Hermann.
 (1996) *L'analyse des sensations*, Nîmes, Chambon.
- Maeterlinck M.
 (1929) *La vie des abeilles*, Paris, Fasquelle.
 (1930) *La vie des fourmis*, Paris, Fasquelle.

- Makridakis S., Weintraub E.R. (1971) "On the synthesis of general systems. I. The probability of stability. II. Optimal system size", *General systems*, 16, 43-54.
- Makridakis S., Faucheux C. (1973) "Stability properties of general systems", *General systems*, 18, 3-12.
- Mandelbaum M. (1957) "Societal laws", *British Journal of the Philosophy of Science*, 8, 211-224.
- Mandelbrot B. (1953) "An informational theory of statistical structure of language", in Jackson W. (ed.), *Communication Theory*, London, Butterworth.
- Marcuse H. (1970) *Culture et société*, Paris, Minuit.
- Margalef R. "Information theory in ecology", *General systems*, 3, 36-72.
- Maruyama M. (1963) "The second cybernetics: deviation-amplifying mutual causal processes", *General systems*, 8, 233-241.
- Mather K.F. (1951) "Objectives and Nature of Integrative Studies", *Main Currents in Modern Thought*, 8, 11.
- Mattessisch R. (1984) "The systems approach: its variety of aspects", *General systems*, 28, 29-42.
- McClelland C.A. (1961) "The scientific revolution and the social sciences", *General systems*, 6, 9-14.
- McCullough W.S., Pitts W.H. (1968) "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity", in Buckley W. (ed.) *Modern systems research for the behavioral scientist*, Chicago, Aldine Publishing Company, 93-96.
- McLean M. (1978) "The limitations of applied systems research", in *Applied general systems research*, New York, Plenum, 971-980.
- McNeil D.H.
 (1981) *Systemology – The fundamentals of a general science of systems*, Master thesis, Wharton School, University of Pennsylvania.
 (1993) "Architectural criteria for a general theory of systems", in Packmann R. (ed.), *The ethical management of science as a system*, Proceedings of the International Society for the Systems Sciences.
 (1995) "A survey of applied systemology", *Systems Research*, 12, 2, 133-145.
- Meier R.L. (1959) "Explorations in the realm of organization theory", *General systems*, 4, 185-202.
- Meixner J. (1943) „Zur Thermodynamik der irreversiblen Prozesse“, *Zeitschrift für physikalische Chemie* (B), 53, 235-263.
- Merritt R.L. (1964) "Distance and interaction among political communities", *General systems*, 9, 255-264.
- Mesarović M.D.
 (1964) "Foundations for a general systems theory", in Mesarović M.D. (ed.), *Views on general systems theory*, New York, John Wiley, 1-24.
 (1968) "Systems theory and biology – View of a theoretician", in Mesarović M.D., *Systems theory and biology*, Berlin, Heidelberg, New York, Springer, 59-87.
 (1972) "A mathematical theory of general systems", in Klir G.J. (ed.), *Trends in general systems theory*, New York, Wiley, 251-269.
- Mesarović M.D., Macko D. (1969) "Foundations for a scientific theory of hierarchical systems", in Whyte L.L., Wilson A.G., Wilson D. (ed.) *Hierarchical structures*, New York, Elsevier, 17-28.
- Mesarović M.D., Macko D., Takahara Y. (1970) *Theory of hierarchical, multilevel systems*, New York, Academic Press.
- Mesarovic M.D. & Pestel E. (1974), *Menschheit am Wendepunkt*, Stuttgart, Deutsche Verlags-Anstalt.
- Mesarović M.D. & Takahara Y.
 (1975) *General systems theory : mathematical foundations*, New York, Academic Press.
 (1989) *Abstract systems theory*, Berlin, Heidelberg, New York, Springer.
- Meyer F. (1967) "Situation épistémologique de la biologie », in Piaget J. (ed.), *Logique et découverte scientifique*, Paris, Gallimard (Pléiade), 781-821.
- Meyer-Abich A.
 (1926) „Das Mechanismus-Vitalismusproblem im Lichte neuerer logischer Forschungen“, *Biologisches Zentralblatt*, 46, 213-229.
 (1934) *Ideen und Ideale der biologischen Erkenntnis*, Leipzig, Barth.
 (1935) *Krisenepochen und Wendepunkte des biologischen Denkens*, Jena, Gustav Fischer.

- (1936) „Zwischen Scylla und Charybdis – Holistische Antikritik von Mechanismus und Vitalismus“, *Acta Biotheoretica*, 1, 203-217.
- Mill J.S. (1988) *L'utilitarisme*, Paris, Flammarion.
- Miller J.G.
 (1956a) “Editorial”, *Behavioral Science*, 1, 1, 1-4.
 (1956b) “Discussion and reviews”, *Behavioral Science*, 1, 4, 303-330.
 (1965) “Living systems: basic concepts”, “Living systems: structure and process”, “Living systems: cross-level hypotheses”, *Behavioral Science*, 10, 193-237, 337-379, 380-411.
 (1972) “Living systems: the organization”, *Behavioral Science*, 17, 1-82.
 (1978) *Living Systems*, New York, McGraw Hill.
 (1980) “Response to the reviewers of *Living systems*”, *Behavioral Science*, 25, 1, 65-79.
- Milsum J.H.
 (1968) “Technosphere, biosphere and sociosphere: an approach to their systems and optimization”, *General systems*, 13, 37-48.
 (1972) “The hierarchical basis for general living systems”, in Klir G.J. (ed.), *Trends in general systems theory*, New York, Wiley, 145-187.
- Misch G. (1926) „Die Idee der Lebensphilosophie in der Theorie der Geisteswissenschaften“, *Kantstudien*, 31, 536-548.
- Mises R. von
 (1930) „Über das naturwissenschaftliche Weltbild der Gegenwart“, *Die Naturwissenschaften*, 18, 43, 885-893.
 (1931) „Über kausale und statistische Gesetzmäßigkeit in der Physik“, *Erkenntnis*, 1, 189-210.
- Mitman G., Maienschein J. & Clarke A.E. (1993) “Crossing the borderlands: biology at Chicago – Introduction”. *Perspectives on Science*, vol. 1, n° 3.
- Mittasch A.
 (1938) „Bemerkungen über Anstoß- und Erhaltungskausalität in der Natur“, *Die Naturwissenschaften*, 12, 177-183.
 (1950) *Friedrich Nietzsches Naturbefliessenheit*, Heidelberg, Springer.
- Monod J. (1970) *Le hasard et la nécessité*, Paris, Seuil.
- Morris C.W. (1935) “The relation of the formal and empirical sciences within scientific empiricism”, *Erkenntnis*, 5, 6-16.
- Mulej M. et al. (2004) “How to restore Bertalanffian systems thinking ?”, *Kybernetes*, 33, 1, 48-61.
- Mumford L. (1950) *Technique et civilisation*, Paris, Seuil.
- Nagel E.
 (1961) *The structure of science – Problems in the logic of scientific explanation*, London, Routledge & Kegan Paul.
 (1963) “Wholes, sums, and organic unities”, in Lerner D. (ed.) *Parts and wholes*, New York, London, MacMillan, 135-155.
 (1965) “Über die Aussage: ‘das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile’”, in Topitsch E. (ed.), *Logik der Sozialwissenschaften*, Köln, Berlin, Kiepenheuer & Witsch, 225-235.
 (1968) “Mechanistic explanation and organismic biology”, in Madden E.H. (ed.), *The structure of scientific thought*, London, Routledge & Kegan Paul, 132-141
 (1969) “A formalization of functionalism”, in Emery F.E. (1969) *Systems thinking – Selected readings*, Penguin, 297-329.
- Naroll R.S. (1955) „A preliminary index of social development”, *American Anthropologist*, 58, 687-715.
- Needham A.E. (1973) “The mathematical definition of growth”, Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 591-622.
- Needham J.
 (1928a) “Organicism in biology”, *Journal of philosophical studies*, 3, 29-40.
 (1928b) “Recent developments in the philosophy of biology”, *Quarterly review of biology*, 3, 77-91.
 (1932a) “Thoughts on the problem of biological organisation”, *Scientia* (Milano), 2, 84-92.
 (1932b) « Les aspects chimiques de l'hétérogenie embryonnaire », *Bull. de la Soc. Philomatique*, 115.
 (1933) “Review of *Theoretische Biologie*”, *Nature*, 132, 986-987.
 (1945) “A note on Dr Novikoff's article”, *Science*, 101, 582.
 (1948) *Time, the refreshing river (Essays and addresses, 1932-1942)*, London, Allen & Unwin.

- Nernst W. (1922) „Zum Gültigkeitsbereich der Naturgesetze“, *Die Naturwissenschaften*, 21, 489-495.
- Neumann J. von
 (1963) “Method in the physical sciences”, in *Collected works*, T. VI, Pergamon Press, 491-498.
 (1996a) *Théorie générale et logique des automates*, Seysel, Champ Vallon.
 (1996b) *L'ordinateur et le cerveau*, Paris, Flammarion.
- Neurath O.
 (1932) „Soziologie im Physikalismus“, *Erkenntnis*, 2, 393-431.
 (1935a) „Einheit der Wissenschaft als Aufgabe“, *Erkenntnis*, 5, 16-22.
 (1935b) „Jordan, Quantentheorie und Willensfreiheit“, *Erkenntnis*, 5, 179-181.
- Newton I. (1999) *The Principia – Mathematical principles of natural philosophy*, University of California Press.
- Nietzsche F.
 (1951) *Par-delà le bien et le mal*, Paris, Union générale d'éditions.
 (1970) *Le crépuscule des idoles*, Mercure de France.
 (1971) *Ainsi parlait Zarathoustra*, Paris, Gallimard.
 (1982) *Le gai savoir*, Paris, Gallimard.
 (1991) *La volonté de puissance*, Librairie Générale Française.
 (2000) *Œuvres I*, Paris, Gallimard (Pléiade).
- Nyquist H.
 (1924) “Certain factors affecting telegraph speed”, *Bell System Technical Journal*, 3, 324–346.
 (1928) “Certain topics in telegraph transmission theory”, *Trans. AIEE*, 47, pp. 617–644.
- Odum E.P. (1976) *Écologie*, Montréal, HRW.
- O'Malley M.A., Dupré J. (2005) “Fundamental issues in systems biology”, *BioEssays*, 27, 1270-1276.
- Onsager L.
 (1931a) “Reciprocal relations in irreversible processes I”, *Physical Review*, 37, 405-426.
 (1931b) “Reciprocal relations in irreversible processes II”, *Physical Review*, 38, 2265-2279.
- Oppacher Franz (1978) “GST and ethics”, in Ericson R.F. (ed.), *Avoiding social catastrophes and maximizing social opportunities : the general systems challenge*, Proceedings of the 22th annual North American meeting of the S.G.S.R., 395-399.
- Orchard R.A. (1972), “On an approach to General Systems Theory”, in Klir G.J. (ed.), *Trends in general systems theory*, New York, Wiley, 205-250.
- Ortega y Gasset J. (1986) *La révolte des masses*, Paris, Labyrinthe.
- Orwell G. (1950) *1984*, Paris, Gallimard.
- Packard V. (1957) *The hidden persuaders*, New York, David McKay Co.
- Papert S. (1967) « Epistémologie de la cybernétique – Remarques sur la finalité », in Piaget J. (ed.), *Logique et découverte scientifique*, Paris, Gallimard (Pléiade), 822-861.
- Pareto V. (1968) *Traité de sociologie générale*, Genève, Paris, Droz.
- Parsons T. (1980) “Concrete systems and ‘abstracted’ systems”, *Behavioral Science*, vol. 25, 1, 46-55.
- Pattee H.H.
 (1969) “Physical conditions for primitive functional hierarchies”, in Whyte L.L., Wilson A.G., Wilson D. (ed.)
 (1969) *Hierarchical structures*, New York, Elsevier, 161-177.
 (1978) “Biological systems theory: descriptive and constructive complementarity”, in Klir G.J.(ed.), *Applied general systems research*, New York, Plenum, 511-520.
- Pavans de Ceccatty M. (1973) “The scandal of integration”, in Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 125-130.
- Peery N.S. (1972) “General systems theory : an inquiry into its social philosophy”, *The Academy of Management Journal*, 15, n°4, 495-510.
- Perrin J. (1993) *Les atomes*, Paris Flammarion.
- Peter K. (1973) “Sorokin and von Bertalanffy: a convergence of views”, in Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 131-142.

- Pfaff M. (1976) *Frontiers in social thought – Essays in honor of Kenneth E. Boulding*, Amsterdam, New York, Oxford, North-Holland Publishing Company.
- Piaget J.
 (1934, 1973) *La construction du réel chez l'enfant*, Neuchâtel, Delachaux et Niestlé.
 (1967) (ed.) *Logique et découverte scientifique*, Paris, Gallimard (Pléiade).
 (1968) *Le structuralisme*, Paris: Presses Universitaires de France.
 (1970) *L'épistémologie génétique*, Paris: Presses Universitaires de France.
- Planck M.
 (1926) „Physikalische Gesetzmäßigkeit im Lichte neuerer Forschung“, *Die Naturwissenschaften*, 13, 249-261.
 (1929a) „Aus der neuen Physik“, *Forschungen und Fortschritte*, 5, 16-17.
 (1929b) „Das Weltbild der neuen Physik“, *Forschungen und Fortschritte*, 5, 210-211.
 (1964) *Vorlesungen über Thermodynamik*, Berlin, De Gruyter & Co.
- Plate L. (1913) *Selektionsprinzip und Probleme der Artbildung – Ein Handbuch des Darwinismus*, Leipzig, Berlin, Wilhelm Engelmann.
- Platt J. (1969) “Theorems on boundaries in hierarchical systems”, in Whyte L.L., Wilson A.G., Wilson D. (ed.) (1969) *Hierarchical structures*, New York, Elsevier, 201-213.
- Poincaré H.
 (1908) *Science et méthode*, Paris, Flammarion.
 (1968) *La science et l'hypothèse*, Paris, Flammarion.
- Points R.C. (1971) “Systems theory or ‘systems approach’?”, *General systems bulletin*, 3, 2,
- Popper K. (1991) *La connaissance objective*, Paris, Flammarion.
- Porsch O. (1931) „Richard Wettstein“, *Biologia Generalis*, 7, 3.
- Powers W.T., Clark R.K., McFarland R.L. (1960) “A general feedback theory of human behavior I-II”, *General systems*, 5, 63-84.
- Prigogine I. (1947) *Etude thermodynamique des phénomènes irréversibles*, Liège, Densoer.
- Prigogine I., Wiame J.M. (1946) « Biologie et thermodynamique des phénomènes irréversibles », *Experientia* 2, 451-453.
- Prigogine I., Stengers I. (1979) *La nouvelle alliance*, Paris, Gallimard.
- Pringle J.W.S. (1956) “On the parallel between learning and evolution”, *General systems*, 1, 90-110.
- Przibram H.
 (1906) „Kristall-Analogien zur Entwicklungsmechanik der Organismen“, *Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen*, 22, 207-271.
 (1920) *Die anorganische Grenzgebiete in der Biologie*, Berlin, Gebrüder Borntraeger.
 (1923) *Aufbau mathematischer Biologie*, Berlin, Gebrüder Borntraeger.
- Purcell E. (1963) “Parts and wholes in physics”, in Lerner D. (ed.) *Parts and wholes*, New York, London, MacMillan, 11-21.
- Pütter A. (1920) „Studien über physiologische Ähnlichkeit VI. Wachstumsähnlichkeiten“, *Pflügers Archiv*, 180, 298-340.
- Quastler H. (1953) *Essays on the use of information theory in biology*, Urbana, University of Illinois Press.
- Quine W.V.O. (1977) *Le mot et la chose*, Paris, Flammarion.
- Radl E. (1927) „Die Biologie und die Geisteswissenschaften“, in Schneider H., Schingnitz W., *Festschrift Hans Driesch*, 1, Leipzig, Reinicke Verlag, 131-145.
- Rapoport A.
 (1949) “Outline of a probabilistic approach of animal sociology”, *Bulletin of mathematical biophysics*, 11, 3, 183-196.
 (1952) “Periodicities of open linear systems with positive steady states”, *Bulletin of mathematical biophysics*, 14, 171-183.
 (1953) *Operational philosophy*, San Francisco: International Society for General Semantics.
 (1955) „Utility and application of mathematical models” (mimeograph), *Center for Advanced Studies in the Behavioral Sciences*, Stanford.

- (1956a) "Comment : language as behavior", *Behavioral Science*, 1, 6, 308-316.
- (1956b) "The diffusion problem in mass behavior", *General Systems*, 1, 48-54.
- (1956c) "The promise and pitfall of information theory", in Buckley W. (ed.), *Modern system research for the behavioral scientist*, Chicago, Aldine Publishing Company (1968), 137-142.
- (1957) "Lewis F. Richardson's mathematical theory of war", *General Systems*, 2, 55-91.
- (1958) "Various meanings of 'theory'", *General Systems* 23 (1978), 29-40.
- (1959) "Critiques of game theory", *Behavioral Science*, 4, 49-66.
- (1960a) *Fights, games and debates*, Ann Arbor, University of Michigan Press (référéncé dans la thèse à *Combats, débats et jeux*, Paris, Dunod (1967)).
- (1960b) "Some self-organizing parameters in three person groups", *General Systems*, 5, 129-144.
- (1962) "An essay on mind", *General Systems*, 7, 85-101.
- (1963) "Remarks on general systems theory", *General Systems*, 8, 123-124.
- (1965) "Discussant II", in Royce J.R. & al. (ed.), *Psychology and the symbol*, New York, Random House, 95-105.
- (1966a) "Mathematical aspects of general systems analysis", *General Systems*, 11, 3-11.
- (1966b) "A taxonomy of 2*2 games", *General Systems*, 11, 203-214.
- (1968) "Foreword", in Buckley W. (ed.) *Modern systems research for the behavioral scientist*, Chicago, Aldine Publishing Company (ed.), xiii-xxii.
- (1969a) "Methodology in the physical, biological and social sciences", *General Systems*, 14, 179-186.
- (1969b) "Review of Buckley : sociology and modern systems theory", *General Systems*, 14, 195-196.
- (1970) "Modern systems theory – An outlook for coping with change", *General Systems*, 15, 15-26.
- (1971) *Science and the goals of man*, Westport, Greenwood Press.
- (1972a) "The uses of mathematical isomorphism in GST", in Klir G.J. (ed.), *Trends in general systems theory*, New York, Wiley, 42-77.
- (1972b) "The search for simplicity", in Laszlo E. (ed.), *The relevance of General Systems Theory*, New York, Braziller, 13-30.
- (1973a) "Review of Laszlo : Introduction to systems philosophy", *General Systems*, 18,
- (1973b) "Review of Laszlo : The systems view of the world", *General Systems*, 18,
- (1973c) "Mathematical general system theory", in Gray W. & Rizzo N.D. (ed.), 437-460.
- (1974) "Review of Laszlo E.: *The system approach of the world order*", *General Systems*, 19, 247-250.
- (1975) "Uses of game theoretical models in biology", *General Systems*, 20, 49-58.
- (1976) "General systems theory: a bridge between two cultures", in White J.D. (ed.), *General systems theorizing – An assessment and prospects for the future*, Proceedings of the annual North American meeting of the S.G.S.R., 9-16 (et in *General systems*, 23, 149-158).
- (1980) "Philosophical perspectives on 'Living systems'", *Behavioral science*, 25, 1, 56-64.
- (1988) *Allgemeine Systemtheorie*, Darmstadt, Darmstädter Blätter.
- Rapoport A., Hayakawa S. (1950) *Science and the goals of man*, New York, Harper & Bros.
- Rapoport A., Horvath W.J. (1959) "Thoughts on organization theory and a review of two conferences", *General Systems*, 4, 87-91.
- Rapoport A., Rebhun L.I. (1952) "On the mathematical theory of rumor spread", *Bulletin of mathematical biophysics*, 14, 375-383.
- Rashevsky N.
- (1929a) „Zur Theorie der bei Diffusion in kleinen Tropfen entstehenden Gleichgewichtsfiguren im Zusammenhang mit dem Formproblem in der Physik“, *Zeitschrift für Physik*, 53.
- (1929b) „Über Hysterese-Erscheinungen in physikalisch-chemischen Systemen“, *Zeitschrift für Physik*, 53.
- (1930) „Zur Thermodynamik von Systemen mit mehreren Gleichgewichten“, *Zeitschrift für Physik*, 59.
- (1933) « Outline of a physico-mathematical theory of excitation and inhibition », *Protoplasma*, 20, 42-56.
- (1934a) "Foundations of mathematical biophysics", *Philosophy of science*, 1, 2, 176-196.
- (1934b) "Physico-mathematical aspects of the Gestalt-problem", *Philosophy of science*, 1, 4, 409-419.
- (1935) "Outline of a mathematical theory of human relations", *Philosophy of science*, 2,4, 413-430.
- (1938) *Mathematical biophysics*, University of Chicago Press.
- (1940) *Advances and applications of mathematical biology*, University of Chicago Press.
- (1948) *Mathematical biophysics*, 2nd edition, University of Chicago Press.
- (1951) *Mathematical biology of social behaviour*, University of Chicago Press.
- (1952) "The effect of environmental factors on the rates of cultural developments", *Bulletin of mathematical biophysics*, 14, 193-202.
- (1954) "Topology and life: in search of general mathematical principles in biology and sociology", *Bulletin of mathematical biophysics*, 16, 317-348.

- (1956) "The geometrization of biology", *Bulletin of mathematical biophysics*, 18, 31-56.
- (1958) "A contribution to the search of general mathematical principles in biology", *Bulletin of mathematical biophysics*, 20, 71-93.
- (1960) *Mathematical biophysics*, 3^d edition, New York, Dover.
- (1967) "Organismic sets: outline of a general theory of biological and sociological organisms", "Organismic sets and biological epimorphism", "Physics, biology and sociology", *Bulletin of mathematical biophysics*, 29, 139-152, 389-393, 643-648.
- (1968) "Organismic sets: II. Some general considerations", *Bulletin of mathematical biophysics*, 30, 163-174.
- Rauschenberger W. (1942) *Eduard von Hartmann*, Heidelberg, C. Winter's Universitätsbuchhandlung.
- Reckmeyer W.J.
- (1976) "General systems theorizing and the social sciences : the conduct of enquiry", White J.D. (ed.), *General systems theorizing – An assessment and prospects for the future*, Proceedings of the annual North American meeting of the S.G.S.R., 64-68.
- (1981) "Preface", in Gibson R.O. (ed.), *General systems research and design : precursors and futures*, Proceedings of the 25th annual North American meeting of the S.G.S.R., i.
- (1983) "The current nature and scope of general systems education", in Banathy B.H. (ed.) *Systems Education: Perspectives, Programs, and Methods*, Seaside, Intersystems, 75-80.
- Redfield R. (1968) „Levels of integration in biological and social systems“, in Buckley W. (ed.) *Modern systems research for the behavioral scientist*, Chicago, Aldine Publishing Company, 59-70.
- Reichenbach H.
- (1930a) „Die philosophische Bedeutung der modernen Physik“, *Erkenntnis*, 1, 49-71.
- (1930b) „Kausalität und Wahrscheinlichkeit“, *Erkenntnis*, 1, 158-188.
- (1932) *La philosophie scientifique – Vue nouvelle sur ses buts et ses méthodes*, Paris, Hermann.
- (1935) „Metaphysik bei Jordan ?“, *Erkenntnis*, 5, 178-179.
- (1951) *The rise of scientific philosophy*, University of California Press.
- Reiner J.M. (1953) "The study of metabolic turnover rates by means of isotopic tracers", *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 46, 53-99.
- Reiner J.M., Spiegelman S. (1945) "The energetics of transient and steady states, with special reference to biological systems", *Journal of Physical Chemistry*, 49, 81-92.
- Reininger R. (1978) *Einführung in die Probleme und Grundbegriffe der Philosophie*, Wien, Österreichische Akademie der Wissenschaften.
- Reinke J. (1901) *Einleitung in die theoretische Biologie*, Berlin, Gebrüder Paetel.
- Reiss J.O. (2003) „Relative fitness, teleology, and the adaptive landscape“, *Evolutionary biology*, 34, 4-27.
- Rensch B. (1968) *Biophilosophie auf erkenntnistheoretischer Grundlage*, Stuttgart, Gustav Fischer Verlag.
- Rescigno A. (1960) „Synthesis of a multicompartimented biological model“, *Biochemica et Biophysica Acta*, 37, 463-468.
- Rickert H.
- (1922) *Die Philosophie des Lebens – Darstellung und Kritik der philosophischen Modeströmungen unserer Zeit*, Tübingen, J.C.B. Mohr (Paul Siebeck).
- (1997) *Science de la culture et science de la nature, suivi de Théorie de la définition*, Paris, Gallimard.
- Riesman D. (1964) *La foule solitaire – Anatomie de la société moderne*, Paris, Arthaud.
- Rignano E.
- (1908) *La transmissibilité des caractères acquis*, Paris, Alcan.
- Rizzo N.D. (1972) « The significance of von Bertalanffy for psychology », in Laszlo E. (ed.), *The relevance of General Systems Theory*, New York, Braziller, 135-144.
- Robertson T.B.
- (1908) "On the normal rate of growth of an individual, and its biochemical significance", *Roux Archiv*, 25, 581-613.
- (1913) "On the nature of the autocatalyst of growth", *Roux Archiv*, 37, 497-508.
- Ropohl G. (1978) "Einführung in die allgemeinen Systemtheorie", in Lenk H., Ropohl G. (1978) (ed.) *Systemtheorie als Wissenschaftsprogramm*, Königstein/Ts., Athenäum Verlag, 9-49.

Rosen R.

(1958a) "A relational theory of biological systems", *Bulletin of mathematical biophysics*, 20, 245-260.

(1958b) "The representation of biological systems from the standpoint of the theory of categories", *Bulletin of mathematical biophysics*, 20, 317-341.

(1967) *Optimality principles in biology*, London, Butterworths.

(1968) "On analogous systems", *Bulletin of mathematical biophysics*, 30, 481-492.

(1969a) "Comments on the use of the term hierarchy", in Whyte L.L., Wilson A.G., Wilson D. (ed.), *Hierarchical structures*, New York, Elsevier, 52-53.

(1969b) "Hierarchical organization in automata theoretic models of biological systems", in Whyte L.L., Wilson A.G., Wilson D. (ed.) *Hierarchical structures*, New York, Elsevier, 179-199.

(1969c) "Putting a science back on the track – Review of L. von Bertalanffy's *General System Theory*", *Science*, 164, 681-682.

(1972a) "Some systems theoretical problems in biology", in Laszlo E. (ed.), *The relevance of General Systems Theory*, New York, Braziller, 43-66.

(1972b) "Nicolas Rashevsky – 1899-1972", *Progress in Theoretical Biology*, 2, xi-xiv.

(1977a) "Complexity as a system property", *International journal of general systems*, vol. 3, n°4, 227-232.

(1977b) "Modelling: an algebraic perspective", in White J.D. (ed.), *The general systems paradigm : science of change and change of science*, Proceedings of the annual North American meeting (S.G.S.R.), 504-509.

(1978) "Biology and systems research: an overview", in Klir G.J. (ed.), *Applied general systems research*, New York, Plenum, 489-510.

(1979) "Old trends and new trends in general systems research", *International journal of general systems*, vol. 5, n°3, 173-184.

(1991) *Life itself: a comprehensive inquiry into the nature, origin and fabrication of life*, New York, Columbia University Press.

Rosenblueth A., Wiener N.

(1945) „The role of models in science”, *Philosophy of Science*, 12, 316-321.

(1968) "Purposeful and non purposeful behaviour", in Buckley W. (ed.), *Modern systems research for the behavioral scientist*, Chicago, Aldine Publishing Company, 232-237.

Rosenblueth A., Wiener N., Bigelow J. (1943) "Behavior, purpose and teleology", *Philosophy of Science*, 10, 18-24.

Rosenhead J. (1989) "Operational research: from past imperfect to future subjunctive", in Flood R.L., Jackson M.C., Keys P. (ed.) *System prospects – The next ten years of systems research*, New York, London, Plenum Press, 141-146.

Ross D.M. (1973) "Ludwig von Bertalanffy – Leading theoretical biologist of the 20th century", in Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 53-66.

Royce J.R. (1965) "Psychology at the crossroads between sciences and the humanities", in Royce J.R. & al. (ed.), *Psychology and the symbol*, New York, Random House, 3-25.

Rudy H. (1929) „Zum Begriff der biologischen Feldtheorie“, *Annalen der Philosophie und philosophischen Kritik*, 8, 58-64.

Russell B.

(1959) "Logical atomism", in Ayer A.J. *Logical positivism*, New York, The Free Press, 31-50.

(1962) *Ma conception du monde*, Paris, Gallimard.

(2002) *La connaissance humaine – Sa portée et ses limites*, Paris, Vrin.

Russell E.S. (1933) "Review of *Theoretische Biologie*", *Science Progress*, 363-364.

Russell W.M.S.

(1958) "Evolutionary concepts in behavioral science", *General systems*, 3, 18-28.

(1959) "Evolutionary concepts in behavioral science: II. Organic evolution and the genetical theory of natural selection", *General systems*, 4, 45-74.

(1961) "Evolutionary concepts in behavioral science: III. The evolution of behavior in the individual animal and the principle of combinatorial selection", *General systems*, 6, 51-94.

(1962) "Evolutionary concepts in behavioral science: IV. The analogy between organic and individual behavioral evolution, and the evolution of intelligence", *General systems*, 7, 157-194.

Ruyer R.

(1954) *La cybernétique et l'origine de l'information*, Paris, Flammarion.

(1956) *La genèse des formes vivantes*, Paris, Flammarion.

- (1974) *La gnose de Princeton – Des savants à la recherche d'une religion*, Paris, Fayard.
- Rysselberghe P. van (1948) „Towards a biological thermodynamics”, *Scientia*, 83, 60-63.
- Sadovsky V.N.
(1971) « Aspects méthodologiques d'une théorie générale des systèmes », *Revue internationale de philosophie*, 25, 547-564.
(1972) “General systems theory: its tasks and methods of construction”, *General systems*, 17, 171-180.
- Sagasti F. (1970) “A conceptual and taxonomic framework for the analysis of adaptive behavior”, *General systems*, 15, 151-160.
- Sahlins M. (1976) *Age de pierre, âge d'abondance – L'économie des sociétés primitives*, Paris, Gallimard.
- Saller K. (1927) „Untersuchungen über das Wachstum bei Säugetieren (Nagern) I.“, *Roux' Archiv*, 111, 453-592.
- Samuelson K. (1981) „Systems science in universities, international education and comparative curricula“, in Gibson R.O. (ed.), *General systems research and design : precursors and futures*, Proceedings of the 21th annual North American meeting of the S.G.S.R., 423-428.
- Sapper K.
(1925/1926) „Einheitliche Naturauffassung“, *Annalen der Philosophie und der philosophischen Kritik*, 5, 36-42.
(1926) „Neuerscheinungen auf dem Gebiete der allgemeinen Biologie im deutschen Sprachgebiet, I-II“, *Biologia Generalis*, 2, 338-351, 887-914.
(1935) „Die Biologie als autonome Wissenschaft I“, *Acta Biotheoretica*, 1, 41-45.
(1936) „Die Biologie als autonome Wissenschaft II“, *Acta Biotheoretica*, 2, 12-18.
- Schaxel J.
(1919) *Grundzüge der Theorienbildung in der Biologie*, Jena, Fischer.
(1931) „Das biologische Individuum“, *Erkenntnis*, 1, 467-492.
- Schelling F.W.J. (2001) *Introduction à l'esquisse d'un système de philosophie de la nature*, Librairie Générale Française.
- Schlick M.
(1926) „Erleben, Erkennen, Metaphysik“, *Kantstudien*, 31, 146-158.
(1930) „Die Wende der Philosophie“, *Erkenntnis*, 1, 4-11.
(1933) „Positivismus und Realismus“, *Erkenntnis*, 3, 1-31.
(1935a) „Über den Begriff der Ganzheit“, *Erkenntnis*, 5, 52-55.
(1935b) „Ergänzende Bemerkungen über P. Jordan's Versuch einer quantentheoretischen Deutung der Lebenserscheinungen“, *Erkenntnis*, 5, 181-183.
- Schmalhausen I.
(1927a) „Beiträge zur quantitativen Analyse der Formbildung – I Über die Gesetzmäßigkeiten des embryonalen Wachstums“, *Roux' Archiv*, 109, 455-512.
(1927b) „Beiträge zur quantitativen Analyse der Formbildung – II Das Problem des proportionales Wachstum“, *Roux' Archiv*, 110, 33-62.
(1929a) „Die Bestimmung des spezifischen Wachstumsertrages als vergleichende Untersuchungsmethode“, *Roux' Archiv*, 115, 678-692.
(1929b) (mit Bordzilowskaja N.) „Über die Analogie zwischen dem Wachstum der Organismen und Populationen“, *Roux' Archiv* 115, 693-706.
(1931) „Das Wachstumsgesetz als Gesetz der progressiven Differenzierung“, *Roux Archiv*, 123, 153-178.
- Schnehen W. von (1929) *Eduard von Hartmann*, Stuttgart, Fr. Frommanns Verlag.
- Schopenhauer A.
(2001) *Philosophie et science*, Paris, Librairie Générale Française.
(2003) *Le monde comme volonté et comme représentation*, Paris, P.U.F.
- Schrödinger E.
(1926) *Abhandlungen zur Wellenmechanik*, Leipzig, Barth.
(1986) *Qu'est-ce que la vie ?*, Paris, Bourgois.
(1992) *Physique quantique et représentation du monde*, Paris, Seuil.
- Schubert-Soldern R. (1951) *Philosophie des Lebendigen*, Graz, Salzburg, Wien, Pustet.
- Schurz J. (2003) “Life – A complex polymer system”, 42, 3, 471-478.

- Scott K.J. (1961) "Methodological and epistemological individualism", *British Journal of the Philosophy of Science*, 11, 331-336.
- Sengupta S., Ackoff R.L. (1965) "Systems theory from an operational point of view", *General systems*, 10, 43-48.
- Sève L. (2005) *Émergence, complexité et dialectique*, Paris, Odile Jacob.
- Shchedrovitzsky G.P.
 (1966) "Methodological problems of systems research", *General systems*, 11, 27-54.
 (1982) "Methodological organization of system-structural research and development", *General systems*, 27, 75-96.
- Simmel G.
 (1987) *Philosophie de l'argent*, Paris, P.U.F.
 (1988) *La tragédie de la culture et autres essais*, Paris, Rivages.
 (2004) *Philosophie de la modernité*, Paris, Payot.
- Simon H.A.
 (1957) *Models of Man – Social and rational*, New York, John Wiley & sons.
 (1974) *La science des systèmes, science de l'artificiel*, Paris, Epi.
- Simon T.W. (1975) "Toward an empiricist systems theory", *General systems*, 20, 209-212.
- Skrabal A. (1944) „Von den Simultanreaktionen“, *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, A, 77, 1-12.
- Slobodkin L.B.
 (1958) "Formal properties of animal communities", *General systems*, 3, 73-100.
 (1968) "Aspects of the future of ecology", *General systems*, 13, 115-124.
- Small M.G. (1981) "What's wrong with systems ? An inquiry into the negative criticisms directed at systems analysis and systems theory", *General systems bulletin*, 11, 2, 25-31.
- Smokzer P. (1963) "A pilot study of the present arms race", *General systems*, 8, 61-76.
- Smuts J.C. (1973) *Holism and evolution*, Westport, Greenwood Press.
- Snow C.P. (1968) *Les deux cultures*, Paris, Pauvert.
- Sommerfeld A. (1924) "Grundlagen der Quantentheorie und des Bohrschen Atommodelles", *Die Naturwissenschaften*, 12, 1047-1049.
- Sorokin P.A.
 (1938) *Les théories sociologiques contemporaines*, Paris, Payot.
 (1963) "Sociology of my mental life", in Allen P.J., Pitrim A. *Sorokin in review*", The American Sociological Forum, Duke University Press, 3-36.
 (1966) *Sociological theories of today*, New York, Harper & Row.
- Spann O.
 (1937) *Naturphilosophie*, Jena, Gustav Fischer.
 (1939) *Kategorienlehre*, Jena, Gustav Fischer.
- Spemann H.
 (1924) „Über Organisatoren in der tierischen Entwicklung“, *Die Naturwissenschaften*, 12, 1092-1094.
 (1927) „Neue Arbeiten über Organisatoren in der tierischen Entwicklung“, *Die Naturwissenschaften*, 15, 946-951.
- Spengler O. (1976) *Le déclin de l'Occident*, vol. 1 & 2, Paris, Gallimard.
- Spetsieris K. (1938) *Das Formproblem in der Naturphilosophie der Gegenwart*, München, Hansdruckerei.
- Spinoza B. (1954) *Oeuvres complètes*, Paris, Gallimard (Pléiade).
- Stachowiak H.
 (1965) „Gedanken zu einer allgemeinen Theorie der Modelle“, *Studium Generale*, 18, 432-463.
 (1978) "Erkenntnis in Modellen", in Lenk H., Ropohl G. (1978) (ed.) *Systemtheorie ans Wissenschaftsprogramm*, Königstein/Ts., Athenäum Verlag, 50-64.
- Stephan K.E. (2004) "On the role of general system theory for functional neuroimaging", *Journal of anatomy*, 205, 443-470.

- Strauss D.F.M. (2002) "The scope and limitations of von Bertalanffy's systems theory", *South African Journal of Philosophy*, 21, 3, 163-179.
- Strzygowski J. (1923) *Die Krisis der Geisteswissenschaften*, Wien, A. Schroll & co.
- Suppes P. (1961) "A comparison of the meaning and uses of models in mathematics and the empirical sciences", in Freudenthal H. (ed.), *The concept and the role of the model in mathematics and natural and social sciences*, New York, Gordon & Breach, 163-177.
- Sutherland J.W.
 (1973) "Beyond system engineering: the general system theory potential for social science system analysis", *General systems*, 18, 57-76.
 (1974) "Axiological predicates of scientific enterprise", *General systems*, 19, 3-14.
- Szilard L. (1929) „Über die Entropieverminderung in einem thermodynamischen System bei Eingriffe intelligenter Wesen“, *Zeitschrift für Physik*, 53, 840-960.
- Taschdjian E. (1968) „Notes for a generalized theory of interfaces“, *General systems*, 13, 77-84.
- Taylor R. (1968) "Comments on a mechanistic conception of purposefulness", in Buckley W. (ed.), *Modern systems research for the behavioral scientist*, Chicago, Aldine Publishing Company, 226-231.
- Teilhard de Chardin P.
 (1947) *Le phénomène humain*, Paris, Seuil.
 (1956) *Le groupe zoologique humain*, Paris, Albin Michel.
- Thayer F. (1972) „General system(s) theory : the promise that could not be kept“, *The Academy of Management Journal*, 15, n°4, 481-493.
- Thom R.
 (1972) *Stabilité structurelle et morphogénèse*, New York, Paris, Ediscience.
 (1979) « Modélisation et scientificité », in Delattre P., Theillier M. (1979) *Élaboration et justification des modèles I*, Paris, Maloine, 21-29.
 (1982) « Mathématiques et théorisation scientifique », in Apéry R. & al., *Penser les mathématiques*, Paris, Seuil, 252-273.
 (1993a) *Prédire n'est pas expliquer*, Paris, Champs-Flammarion.
 (1993b) « De la physique à la philosophie naturelle : l'itinéraire exemplaire de Pierre Delattre », in Bruter C.P. (ed.), *Modèles et transformations – La biologie théorique et Pierre Delattre*, Paris, Polytechnica, 111-131.
- Thompson J.W.
 (1960) "Mental science, meteorology and general system theory", *General systems*, 5, 21-28.
 (1961) "The organismic concept in meteorology", *General systems*, 6, 45-50.
 (1962) "Meteorological models in the social sciences: complex processes in meteorology and sociology", *General systems*, 7, 283-292.
 (1963) "Meteorological models in the social sciences: I. Suggestions for the dynamic control of behaviour. II. The use of meteorological concepts. III. Complex situations", *General systems*, 8, 153-182.
 (1964) "Sociometry and the physical sciences, I-II", *General systems*, 9, 1-14.
 (1965) "Similar problems in meteorology and psychology", *General systems*, 10, 49-60.
 (1966) "Meteorological problems and the social sciences: further comparisons", *General systems*, 11, 19-26.
- Thompson D'Arcy W. (1961) *On Growth and Form*, Cambridge, University Press.
- Thumb N. (1943) "Die Stellung der Psychologie zur Biologie – Gedanken zur Lv. Bertalanffys 'theoretischer Biologie'", *Zentralblatt für Psychotherapie*, 15, 139-149.
- Thurstone L.L. (1923) "The stimulus-response fallacy in psychology", *Psychological Review*, 30, 354-369.
- Toptisch E. (1965) (ed.) *Logik der Sozialwissenschaften*, Köln/Berlin, Kiepenheuer & Witsch.
- Toulmin S. (1966) "Are the principles of logical empiricism relevant to the actual work of science ?", *Scientific American*, 129-133.
- Trintscher K.S. (1973) "The non-applicability of the entropy concept in living systems", Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 315-340.
- Troncale L.R. (1978) "Linkage propositions between fifty principal systems concepts", in Klir G.J.(ed.), *Applied general systems research*, New York, Plenum, 29-52.
- Tschulok S. (1922) *Deszendenzlehre – Ein Lehrbuch auf historisch-kritischer Grundlage*, Jena, Gustav Fischer.

- Uexküll J. von (1965) *Mondes animaux et mondes humains – Théorie de la signification*, Paris, Denoël.
- Ullmo J. (1969) *La pensée scientifique moderne*, Paris, Flammarion.
- Umpleby S.A., Dent E.B. (1999) “The origins and purposes of several traditions in systems theory and cybernetics”, *Cybernetics and systems*, 30, 79-103.
- Ungerer E.
 (1922) *Die Teleologie Kants und ihre Bedeutung für die Logik der Biologie*, Berlin, Gebrüder Borntraeger.
 (1927) „Der Sinn des Vitalismus und des Mechanismus in der Lebensforschung“, in Schneider H., Schingnitz W., *Festschrift Hans Driesch*, 1, Leipzig, Reinicke Verlag, 149-168.
 (1942) „Die Erkenntnisgrundlagen der Biologie. Ihre Geschichte und ihr gegenwärtiger Stand“, in Bertalanffy L. von (ed.), *Handbuch der Biologie*, 1, 1, Postdam, Akademische Verlagsgesellschaft Athenaion, 1-94.
 (1966) *Die Wissenschaft vom Leben*, Freiburg, München, Karl Alber.
 (1973) “The position of Ludwig von Bertalanffy in contemporary thought”, in Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 101-106.
- Uschmann G. (1968) “Die Naturgeschichte des biologischen Modells”, in *Nova Acta Leopoldina*, 33, 184, 43-64.
- Vaihinger H. (1965) *The philosophy of the „as if“*, London, Routledge & Paul.
- Varela F.J. (1978) “On being autonomous: the lessons of natural history for systems theory”, in Klir G.J.(ed.), *Applied general systems research*, New York, Plenum, 77-84.
- Vickers G.
 (1957) “control, stability and choice”, *General systems*, 2, 1-8.
 (1970) “A classification of systems”, *General systems*, 15, 3-6.
 (1978) “Some implications of systems thinking”, *General systems bulletin*, 8, 2, 9-14.
- Vico G. (1993) *La science nouvelle*, Paris, Gallimard.
- Vining R. (1955) “A description of certain spatial aspects of an economic system”, *Economic Development and Culture Change*, 3.
- Vogt W. (1948) *Road to survival*, New York, William Sloane Associates.
- Volterra V.
 (1931) *Leçons sur la théorie mathématique de la lutte pour la vie*, Paris, Gauthier-Villars.
 (1937) « Principes de biologie mathématique », *Acta Biotheoretica*, 3, 1-35.
- Waddington C.H. (1947) *Organisers and Genes*, Cambridge, University Press.
- Waerden B. van der (1968), “Mathematische Modelle in der Biologie”, *Nova Acta Leopoldina*, 33, 184, 65-74.
- Waldo D. “Organization theory: an elephantine problem”, *General systems*, 7, 247-260.
- Walker C.C. (1977) “Tutorials: foundations of system modelling”, in White J.D. (ed.), *The general systems paradigm : science of change and change of science*, Proceedings of the annual North American meeting (S.G.S.R.), 503.
- Walker C.C., Gelfand A.E. (1978) “Managing complex systems: an application of ensemble methods in system theory”, in Klir G.J.(ed.), *Applied general systems research*, New York, Plenum, 175-186.
- Walter R.I., Walter N.I. (1971) “The equivocal principle in systems thinking”, *General Systems*, 16, 3-12.
- Ward L.M. & al. (1978) “World modeling : some critical foundations”, *Behavioral Science*, 23, 3, 135-147.
- Warren C.E., Allen M., Haefner J.W. (1979) “Conceptual frameworks and the philosophical foundations of general living systems theory”, *Behavioral Science*, 24, 5, 296-310.
- Watt K.F.E.
 (1958a) “The choice and solution of mathematical models for predicting and maximizing the yield of a fishery”, *General systems*, 3, 101-121.
 (1958b) Studies in population productivity. I. Three approaches to the optimum yield problem”, *General systems*, 3, 122-147.
 (1962) “Mathematical models for use in insect pest control”, *General systems*, 7, 195-230.
 (1964) “The conceptual formulation and mathematical solution of practical problems in population input-output dynamics”, *General systems*, 9, 159-168.
- Weaver W. (1948) “Science and complexity”, *American Scientist*, 36, 536-544.

- Weaver W., Shannon C.E. (1975) *Théorie mathématique de la communication*, Paris, Retz – C.E.P.L.
- Weber H. (1939) „Der Umweltbegriff der Biologie und seine Anwendung“, *Der Biologe*, 8, 245-261.
- Weber M.
 (1963) *Le savant et le politique*, Paris, Plon.
 (1964) *L'éthique protestante et l'esprit du capitalisme*, suivi de *Les sectes protestantes et l'esprit du capitalisme*, Paris, Plon.
 (1996) *Sociologie des religions*, Paris, Gallimard.
- Weinberg G.M. (1972) “A computer approach to general systems theory”, in Klir G.J. (ed.), *Trends in general systems theory*, New York, Wiley, 98-141.
- Weinberg S. (1997) *Le rêve d'une théorie ultime – Eloge du réductionnisme*, Paris, Odile Jacob.
- Weinhandl F. (1931) „Führer und Ganzheit“, *Forschungen und Fortschritte*, 7, 211-212.
- Weiss P.A.
 (1925) „Tierisches Verhalten als ‘Systemreaktion’. Die Orientierung der Ruhestellung von Schmetterlingen (Vanessa) gegen Licht und Schwerkraft“, *Biologia Generalis* 1, 167-248.
 (1926) *Morphodynamik*, Berlin, Gebrüder Borntraeger.
 (1974) *L'archipel scientifique*, Paris, Maloine.
- Wenzl A.
 (1937) *Metaphysik der Biologie von heute*, Leipzig, Meiner Verlag.
 (1949) *Wissenschaft und Weltanschauung – Natur und Geist als Probleme der Metaphysik*, Leipzig, Meiner.
- Weyl H.
 (1958) *Temps, espace, matière*, Paris, Blanchard.
 (1963) *Philosophy of mathematics and natural science*, New York, Atheneum.
- White J.D. (1976) “Systems theory and phenomenology”, in White J.D. (ed.), *General systems theorizing – An assessment and prospects for the future*, Proceedings of the annual North American meeting of the S.G.S.R., 22-30.
- Whitehead A.N.
 (1994) *La science et le monde moderne*, Paris, Rocher.
 (1995) *Procès et réalité – Essai de cosmologie*, Paris, Gallimard.
- Whittacker R.H. (1953) “A consideration of climax theory: the climax as a population and pattern”, *Ecological monographs*, 23, 41-63.
- Whyte L.L. (1973) “The structural hierarchy in organisms”, Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 271-286.
- Whyte L.L., Wilson A.G., Wilson D. (ed.) (1969) *Hierarchical structures*, New York, Elsevier.
- Whorf B.L. (1956), *Language, thought and reality*, Cambridge (Mass.), M.I.T. Press.
- Wiener N.
 (1948) *Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine*, Cambridge (Mass.), M.I.T. Press.
 (1962) *Cybernétique et société*, Paris, Union Générale d'Édition.
 (1968) “Cybernetics in history”, in (ed.) Buckley W., *Modern systems research for the behavioral scientist*, Chicago, Aldine Publishing Company, 31-38.
- Wigner E. (1960) “The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences”, *Communication on pure and applied mathematics*, 13, 1-14.
- Wilson A. (1969) “Closure, entity and level”, in Whyte L.L., Wilson A.G., Wilson D. (ed.) *Hierarchical structures*, New York, Elsevier, 54-55.
- Wilson D. (1969) “Forms of hierarchy: a selected bibliography”, in Whyte L.L., Wilson A.G., Wilson D. (ed.) *Hierarchical structures*, New York, Elsevier, 287-314 (et in *General systems*, 14, 3-16).
- Wisdom J.O. (1951) “The hypothesis of cybernetics”, *British Journal for the Philosophy of Science*, 2, 1-24.
- Withers R.F.J. (1952/1953) “Review of L. Von Bertalanffy's *Problems of life*”, *British Journal of the philosophy of Science*, 3, 386-388.
- Wittgenstein L. (1993) *Tractatus logico-philosophicus*, Paris, Gallimard.

Woltereck R.

(1928) „Über die Spezifität des Lebensraumes, der Nahrung und der Körperformen bei pelagischen Cladoceren und über ‘Ökologische Gestalt-Systeme’“, *Biologisches Zentralblatt*, 48, 521-551.

(1932/1933) „Biologie als Grundwissenschaft vom Leben und Erleben“, *Der Biologe*, 2, 15, 352-355.

Woogder J.H.

(1929) *Biological Principles*, London, Routledge & Kegan.

(1930) “The ‘Concept of Organism’ and the Relation between Embryology and Genetics”, I-II, *Quarterly Review of Biology*, 5, 1-22, 438-463.

(1931) “The ‘Concept of Organism’ and the Relation between Embryology and Genetics”, III, *Quarterly Review of Biology*, 6, 178-207.

(1937) *The axiomatic method in biology*, Cambridge, University Press.

Worringer W. (1978) *Abstraction et Einfühlung – Contribution à la psychologie du style*, Paris, Klincksieck.

Wright S. (1932) “The roles of mutation, inbreeding, crossbreeding and selection in evolution”, *Proceedings of the 6th international congress of genetics*, vol. 1, 356-366.

Wymore A.W. (1972) “A watted theory of systems”, in Klir G.J. (ed.), *Trends in general systems theory*, New York, Wiley, 270-300.

Young J.Z. (1933) “Review of *Modern Theories of Development*”, *Science Progress*, 567-568.

Young O.R.

(1964a) “A survey of general systems theory”, *General systems*, 9, 61-80.

(1964b) “The impact of general systems theory on political science”, *General systems*, 9, 239-254.

Young T.R. (1969) “Social stratification and modern systems theory”, *General systems*, 14, 113-117.

Zeeuw G. De (2006) “A forgotten message ? Von Bertalanffy’s puzzle”, *Kybernetes*, 35, 3/4, 433-440.

Zerbst E. (1972) “The impact of von Bertalanffy on physiology”, in Laszlo E. (ed.), *The relevance of General Systems Theory*, New York, Braziller, 67-76.

Zilsel E. (1935) „P. Jordans Versuch, den Vitalismus quantenmechanisch zu retten“, *Erkenntnis*, 5, 56-178.

Zipf G.K. (1949) *Human behavior and the principle of least effort*, Cambridge, Addison-Wesley.

Zwick M. (1978) “Some analogies of hierarchical order in biology and linguistics”, in Klir G.J.(ed.), *Applied general systems research*, New York, Plenum, 521-530.

Zwirn H.

(2000) *Les limites de la connaissance*, Paris, Odile Jacob.

(2003) « La complexité, science du XXI^e siècle ? », *Pour la science (n° spécial)*, Décembre.

Sources secondaires

- Abraham T.H. (2004) "Nicolas Rashevsky's mathematical biophysics", *Journal of the History of Biology*, 37, 333-385.
- Adams M.B. (2000) "Last Judgment: the visionary biology of J.B.S. Haldane", *Journal of the History of Biology*, 33, 3, 457-491.
- Aguter P.S., Malone P.C., Wheatley D.N. (2000) "Diffusion theory in biology: a relic of mechanistic materialism", *Journal of the History of Biology*, 33, 1, 71-111.
- Amsterdamski S. & al. (1990) (ed.) *La querelle du déterminisme*, Paris, Gallimard.
- Andler D., Fagot-Largeault A., Saint-Sernin B. (2002) *Philosophie des sciences*, Paris, Gallimard.
- Apéry R. & al. (1982) *Penser les mathématiques*, Paris, Seuil.
- Arendt H.
(1972a) *Le système totalitaire*, Paris, Seuil.
(1972b) *La crise de la culture*, Paris, Gallimard.
(1983) *Condition de l'homme moderne*, Paris, Calmann-Lévy.
- Ash M.
(1995) *Gestalt Psychology in German Culture, 1890-1967*, Cambridge, University Press.
(2002) „Psychologie – Einleitung – Die Psychologie in der Weimarer Zeit“, in Hausmann F.R. (2002) (ed.) *Die Rolle der Geisteswissenschaften im dritten Reich 1933-1945*, München, Oldenburg, 229-245.
- Bachelard G.
(1999) *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin.
(2003) *Le nouvel esprit scientifique*, Paris, P.U.F.
- Bachelard S. (1979) « Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles », in Delattre P. & Thellier M., *Elaboration et justification des modèles – Applications en biologie*, Paris, Maloine, 3-20.
- Badiou A. (1969) *Le concept de modèle – Introduction à une épistémologie matérialiste des mathématiques*, Paris, Maspero.
- Barberousse A. (2002) *La mécanique statistique – De Clausius à Gibbs*, Paris, Belin.
- Barbut M. (2000) « Machiavel et la praxéologie mathématique », in Martin T. (ed.), *Mathématiques et action politique*, Paris, I.N.E.D., 43-56.
- Barnes H.E. (1925) "Representative biological theories of society", *The sociological Review*, 17, 120-130, 182-194, 295-300.
- Bäumer A. (1990) *NS – Biologie*, Stuttgart, Hirzel.
- Bayon D., Flipo F., Schneider F. (2010) *La décroissance – Dix questions pour comprendre et débattre*, Paris, Editions de la Découverte.
- Bello R. (1985) "The system approach – A. Bogdanov and L. von Bertalanffy", *Studies in Soviet Thought*, 30, 2, 131-147.
- Berlin I. (1992) *Le bois tordu de l'humanité – Romantisme, nationalisme et totalitarisme*, Paris, Albin Michel.
- Bertalanffy M. von (1973) "Reminiscences", in Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 31-52.
- Beyler R.H. (1996) „Targeting the Organism – The Scientific and Cultural Context of P. Jordan's Quantum Biology“, *Isis*, 87, 248-273.
- Bitbol M. (1996) *Mécanique quantique – Une introduction philosophique*, Paris, Flammarion.
- Blackmore J., Itagaki R., Tanaka S. (2001) *Ernst Mach's Vienna, 1895-1930 ; or Phenomenalism as philosophy of science*, Dordrecht, Boston, London, Kluwer.
- Bluestein B.E. (1993) "Medicine as biology: neuropsychiatry at the University of Chicago, 1928-1939", in *Perspectives on Science*, 1, 3, Special Issue: *Crossing the borderlands: biology at the Chicago*, 416-444.

- Boi L. (2000) (ed.) *Science et philosophie de la nature – Un nouveau dialogue*, Bern, Berlin, Bruxelles, Frankfurt/Main, New York, Oxford, Wien, Lang.
- Bonnet C., Wagner P. (2006) (ed.) *L'âge d'or de l'empirisme logique – Vienne-Berlin-Prague, 1929-1936*, Paris, Gallimard.
- Bouleau N. (1999) *Philosophie des mathématiques et de la modélisation*, Paris, l'Harmattan.
- Bouveresse J.
 (1991) « Hertz, Boltzmann et le problème de la 'vérité' des théories », in *La vérité est-elle scientifique ?*, Séminaire interdisciplinaire du Collège de France, Paris, Editions universitaires, 117-141.
 (2001) « Ludwig Boltzmann et la philosophie », in Cometti J.P., Mulligan K. (2001) (ed.) *La philosophie autrichienne de Bolzano à Musil*, Paris, Vrin. 139-169.
- Bouvier R. (1922) *La pensée d'Ernst Mach – Essai de biographie intellectuelle et de critique*, Paris, Librairie Au Vélain d'Or.
- Braillard P.A. (2008) *Enjeux philosophiques de la biologie des systèmes*, Thèse, Université Paris I (Sorbonne).
- Bramwell A. (1989) *Ecology in the 20th century: a history*, New Haven, Yale University Press.
- Brauckmann S. (1997) *Eine Theorie für Lebendes – Die synthetische Antwort Ludwig von Bertalanffys*, Dissertation, Universität Münster.
- Breton P.
 (1995) *L'utopie de la communication*, Paris, La Découverte.
 (2000) *Le culte de l'Internet*, Paris, La Découverte.
- Breton S. (1962) *L'être spirituel – Recherches sur la philosophie de Nicolai Hartmann*, Paris, Vitte.
- Brissaud M., Forsé M., Zighed A. (ed.) (1990) *La modélisation, confluent des sciences*, Paris, CNRS.
- Brunschvicg L. (1993) *Les étapes de la philosophie mathématique*, Paris, Blanchard.
- Bruter C.P. (1982) *Les architectures du feu – Considérations sur les modèles*, Paris, Flammarion.
- Callot E. (1971) *La philosophie biologique de Goethe*, Paris, Marcel Rivière et Cie.
- Camardi G. (2001) "Richard Owen, morphology and evolution", *Journal of the History of Biology*, 34, 3, 481-515.
- Canguilhem G.
 (1970) *Études d'histoire et de philosophie des sciences*, Paris, Vrin.
 (1972) (ed.) *La mathématisation des doctrines informelles*, Hermann, Paris.
 (1998) *La connaissance de la vie*, Paris, Vrin.
- Cheung T. (2004) „Charles Bonnets allgemeine Systemtheorie organischer Ordnung”, *History and Philosophy of Life Sciences*, 26, 177-207.
- Clarke A.E. (1993) "Money, sex, and legitimacy at Chicago, circa 1892-1940: Lillie's Center of reproductive biology", in *Perspectives on Science*, 1, 3, Special Issue: *Crossing the borderlands: biology at the Chicago*, 367-415.
- Coen D.R. (2006) Living precisely in fin-de siècle Vienna. *Journal of the History of Biology*, 39, 493-523.
- Coker J.C. (2002) „Construing perspectivism”, *International Studies in Philosophy*, 34, 3, 5-28.
- Cometti J.P., Mulligan K. (2001) (ed.) *La philosophie autrichienne de Bolzano à Musil*, Paris, Vrin.
- Counet J.M. (2000) *Mathématiques et dialectique chez Nicolas de Cues*, Paris, Vrin.
- Cox C. (2002) „Nietzsche's anti-realism: remarks around John Coker's 'construing perspectivism'", *International Studies in Philosophy*, 34, 3, 29-34.
- Cremer T. (1985) *Von der Zellenlehre zur Chromosomentheorie*, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Springer.
- Cunningham A., Jardine N. (1990) *Romanticism and the sciences*, Cambridge University Press.
- Dahan-Dalmedico A., Chabert J.L., Chemla K. (1992) *Chaos et déterminisme*, Paris, Seuil.
- Danchin A. (1979) « Placage et modèles totalitaires », in Delattre P., Theillier M. (1979) *Élaboration et justification des modèles I*, Paris, Maloine, 39-56.

- Davidson M. (1983) *Uncommon sense : the life and thought of Ludwig von Bertalanffy, father of the general systems theory*, Los Angeles, J.P. Teacher.
- Day T., Taylor P.E. (1997) “Von Bertalanffy’s growth equation should not be used to model age and size at maturity”, *The American Naturalist*, 149, 2, 381-393.
- Debord G. (1992) *La société du spectacle*, Paris, Gallimard.
- Deery J. (1996) *Aldous Huxley and the mysticism of science*, New York, St Martin’s Press.
- Deichmann U. (1996) *Biologists under Hitler*, Cambridge (Mass.), London, Harvard University Press.
- Deichmann U., Müller-Hill B. (1994) “Biological research at universities and Kaiser Wilhelm Institutes in Nazi Germany”, in Renneberg M., Walker M. (1994) (ed.), *Science, Technology and National Socialism*, Cambridge University Press, 160-183.
- Delattre P., Theillier M. (1979) *Élaboration et justification des modèles I, II*, Paris, Maloine.
- Dhombres J. & Robert J.B. (1998) *Fourier – Créateur de la physique mathématique*, Paris, Belin.
- Doyle T. (2001) “Review of *Nietzsche’s perspectivism*, by Steven D. Hales and Rex Welshon”, *International philosophical quarterly*, 41, 2, 249-250.
- Drack M., Apfalter W., Pouvreau D. (2007) „On the making of a system theory of life: Paul A. Weiss and Ludwig von Bertalanffy’s conceptual connection”, *Quarterly Review of Biology*, 82, 4, 349-373.
- Duchesneau F. (1993) *Leibniz et la méthode de la science*, Paris, P.U.F.
- Dufour E. (2003) *Les néokantiens*, Paris, Vrin.
- Dumont L. (1985) *Essais sur l’individualisme – Une perspective anthropologique sur l’idéologie moderne*, Paris, Seuil.
- Dupont J.C., Schmitt S. (2003) *Du Feuillet au gene – Une histoire de l’embryologie moderne fin XVIIIe/XXe siècle*, Paris, Editions rue d’Ulm.
- Dupré J. (1995) *The disorder of things – Metaphysical foundations of the disunity of science*, Cambridge (Mass.), London, Harvard university Press.
- Durand D. (1987) *La systémique*, Paris, P.U.F.
- Durbin P.T. (1988) *Dictionary of concepts in the philosophy of science*, Westport, Greenwood Press.
- Eisikovits R.A. (1984) “Descartes and Bertalanffy: break or discontinuity?”, *Journal of thought*, 19,1, 49-54.
- Emmet D. (1966) *Whitehead’s philosophy of organism*, London-Melbourne-Toronto, MacMillan.
- Encyclopaedia Universalis* (20 vol.), Paris, 1980.
- Fagot-Largeault, Saint-Sernin B., Andler D. (2000) « Possibilité d’une philosophie de la nature aujourd’hui », in Boi L. (ed.) *Science et philosophie de la nature – Un nouveau dialogue*, Bern, Berlin, Bruxelles, Frankfurt/Main, New York, Oxford, Wien, Lang, 111-128.
- Faith Weiss S. (1993) « Biologie scolaire et enseignement de l’eugénisme sous le Troisième Reich », in Olf-Nathan J. (ed.), *La science sous le troisième Reich*, Paris, Seuil, 263-285.
- Faivre A. (1995) *Philosophie de la Nature (Physique sacrée et théosophie aux XVIII^e et XIX^e siècles)*, Paris, Albin Michel.
- Ferrari M. (2001) *Retours à Kant – Introduction au néo-kantisme*, Paris, Cerf.
- Forman P. (1971) “Weimar culture, causality and quantum theory”, *Historical Studies in the Physical Sciences*, Philadelphia University, 1-115.
- Fox Keller E.
 (1994) “The body of a new machine: situating the organism between telegraphs and computers”, *Perspectives on Science*, 2, 3, 302-323.
 (1999) *Le rôle des métaphores dans les progrès de la biologie*, le Plessis-Robinson, Institut Sythélabo.
 (2002) *Making sense of life*, Cambridge (Mass.) & London, Harvard University Press.
- Fuchs S. (1993) “Positivism is the organizational myth of science”, *Perspectives on Science*, 1, 1, 1-23.
- Galison P., Stump D.J. (1996) *The disunity of science*, Stanford, Stanford University Press.

- Gandillac M. de (2001) *Nicolas de Cues*, Paris, Ellipses.
- Garnier P. (1960) *Vie et œuvres de Goethe*, Paris, Pierre Seghers.
- Gaudemar M. de (2005) « Relativisme et perspectivisme chez Leibniz », *Dix-septième siècle*, 226, 111-133.
- Gayon J.
 (1992) *Darwin et l'après-Darwin: une histoire de l'hypothèse de la sélection naturelle*, Paris, Kiné.
 (2000) „History of the concept of Allometry”, *American Zoologist*, 40, n°5, 748-758.
- Gens J.C. (2002) *La pensée herméneutique de Dilthey – Entre néo-kantisme et phénoménologie*, Villeneuve d'Ascq, Presses universitaires du Septentrion.
- Geuter U. (1994) “The whole and the community: scientific and political reasoning in the holistic psychology of Felix Krueger”, in Renneberg M. & Walker M., *Science, Technology and National Socialism*, Cambridge University Press, 197-223.
- Giraud G. (2000) *La théorie des jeux*, Paris, Flammarion.
- Goldschmitt V. (2003) *Le paradigme dans la doctrine platonicienne*, Paris, Vrin.
Grand dictionnaire de la philosophie, Paris, Larousse & C.N.R.S., 2003.
- Gregory F. (1994) “ ‘Nature is an organized whole’ : J.F. Fries’s reformulation of Kants philosophy of organism”, in Poggi S., Bossi M. (ed.) *Romanticism in science, science in Europe, 1790-1840*, Dordrecht, Boston, London, Kluwer Ac. Publishers, 91-101.
- Grondin J. (2006) *L’herméneutique*, Paris, P.U.F.
- Grzegorzczak C. (1986) « Evaluation critique du paradigme systémique dans la science du droit » *Archives de philosophie du droit*, 31, 281-301.
- Guilbaud G.T. (2000) « La théorie des jeux. Contributions critiques à la théorie de la valeur », in Martin T. (ed.), *Mathématiques et action politique*, Paris, I.N.E.D., 9-42.
- Gusdorf G. (1985) *Le savoir romantique de la nature*, Paris, Payot.
- Hahn L.E. (1995) *The philosophy of Paul Weiss*, Chicago & La Salle, Southern Illinois University at Carbondale.
- Hallyn F. (2000) (ed.) *Metaphor and analogy in the sciences*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- Hamburger V.
 (1997) “Wilhelm Roux: visionary with a blind spot”, *Journal of the History of Biology*, 30, 2, 229-238.
 (1999) “Hans Spemann on vitalism in biology”, *Journal of the History of Biology*, 32, 2, 231-243.
- Hansen-Løve O. (1972) *La révolution copernicienne du langage dans l'œuvre de Wilhelm von Humboldt*, Paris, Vrin.
- Haraway D.J. (1976) *Crystals, Fabrics, and Fields*. New Haven, London, Yale University Press.
- Harrington A. (1996) *Re-enchanted Science – Holism in German Culture from Wilhelm II to Hitler*, Princeton, University Press.
- Harris R.A. (1994) “The Chomskyan Revolution II: Sturm und Drang”, *Perspective on Science*, 2, 2, 176-230.
- Harrison P. (1996) *The Bible, protestantism, and the rise of natural science*, Cambridge University Press.
- Hausmann F.R. (2002) (ed.) *Die Rolle der Geisteswissenschaften im dritten Reich 1933-1945*, München, Oldenburg.
- Heidelberger M.
 (1994) “The unity of nature and mind: Gustav T. Fechner’s non-reductive materialism”, in Poggi S., Bossi M. (ed.) *Romanticism in science, science in Europe, 1790-1840*, Dordrecht, Boston, London, Kluwer Ac. Publishers, 215-236.
 (2004) *Nature from within – Gustav T. Fechner and his psychophysical worldview*, University of Pittsburgh Press.
- Helms S.J. (1991) *The cybernetics group*, Cambridge (Mass.), M.I.T. Press.
- Hendry J. (1980) “Weimar culture and quantum theory”, *History of Science*, 18, 155-178.
- Hennemann G. (1975) *Grundzüge einer Geschichte der Naturphilosophie und ihrer Hauptprobleme*, Berlin, Duncker & Humblot.

Histoire de la philosophie (3 vol.), Paris, Gallimard (Pléiade), 1969, 1973, 1974.

Hofer V.

(1996) *Organismus und Ordnung – Zu Genesis und Kritik der Systemtheorie Ludwig von Bertalanffys*, Dissertation, Universität Wien.

(2000) „Der Beginn der biologischen Systemtheorie im Kontext der Wiener Moderne“, in Edlinger K., Feigl W., Fleck G. (ed.) *Systemtheoretische Perspektiven: Der Organismus als Ganzheit in der Sicht von Biologie, Medizin und Psychologie*, Frankfurt/Main, P. Lang, 137-158.

Hooykaas R. (1972) *Religion and the rise of modern science*, Edinburgh, London, Scottish Academic Press.

Horder T.J. (2001) “The organizer concept and modern embryology”, *International Journal of Developmental Biology*, 45, 97-132.

Hutin S. (1960) *Les disciples anglais de Jacob Boehme*, Paris, Denoël.

Israel G. (1996) *La mathématisation du réel*, Paris, Seuil.

Jacob P.

(1980a) *De Vienne à Cambridge : l'héritage du positivisme logique*, Paris, Gallimard.

(1980b) *L'empirisme logique*, Paris, Minuit.

Janz N. (2001) *Globus Symbolicus – Ernst Cassirer : un épistémologue de la troisième voie ?*, Paris, Kimé.

Johnston W.M.

(1973) “Von Bertalanffy’s place in Austrian thought”, in Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 21-30.

(1985) *L'esprit viennois*, Paris, PUF.

Kaye H.L. (1986) *The social meaning of modern biology*, New Haven, London, Yale University Press.

Kety S.S. (1982) “Ralph Waldo Gerard”, *Biographical Memoirs*, V.S3, National Academy of Sciences, Washington D.C.

Khittel S. (2000) “Paul Weiss: der Beginn seiner Systemtheorie des Organismus in den 20er Jahren”, in Edlinger K., Feigl W., Fleck G. (ed.) *Systemtheoretische Perspektiven: Der Organismus als Ganzheit in der Sicht von Biologie, Medizin und Psychologie*, Frankfurt/Main, P. Lang, 159-170.

Kingsland S.E.

(1985) *Modeling Nature – Episodes in the History of Population Dynamics*, Chicago, University Press.

(1993) „A humanistic science: Charles Judson Herrick and the struggle for psychobiology at the university of Chicago“, in *Perspectives on Science*, 1, 3, Special Issue: *Crossing the borderlands: biology at the Chicago*, 445-477.

Knight D. (1990) „Romanticism and the sciences“, in Cunningham A., Jardine N. *Romanticism and the sciences*, Cambridge University Press, 13-24.

Koehler H. (1986) „Systemtheorie und Ökosystemforschung“, in Regelman J.P. & Schramm E. (ed.) *Wissenschaft der Wendezeit – Systemtheorie als Alternative ?* Frankfurt/Main, Fischer, 118-128.

Koyré A.

(1968) *Études newtoniennes*, Paris, Gallimard.

(1971) *Mystique, spirituels, alchimistes du XVI^e siècle allemand*, Paris, Gallimard.

(1973a) *Du monde clos à l'univers infini*, Paris, Gallimard.

(1973b) *Études d'histoire de la pensée scientifique*, Paris, Gallimard.

Krois J.M. (2004) “Ernst Cassirer’s philosophy of biology”, *Sign Systems Studies*, 32, 1/2, 277-295.

Kuhn T. (1983) *La structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion.

Kull K. (2001) “Jakob von Uexküll : an introduction”, *Semiotica*, 134, 1/4, 1-59.

Kupiec J.J., Lecointre G., Silberstein M., Varenne F. (2008) *Modèles, simulations, systèmes*, Paris, Syllepse.

Labica G. (1987) *Karl Marx – Les thèses sur Feuerbach*, Paris, P.U.F.

Lalande A. (2002) *Dictionnaire philosophique*, Paris, P.U.F.

Lambert D., Rezsöházy R. (2004) *Comment les pattes viennent au serpent – Essai sur l'étonnante plasticité du vivant*, Paris, Flammarion.

Landau L., Lifschitz E. (1969) *Mécanique*, Moscou, MIR.

- Lartillot F. (2003) (ed.) *Ernst Cassirer – Geist und Leben*, Paris, L'harmattan.
- Lawrence C. & Weisz G. (1998) *Greater than the parts – Holism in biomedicine*, New York, Oxford University Press.
- Lenoir T.
 (1982) *The Strategy of Life: Teleology and Mechanics in 19th Century German Biology*, London, Reidel.
 (1990) "Morphotypes and the historical-genetic method in Romantic biology", in Cunningham A., Jardine N. *Romanticism and the sciences*, Cambridge University Press, 119-129.
- Leonard R.J. (1998) "Ethics and the excluded middle – Karl Menger and social science in interwar Vienna", *Isis*, 89, 1, 1-26.
- Leroux R. (2010) *La cybernétique en France (1948-1970). Contribution à l'étude de la circulation interdisciplinaire des modèles et des instruments conceptuels et cognitifs*, Thèse de doctorat, Paris, E.H.E.S.S.
- Lévy-Leblond J.M.
 (1982) « Physique et mathématiques », in Apéry R. & al., *Penser les mathématiques*, Paris, Seuil, 195-210.
 (2000) « Une matière sans qualités ? Grandeur et limites du réductionnisme physique », in Boi L. (ed.), *Science et philosophie de la nature – Un nouveau dialogue*, Bern, Berlin, Bruxelles, Frankfurt/Main, New York, Oxford, Wien, Lang, 177-198.
- Lichnerowicz A., Perroux F., Gadoffre G. (1980) *Analogie et connaissance* (2 vol.), Paris, Maloine-Doin.
- Lochak G. (1994) *La géométrisation de la physique*, Paris, Flammarion.
- Lundgreen P. (1985) (ed.) *Wissenschaft im dritten Reich*, Frankfurt/Main, Surkamp.
- Maienschein J. (1991) "Epistemic styles in German and American embryology", *Science in context*, 4, 2, 407-427.
- Mandelbrot B. (1995) *Les objets fractals*, Paris, Flammarion.
- Manuel F.E. (1956) "From equality to organicism", *Journal of the history of ideas*, 17, 54-69.
- Marc E., Picard D. (2000) *L'école de Palo Alto – Un nouveau regard sur les relations humaines*, Paris, Retz.
- Martin T. (2000) (ed.) *Mathématiques et action politique*, Paris, I.N.E.D.
- Massin B. (1993) « Anthropologie raciale et national-socialisme : heurs et malheurs du paradigme de la 'race' », in Olf-Nathan J. (ed.), *La science sous le troisième Reich*, Paris, Seuil, 197-262.
- Mayr E. (1989) *Histoire de la biologie*, Paris, Fayard.
- McLaughlin P. (2002) "Naming biology", *Journal of the History of Biology*, 35, 1, 1-4.
- Merton R.K. (2001) *Science, Technology and society in seventeenth century England*, New York, Fertig.
- Minary J.P. (1992) *Modèles systémiques et psychologie – Approche systémique et idéologie dans l'Analyse Transactionnelle et dans le courant de Palo-Alto*, Liège, Mardaga.
- Mitman G., Maienschein J., Clarke A.E. (1993) „Introduction“, in *Perspectives on Science*, 1, 3, Special Issue: *Crossing the borderlands: biology at the Chicago*, 359-366.
- Moldenhauer B. (1986) "Luhmanns 'soziale Systeme' und die Theorie selbstreferenzieller, autopoietischer Systeme", in Regelman J.P. & Schramm E. (ed.) *Wissenschaft der Wendezeit – Systemtheorie als Alternative ?* Frankfurt/Main, Fischer, 150-167.
- Morgan M.S., Morisson M. (1999) (ed.), *Models as mediators*, Cambridge University Press.
- Mosse G.L. (1961) "The mystical origins of national socialism", *Journal of the History of Ideas*, 22, 81-96.
- Müller K. (1996) *Allgemeine Systemtheorie – Geschichte, methodologie und sozialwissenschaftliche Heuristik eines Wissenschaftsprogramms*, Westdeutscher Verlag.
- Murray J.D. (2002) *Mathematical biology I*, New York, Berlin, Heidelberg, Springer Verlag.
- Musil R. (2004) *L'homme sans qualités*, Paris, Seuil.
- Nadeau R. (2001) « Friedrich Hayek et la théorie de l'esprit », in Cometti J.P., Mulligan K. (2001) (ed.) *La philosophie autrichienne de Bolzano à Musil*, Paris, Vrin. 209-227.
- Nawratil K. (1969) *Robert Reininger : Leben, Wirken, Persönlichkeit*, Wien, Köln, Graz, H. Böhlhaus Nachf.

- Nef F., Vernant D. (1998) (ed.) *Le formalisme en question – Le tournant des années trente*, Paris, Vrin.
- Nierhaus G. (1981) “Ludwig von Bertalanffy 1901-1972”, *Nierhaus Archiv*, 65, 2, 144-171
- Nouvel P. (2002) (ed.), *Enquête sur le concept de modèle*, Paris, P.U.F.
- Oexle O.G. (2002) „‘Wirklichkeit’ – ‘Krise der Wirklichkeit’ – ‘Neue Wirklichkeit’“, in Hausmann F.R. (2002) (ed.) *Die Rolle der Geisteswissenschaften im dritten Reich 1933-1945*”, München, Oldenburg, 1-19.
- Olf-Nathan J. (1993) (ed.), *La science sous le troisième Reich*, Paris, Seuil.
- Palmade G. (1977) *Interdisciplinarité et idéologies*, Paris, Anthropos.
- Parain B. (1969) (ed.) *Histoire de la philosophie I, II, III*, Paris, Gallimard.
- Parascandola J. (1971) „Organismic and holistic concepts in the thought of L.J. Henderson“, *Journal of the History of Biology*, vol. 4, n°1, 63-113.
- Parrochia D.
 (1990) « Quelques aspects épistémologiques et historiques des notions de ‘système’ et de ‘modèle’ », in Brissaud M., Forsé M., Zighed A. (ed.) (1990) *La modélisation, confluent des sciences*, Paris, CNRS, 215-239.
 (1997) *Sciences exactes et sciences de l’homme : les grandes étapes*, Paris, Ellipses.
- Perroux F. (1972) “Les conceptualisations implicitement normatives et les limites de la modélisation en économie », in Canguilhem G. (ed.), *La mathématisation des doctrines informelles*, Hermann, Paris, 191-234.
- Peukert D.J.K. (1992) *The Weimarer Republic – The crisis of classical modernity*, New York, Hill & Wang.
- Phillips D.C.
 (1969) “Systems theory – A discredited philosophy”, *Abacus*, 5, 3-15.
 (1972) “The methodological basis of systems theory”, *The Academy of Management Journal*, 15, 4, 469-177.
 (1976) *Holistic thought in social science*, Stanford, MacMillan.
- Pichot A.
 (1999) *Histoire de la notion de gène*, Paris, Flammarion.
 (2000) *La société pure – De Darwin à Hitler*, Paris, Flammarion.
- Piternick K.L. (1980) (ed.) *Richard Goldschmidt – Controversial geneticist and creative biologist*, Basel, Boston, Stuttgart, Birkhäuser Verlag.
- Poggi S., Bossi M. (1994) (ed.) *Romanticism in science, science in Europe, 1790-1840*, Dordrecht, Boston, London, Kluwer Ac. Publishers.
- Pouget J.M. (2003) “Cassirer et la science”, in Lartillot F. (ed.) *Ernst Cassirer – Geist und Leben*, Paris, L’Harmattan, 261-295.
- Pouvreau D.
 (2005) « Eléments d’histoire d’une fécondation mutuelle entre holisme et biologie mathématique », *Sciences et techniques en perspective*, II^e série, 9, fasc. 2, 143-242.
 (2009a) « Systémologie générale, perspectivisme et humanisme », *Sciences et techniques en perspective*, II^e série, 12.
 (2009b) *The dialectical tragedy of the concept of wholeness – Ludwig von Bertalanffy’s biography revisited*, Exploring Unity through Diversity, vol.1, Phoenix, ISCE Publishing.
- Pouvreau D. & Drack M. (2007), “On the history of Ludwig von Bertalanffy’s ‘general systemology’, and on its relationship to cybernetics – 1: elements on the origins and genesis of von Bertalanffy’s ‘general systemology’”, *International Journal, of General Systems*, vol. 36, n°3, 281-337.
- Les Présocratiques*, Paris, Gallimard (Pléiade), 1988.
- Pressman J.D. (1998) “Human understanding : psychosomatic medicine and the mission of the Rockefeller Foundation”, in Lawrence C. & Weisz G. (1998) *Greater than the parts – Holism in biomedicine*, New York, Oxford University Press, 189-206.
- Prins J. de (1979) « Limitations des modèles mathématiques. Implications en ce qui concerne les transferts de méthodes », in Delattre P., Theillier M. (ed.), *Elaboration et justification des modèles*, I, Paris, Maloine, 243-254.
- Prühl C.R. (1998) “Holism and German pathology”, in Lawrence C. & Weisz G. (1998) *Greater than the parts – Holism in biomedicine*, New York, Oxford University Press, 46-67.

- Regelmann J.P. (1986) „Systemtheorie und Krise. Betrachtungen über die historische Zusammenhänge zwischen Politik, Wissenschaft und der Sinn-Sucht nach Weltanschauung“, in Regelmann J.P. & Schramm E. (ed.) *Wissenschaft der Wendezeit – Systemtheorie als Alternative ?* Frankfurt/Main, Fischer, 37-82.
- Regelmann J.P. & Schramm E. (1986) (ed.) *Wissenschaft der Wendezeit – Systemtheorie als Alternative ?* Frankfurt/Main, Fischer.
- (1986) „Systemtheorie und Krise“, *op.cit.*, 37-82.
- Reginster B. (2001) „The Paradox of Perspectivism“, *Philos. & Phenomenolog. Research*, 62, 1, 217-223.
- Reiter W.L. (1999) „Zerstört und vergessen: die biologische Versuchsanstalt und ihre Wissenschaftler/innen“, *Österreichische Zeitschrift für Geschichtswissenschaften*, 10, 4, 585-614.
- Renneberg M., Walker M. (1994) (ed.), *Science, Technology and National Socialism*, Cambridge University Press.
- Resnik M.D. (1997) *Mathematics as a science of patterns*, Oxford, Clarendon Press.
- Richer G. (1972) *Talcott Parsons et la sociologie américaine*, Paris, P.U.F.
- Ricoeur P. (1975) *La métaphore vive*, Paris, Seuil.
- Ringer F. (1990) *The decline of the German mandarins– The German academic community, 1890-1933*, University Press of New England.
- Rocher G. (1972) *Talcott Parsons et la sociologie américaine*, Paris, P.U.F.
- Roll-Hansen N. (1984) “E.S. Russell and J.H. Woodger: the failure of two 20th century opponents of mechanistic biology”, *Journal of the History of Biology*, 17, n°3.
- Roff D.A. (1980) “A motion for the retirement of the Von Bertalanffy function”, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40.
- Rosenberg C.E. (1998) “Holism in 20th century medicine”, in Lawrence C. & Weisz G. (1998) *Greater than the parts – Holism in biomedicine*, New York, Oxford University Press, 335-355.
- Rowe D.E. (1992) *Felix Klein, David Hilbert, and the Göttingen Mathematical Tradition*, Doctoral thesis, City University of New York.
- Ruffié J. (1982) *Traité du vivant*, Paris, Fayard.
- Ryckman T.A. (2003) “Surplus structure from the standpoint of transcendental idealism: the ‘world geometries’ of Weyl and Eddington”, *Perspectives on Science*, 11, 1, 76-106.
- Saint-Germain M. (1979) *Étude synoptique de la théorie organismique, de la théorie des systèmes ouverts, de la théorie générale des systèmes de L. von Bertalanffy*, Thèse de doctorat (non publiée), Université d’Ottawa.
- (1981) “Von Bertalanffy’s organismic theory, open system theory, general system theory as an organized system”, *General Systems*, 26, 7-28.
- Sapoval B. (1997) *Universalités et fractales*, Paris, Flammarion.
- Schiller J. (1978) *La notion d’organisation dans l’histoire de la biologie*, Paris, Maloine.
- Schlanger J. (1971) *Les métaphores de l’organisme*, Paris, Vrin.
- Schramm E. (1986) “Die ‘Wende’ der Systemtheorie”, in Regelmann J.P. & Schramm E. (ed.) *Wissenschaft der Wendezeit – Systemtheorie als Alternative ?* Frankfurt/Main, Fischer, 130-149.
- Sébastien J. & Soulez A. (1986) *Le Cercle de Vienne : doctrines et controverses*, Paris, Méridiens Klincksieck.
- Seidengart J. (1990) (ed.), *Ernst Cassirer – De Marbourg à New York, l’itinéraire philosophique*, Paris, Cerf.
- Sokal A., Bricmont J. (1997) *Impostures intellectuelles*, Paris, Odile Jacob.
- Sontheimer K. (1964) *Antidemokratisches Denken in der Weimarer Republik*, München, Nyphenburger Verlagshandlung.
- Steigerwald Joan (2002) “Goethe’s morphology: Urphänomene and aesthetic appraisal”, *Journal of the History of Biology*, 35, 291-328.
- Syrovatka J. (2000) “Analogy and understanding”, *Theoria*, 15/3, 39, 435-450.

- Szöllösi-Janze M. (2001) (ed.), *Science in the Third Reich*, Oxford, New York, Berg.
- Taton R. (1995) *La science contemporaine 2*, Paris, P.U.F.
- Taux E. (1986) „Die Verwendung erkenntniskritischer Begriffe in der theoretischen Biologie Uexkülls und Bertalanffys“, in Regelman J.P. & Schramm E. (ed.) *Wissenschaft der Wendezeit – Systemtheorie als Alternative ?* Frankfurt/Main, Fischer, 83-100.
- Thayer F. (1972) “General system(s) theory: the promise that could not be kept”, *The Academy of Management Journal*, 15, 4, 481-493.
- Thuillier P. (1997) *Science et société – Essai sur les dimensions culturelles de la science*, Librairie Générale Française.
- Tondl L. (2000) “Semiotic Foundation of models and modeling”, *Theoria*, 15/3, 39, 413-420.
- Tort P. (1983) *La querelle des analogues*, Plan de la Tour, Éditions d’aujourd’hui.
- Vajay S. de (1973) “The Bertalanffys”, in Gray W. & Rizzo N.D. (1973) (ed.), 7-20.
- Varenne F. (2004) *Le destin des formalismes : à propos de la forme des plantes*, Thèse, Université de Lyon II.
- Vergnoux A. (2003) *L’explication dans les sciences*, Bruxelles, de Boeck.
- Verley X. (1998) *Mach, un physicien philosophe*, Paris, P.U.F.
- Vieille-Blanchard E. (2011) *Les limites à la croissance dans un monde global – Modélisations, prospectives, réfutations*, Thèse, Paris, École des Hautes Études en Sciences Sociales.
- Voilquin J. (1964) *Les penseurs grecs avant Socrate*, Paris, Garnier-Flammarion.
- Wagner P. (2002) (ed.), *Les philosophes et la science*, Paris, Gallimard.
- Wahl J.
 (1954) *La théorie des catégories fondamentales dans Nicolai Hartmann*, Paris, Centre de documentation universitaire.
 (1961) *Les aspects qualitatifs du réel III : La philosophie de la nature de Nicolai Hartmann*, Paris, Centre de documentation universitaire.
- Weckowicz T.E. (1987) “Ludwig von Bertalanffy’s contributions to theoretical psychology”, in Baker W. & al., *Recent trends in theoretical psychology*, New York, Springer, 265-272.
- Weikart R. (1995) “A recently discovered Darwin letter on social Darwinism”, *Isis*, 86, 4, 609-611.
- Weingarten M. (1986) „Konservative Naturvorstellung in grünem Gewande ? Entwicklungsdenken als ideologisches Kampffeld“, in Regelman J.P. & Schramm E. (ed.) *Wissenschaft der Wendezeit – Systemtheorie als Alternative ?* Frankfurt/Main, Fischer, 16-36.
- Weinreich M. (1946) *Hitler’s Professors – The part of scholarship in germany’s crimes against the Jewish people*, New York, Yiddish Scientific Institute – Yivo.
- Welshon R.C. (2002) „Construing ‘construing perspectivism’ ”, *Int. Studies in Philosophy*, 34, 3, 35-40.
- Werskey G. (1988) *The visible college – A collective biography of British scientists and socialists of the 1930s*, Free Association Books.
- Winther R.G. (2001) “August Weismann on germ-plasm variation”, *Journal of the History of Biology*, 34, 3, 517-555.
- Wise N. (1994) “Pascual Jordan: quantum mechanics, psychology, National Socialism”, in Renneberg M. & Walker M., *Science, Technology and National Socialism*, Cambridge University Press, 224-254.
- Wittezaele J.J., Garcia T. (1992) *À la recherche de l’école de Palo Alto*, Paris, Seuil.
- Young A. (1998) “Walter Cannon and the psychophysiology of fear”, in Lawrence C. & Weisz G. (1998) *Greater than the parts – Holism in biomedicine*, New York, Oxford University Press, 234-256.
- Zwirn H.
 (2000) *Les limites de la connaissance*, Paris, Odile Jacob.
 (2003) « La complexité, science du XXI^e siècle ? », *Pour la science (Scientific American)*, Décembre 2003.

Notices biographiques¹

Ackoff Russell R. (1919-2009) : Américain. Né à Philadelphie. Doctorat de philosophie des sciences en 1947. Professeur de philosophie et de mathématiques à la Wayne State University (1947-1951). Professeur en « recherche opérationnelle » au *Case Institute of Technology* (Ohio) (1951-1964). Président de l'O.R.S.A. (1956-1957). Professeur de « science des systèmes » et de « sciences du management » à la Wharton School de l'Université de Pennsylvanie (1964-1986). Président de la S.G.S.R. (1987-1988). Professeur émérite à la Wharton School (1986-2009), et professeur de marketing à l'Université Washington de Saint-Louis (1989-1995).

Ashby William R. (1903-1972) : Anglais. Né à Londres. Études de médecine et de psychologie : doctorat en 1935. Chercheur à l'hôpital St Andrew de Northampton (1936-1947). Directeur de recherche au Barnwood House Hospital de Gloucester (1947-1959). Professeur de biophysique et d'ingénierie électrique à l'Université d'Illinois (Urbana-Champaign) (1960-1970). Président de la S.G.S.R. (1962-1965). Membre du Collège Royal de psychiatrie à partir de 1971.

Bertalanffy Ludwig von (1901-1972) : Autrichien, puis Canadien (1954). Né à Atzgersdorf, près de Vienne. Études en histoire de l'art et en philosophie : doctorat de philosophie en 1926. Chargé de cours en biologie théorique (1934-1937 et 1938-1940), puis maître de conférences en biologie générale et zoologie expérimentale (1940-1945) à l'Université de Vienne. Chercheur invité à Chicago (1937-1938) et à Londres (1948-1949). Professeur de zoologie à l'Université McGill (Montréal) (1949), puis de biologie à l'Université d'Ottawa (1949-1954). Chercheur invité au C.A.S.B.S. (Stanford) (1954-1955). Directeur du département de biologie de l'Institut de recherche psychosomatique de l'Hôpital Mt Sinai (Los Angeles) (1955-1958). Cofondateur de la S.G.S.R. (1954-1956). Directeur des recherches biologiques de la Fondation Menninger (Topeka, Kansas) (1958-1960). Professeur de biologie théorique et fondateur du « Centre d'études avancées en psychologie théorique » à l'Université d'Edmonton (Alberta) (1961-1969). Professeur de biologie théorique (aussi membre de la faculté de sciences sociales) à l'Université de Buffalo (S.U.N.Y., état de New York) (1969-1972).

Boulding Kenneth E. (1910-1993) : Anglais, puis Américain (1948). Né à Liverpool. Études d'économie (Oxford, Chicago, Harvard) (1928-1934 ; maîtrise en 1932). Professeur d'économie à Edimbourg (1934-1936), à la Colgate University (New York) (1937-1941), à l'Iowa State College (Ames) (1943-1946), à l'Université McGill (Montréal) (1946-1947), à l'Iowa State College (1947-1949), à l'Université du Michigan (Ann Arbor) (1949-1954 et 1955-1968) et à l'Université du Colorado (Boulder) (1968-1981). Chercheur invité au C.A.S.B.S. (Stanford) (1954-1955). Cofondateur (1954-1956) et président de la S.G.S.R. (1957-1959). Président de l'*American Economics Association* (1968) et de l'*American Association for the Advancement of Science* (1979).

Gerard Ralph W. (1900-1974) : Américain. Né à Harvey (Illinois). Études de chimie et de physiologie (Chicago). Doctorat de physiologie (1921) et de médecine (1925). Professeur en neurophysiologie à l'Université de Chicago (1928-1952). Directeur de l'Institut de neuropsychiatrie de l'Université d'Illinois (1952-1954). Chercheur invité au C.A.S.B.S. (Stanford) (1954-1955). Professeur en « science du comportement » au M.H.R.I. (Ann Arbor, Michigan) (1955-1963). Administrateur de l'Université d'Irvine (Californie) (1963-1970). Membre de l'Association américaine de psychiatrie, de l'Académie américaine des arts et des sciences et de l'Académie nationale des sciences.

Klir George J. (1932-) : Tchèque, puis Américain (1967). Né à Prague. Études d'ingénierie électrique puis d'informatique. Doctorat en informatique en 1964. Professeur à l'Université de Bagdad (1964-1966). Réfugié aux U.S.A. en novembre 1966. Professeur d'informatique à l'Université de Californie (U.C.L.A.) (1967-1968) et à l'Université Fairleigh Dickinson (New Jersey) (1968-1969). Professeur en « science des systèmes » à l'Université de Binghamton (S.U.N.Y., état de New York) (1969-2007) (chaire ainsi libellée en 1984). Président de la S.G.S.R. (1981-1982). Fondateur et premier président de l'I.F.S.R. (1980-1984).

Lotka Alfred J. (1880-1949) : Américain. Né à Lwów (actuelle Pologne) de parents américains. Études de chimie en Angleterre (Birmingham, 1898-1901 et 1909-1912), à Leipzig (1901-1902) et à l'Université Cornell (État de New York, 1902-1908). Chimiste pour la *General Chemical Company* (1902-1908 et 1914-1919),

¹ Ces notices ont été limitées aux chercheurs qui sont apparus dans cette thèse comme les principaux acteurs du projet de « systémologie générale ».

physicien au *National Bureau of Standards* (1909-1911), chercheur associé à l'Université John Hopkins (Maryland, 1922-1924), puis statisticien pour la *Metropolitan Life Insurance Company* (New York, 1924-1947). Président de l'*American Statistical Association* (1942).

Mesarović Mihajlo D. (1928-) : Serbe. Né à Zrenjanin (Serbie). Études d'ingénierie électrique (Belgrade). Doctorat ès sciences techniques (1955). Assistant de recherches à l'Institut Tesla et à l'Université de Belgrade (1955-1958). Professeur assistant au M.I.T. (Massachusetts) (1958-1959). Professeur assistant (1959-1964), puis professeur (1964-1978) d'ingénierie des systèmes au *Case Institut of Technology* (Ohio) ; directeur du département d'ingénierie des systèmes (1968-1972) et du *Systems research center* (1968-1978) dans cet institut. Depuis 1978, professeur d'ingénierie des systèmes et de mathématiques dans cet institut. Codirecteur du second rapport au « Club de Rome » sur les « limites à la croissance » (1974). Nommé conseiller scientifique de l'U.N.E.S.C.O. sur le « changement global » en 1999.

Miller James G. (1916-2002) : Américain. Né à Lakewood (Ohio). Études de psychologie (université du Michigan et Harvard). Doctorat en 1943. Professeur de psychologie à l'Université de Chicago (1948-1955). Fondateur et directeur du M.H.R.I. (Université du Michigan, Ann Arbor) (1955-1967). Vice-président de l'Université de Cleveland (1967-1970). Vice-président du *Washington Office of the Academy for Education Development*, consultant du département d'Etat sur les systèmes éducatifs et professeur de psychologie et « sciences du comportement » à l'Université John Hopkins (Maryland, 1971-1973). Président de l'Université de Louisville (Kentucky) (1973-1980). Président de la S.G.S.R. (1973-1974). Fondateur et premier directeur d'E.D.U.C.O.M. Fondateur de l'*University of the World* (San Diego) en 1981.

Rapoport Anatol (1911-2007) : Russe, puis Américain (1922). Né à Lozovaya (Russie). Études et activités de pianiste (1917-1937). Études de mathématiques (1937-1941) à Chicago. Doctorat de mathématiques en 1941. Professeur de mathématiques à l'*Illinois Institute of Technology* (1945-1947). Chercheur associé puis professeur assistant de biologie mathématique à l'Université de Chicago (1947-1954). Chercheur invité au C.A.S.B.S. (Stanford) (1954-1955). Professeur de biologie mathématique au M.H.R.I. (Université du Michigan, Ann Arbor) (1955-1969). Cofondateur (1954-1956) et président (1965-1966) de la S.G.S.R. Professeur de mathématiques et de psychologie à l'Université de Toronto (1970-1979). Directeur de l'*Institut für höhere Studien* de Vienne (1980-1983).

Rashevsky Nicolas (1899-1972) : Ukrainien, puis Américain (1924). Né à Chernigov (Ukraine). Études de physique théorique. Doctorat en 1919 (Kiev). Professeur assistant de physique théorique à l'Université de Kiev (1919-1920), au *Robert College* d'Istanbul (1920-1921), puis à l'Université russe de Prague (1921-1924). Émigration aux U.S.A. en 1924. Chercheur et professeur assistant en physique théorique à l'Université et aux *Westinghouse Research Laboratories* de Pittsburgh (1924-1934). Professeur assistant, puis professeur de biophysique mathématique à l'Université de Chicago (1935-1964). Professeur de biologie mathématique au M.H.R.I. (Université du Michigan, Ann Arbor) (1965-1970).

Rosen Robert (1934-1998) : Américain. Né à New York. Études de biologie, physique et mathématiques. Doctorat de biologie mathématique (Université de Chicago, 1959). Professeur assistant de biologie mathématique à l'Université de Chicago (1959-1964). Professeur de biologie mathématique à l'Université et au *Center for theoretical biology* de Buffalo (S.U.N.Y., État de New York) (1965-1975), puis à l'Université Dhalousie d'Halifax (Canada) (1975-1994). Président de la S.G.S.R. (1980-1981).

Weiss Paul A. (1898-1989) : Autrichien, puis Américain (1939). Né à Vienne. Études d'ingénierie mécanique, de physique et de mathématique, puis de biologie. Doctorat de biologie en 1922. Émigration aux U.S.A. en 1931. Professeur assistant de biologie à l'Université de Yale (1931-1933), puis professeur de biologie à l'Université de Chicago (1934-1954). Membre de l'Académie nationale des sciences en 1947. Professeur de biologie à l'Université Rockefeller (New York) de 1954 à 1969.

Index des auteurs cités¹

- Abel Othenio (1875-1946) : 160 ; 452 ; 507 ; 619
- Ackoff Russell R. (1919-2009) : 9 ; 384 ; 392 ; 401 ; 773 ; 802-806 ; 808 ; 826-827 ; 841 ; 872 ; 874-875 ; 885 ; 888 ; 897 ; 963 ; 971-972 ; 974 ;
- Adams Charles C. (1873-1955) : 154 ; 177-179 ; 201 ; 471 ; 546 ; 723
- Adickes Erich (1866-1928) : 267
- Afanasjew W.G. (?) : 266 ; 501 ; 688
- Agrippa Menenius Lanatus (fin VI^e –début V^e siècle av. J.C.) : 209
- Albert Abraham A. (1905-1972) : 737
- Alcméon de Croton (VI^e siècle av. J.C.) : 100
- Alexander Franz (1891-1964) : 121 ; 131 ; 135 ; 204 ; 812 ; 814 ; 819 ; 838
- Alexander Samuel (1859-1938) : 117
- Alleee Warder C. (1885-1955) : 727
- Allesch Johannes G. von (1882-1967) : 290
- Allport Gordon W. (1897-1974) : 748 ; 947
- Alverdes Friedrich (1889-1952) : 153 ; 160 ; 170 ; 172-175 ; 177 ; 184 ; 219 ; 239 ; 253 ; 417 ; 490 ; 493 ; 502 ; 507
- Ampère André M. (1775-1836) : 773
- Anderle Othmar F. (?) : 47 ; 213 ; 221 ; 225 ; 417 ; 947-948 ; 997
- Angyal Andras (1902-1960) : 386 ; 391 ; 417-418 ; 873-874
- Apostel Léo (1925-1995) : 359 ; 404-405 ; 417 ; 483
- Arendt H. (1906-1975) : 4 ; 31 ; 78 ; 87 ; 221 ; 233 ; 296
- Arieti Silvano E. (1914-1981) : 947
- Aristote (384-322 av. J.C.) : 83 ; 164 ; 166 ; 209 ; 382 ; 489 ; 519 ; 521 ; 523 ; 577 ; 580 ; 688 ; 873
- Arrow Kenneth J. (1921-) : 885 ; 888
- Ashby William R. (1903-1972) : 286 ; 401-402 ; 407 ; 414-415 ; 770 ; 779-781 ; 783 ; 785 ; 791-801 ; 825 ; 850 ; 872 ; 875-881 ; 908 ; 935-936 ; 963 ; 965 ; 967 ; 970 ; 989
- Aschoff Ludwig (1866-1942) : 203
- Atlan Henri (1931-) : 636 ; 801 ; 969
- Auerbach Felix (1856-1933) : 81 ; 87 ; 475
- Auersperg Alfred von (1899-1968) : 255 ; 539
- Ayer A.J (1910-1989) : 316 ; 337 ; 741 ; 1019
-
- Bachelard Gaston (1884-1962) : 274 ; 346
- Bachelard Suzanne (1919-2007) : 274 ; 346 ; 351 ; 359-362 ; 365 ; 370
- Bacon Francis (1561-1626) : 48

¹ J'ai exclu de cet index certains auteurs néanmoins cités. Soit parce qu'ils ne l'ont été qu'une seule fois et que leur importance peut être tenue pour négligeable dans l'histoire retracée ici. Soit parce qu'il s'agit d'historiens ou de philosophes des sciences qui n'ont pas été directement impliqués dans cette histoire, et qui n'ont d'aucune manière eu d'influence sur elle. Certaines dates restent manquantes. Je remercie ma mère pour son aide dans la construction de cet index.

Baer Karl von (1792-1876) : 79 ; 81 ; 159 ; 168 ; 207 ; 439 ; 449 ; 452 ; 619 ; 764 ; 768
 Bailey Edna W. (?) : 204
 Bailey Victor A. (1895-1964) : 204 ; 557 ; 723
 Ballauff Theodor (?) : 116 ; 119 ; 129 ; 131 ; 134 ; 508
 Banathy Bela H. (1919-2003) : 826
 Bapp Karl (?) : 29 ; 56-59 ; 93 ; 95-96 ; 100
 Barnes Harry E. (?) : 209 ; 216-219 ; 242
 Bateson Gregory (1904-1980) : 776-778 ; 784-785 ; 810-811
 Baule B. (?) : 600
 Bavelas Elex (1920-) : 812 ; 814 ; 838
 Bavink Bernhard (1879-1947) : 107-108 ; 243 ; 314 ; 325-326 ; 328 ; 341 ; 342 ; 428 ; 455 ; 509 ; 585 ; 983
 Becher Erich (1882-1929) : 85 ; 242 ; 438 ; 493 ; 509
 Béclard Pierre A. (1785-1825) : 75 ; 448
 Beer Stafford (1926-2002) : 384 ; 401 ; 826 ; 850
 Beier Walter (?) : 643 ; 653
 Bendmann Arno (?) : 240 ; 266-267 ; 501 ; 636 ; 873
 Benn Gottfried (1886-1956) : 42
 Benoist Alain de (1943-) : 908
 Bentley Arthur (1870-1957) : 170 ; 267 ; 309-310 ; 380 ; 675 ; 716 ; 946
 Bergson Henri (1859-1941) : 40 ; 55 ; 57 ; 60 ; 66 ; 83-84 ; 117-118 ; 128 ; 137 ; 140 ; 310 ; 432 ; 515 ; 521 ; 665 ; 982
 Berkeley Georges (1685-1753) : 1057
 Berlinski David (1942-) : 391 ; 699-700 ; 926
 Bernal John D. (1901-1971) : 581
 Bernard Claude (1813-1878) : 75 ; 79 ; 188-189 ; 202 ; 384 ; 409 ; 448
 Bertalanffy Ludwig von (1901-1972) : partout !!
 Berthelot Marcellin (1827-1907) : 79 ; 409
 Bethe Albert (?) : 206 ; 507-508
 Bichat Xavier (1771-1802) : 75
 Bigelow Julian H. (1913-2003) : 774-777
 Black Max (1909-1988) : 338 ; 34-46 ; 361-363 ; 369 ; 379 ; 672
 Blauberg I.V. (?) : 393 ; 408-409 ; 873-874 ; 876 ; 928
 Bleuler Edmund (?) : 84-85 ; 438 ; 440
 Blumenbach Johann F. (1752-1840) : 78-79
 Bluntschli Johann C. (1808-1881) : 219
 Bode Hendrik (1905-1982) : 714
 Bogdanov Alexandre A. (1873-1928) : 1063
 Böhme Jakob (1575-1624) : 91-92
 Bohr Niels (1885-1962) : 19 ; 97 ; 11-113 ; 115 ; 185 ; 272 ; 275 ; 295-296 ; 309 ; 326 ; 352 ; 362 ; 366 ; 388 ; 399 ; 402 ; 464 ; 468 ; 479 ; 570 ; 720
 Bolk Louis (1866-1930) : 271

Boltzmann Ludwig (1844-1906) : 80 ; 107 ; 109 ; 296 ; 349 ; 352 ; 356-358 ; 365 ; 369-370 ; 464 ; 523 ; 538 ; 540 ; 558 ; 745 ; 768

Bolzano Bernhard (1781-1848) : 1084

Bonald Louis de (1754-1840) : 209

Bonnet Charles (1720-1793) : 61 ; 102

Booth Taylor L. (1933-1986) : 936

Born Max (1882-1970) : 1057

Bosanquet Bernard (1848-1923) : 187

Böttcher Alfred (?) : 246

Boudon Raymond (1934-) : 405-406

Boulding Kenneth E. (1910-1993) : 15 ; 104 ; 366 ; 379 ; 384 ; 397-398 ; 400-401 ; 409 ; 414 ; 418 ; 597 ; 668 ; 715 ; 722-723 ; 750-763 ; 765 ; 772 ; 786 ; 807-816 ; 818-819 ; 821-823 ; 826-827 ; 832 ; 837-839 ; 841-849 ; 851 ; 854 ; 856-857 ; 862 ; 864-865 ; 867-870 ; 873 ; 875-876 ; 880 ; 888 ; 890-891 ; 894 ; 896-898 ; 901-906 ; 910-911 ; 913 ; 927 ; 930 ; 932 ; 934 ; 960-961 ; 968 ; 970 ; 973 ; 979 ; 989 ; 991 ; 996-997

Boveri Theodor (1862-1915) : 155-156

Brahé Tycho (1546-1601) : 335 ; 338

Brentano Franz (1838-1917) : 138-139

Bridgman Percy W. (1882-1961) : 190 ; 309 ; 656

Brillouin Léon (1889-1969) : 481 ; 769-770

Broad Charles D. (1887-1971) : 117 ; 127 ; 192

Broca Paul P. (1824-1880) : 137 ; 206

Brody Samuel (?) : 600 ; 1030

Broglie Louis de (1892-1987) : 19 ; 80 ; 111-112 ; 296 ; 743

Brücke Ernst W. von (1819-1892) : 53 ; 425

Brugsch Theodor (1878-1963) : 203

Brunswik Egon (1903-1955) : 675 ; 708 ; 726 ; 947

Buchner Paul (1886-1978) : 493

Buck Roger C. (1922-2002) : 391 ; 399 ; 410 ; 689 ; 704

Buckley Walter F. (1922-2006) : 310 ; 908-909

Buddenbrock Wolfgang von (1884-1964) : 609

Buffon Georges L.L. de (1707-1788) : 75

Bühler Charlotte (1879-1974) : 812 ; 820 ; 947

Bühler Karl (1879-1963) : 21 ; 149-150 ; 271 ; 273 ; 277-278 ; 283 ; 507 ; 708 ; 812 ; 820 ; 947

Bumke Oswald (1877-1950) : 22

Bunge Mario (1919-) : 361 ; 384 ; 391 ; 849 ; 856 ; 890 ; 892-893 ; 915-916 ; 927 ; 931 ; 936

Bünning Erwin (1906-1990) : 479 ; 502 ; 508

Burgess Ernest (1886-1966) : 724

Burke Edmund (1729-1797) : 209

Burton Alan C. (1904-1979) : 654-655

Butenandt Adolf (1903-1995) : 638

Campbell Donald (1916-1996) : 749
 Canguilhem Georges (1904-1995) : 81 ; 162 ; 262 ; 451 ; 998
 Cannon Walter B. (1871-1945) : 154 ; 186-188 ; 199 ; 471 ; 785 ; 774 ; 779 ; 789 ; 797
 Cantril Hadley (1906-1969) : 273
 Carlson Anton J. (1875-1956) : 528 ; 726
 Carlyle Thomas (1795-1881) : 136
 Carnap Rudolf (1891-1970) : 50 ; 268 ; 323 ; 336-338 ; 346 ; 353 ; 537 ; 574 ; 648 ; 669 ; 672 ; 799 ; 811 ; 1019
 Carnot Sadi (1796-1832) : 296 ; 538 ; 655 ; 745
 Carrel Alexis (1873-1944) : 33 ; 40 ; 1008
 Casimir Hendrik B.G. (1909-2000) : 643 ; 1033
 Cassirer Ernst (1874-1945) : 6 ; 20 ; 24 ; 81 ; 93-94 ; 107-108 ; 168 ; 267-270 ; 273-281 ; 283 ; 285-288 ; 291-293 ; 295-297 ; 302 ; 309 ; 314 ; 319-323 ; 325-329 ; 340 ; 344 ; 352 ; 354 ; 357 ; 373-375 ; 432 ; 451 ; 453 ; 458 ; 467-468 ; 484 ; 503 ; 509 ; 522 ; 574 ; 476 ; 718 ; 739 ; 741 ; 986 ; 998
 Cavallo Roger E. (?) : 393 ; 407 ; 419 ; 800 ; 829 ; 850 ; 884-885 ; 891-893 ; 901 ; 933
 Caws Peter (1931-) : 826 ; 863 ; 967
 Chadwick John A. (?) : 578
 Chamberlain Houston S. (1855-1927) : 233 ; 244-246 ; 400
 Champy Christian (1885-1962) : 623
 Chauvet Gilbert (1942-2007) : 427 ; 476 ; 484 ; 488
 Checkland Peter (1930-) : 411 ; 826 ; 956 ; 971
 Child Charles M. (1869-1959) : 154-156 ; 170 ; 173 ; 476 ; 625-626 ; 723 ; 727
 Chomsky Noam (1928-) : 326 ; 340 ; 905 ; 949- 950
 Churchman Charles W. (1913-2004) : 384 ; 393 ; 672 ; 773 ; 802-804 ; 806 ; 919 ; 923
 Cicéron (106-43 av. J.C.) : 209
 Clausius Rudolf (1822-1888) : 290 ; 475 ; 538 ; 655 ; 746
 Clements Frederic E. (1874-1945) : 177 ; 179
 Cobb Stanley (1887-1968) : 204
 Coggeshall Lowell T. (1901-1987) : 748
 Coghill George E. (1872-1941) : 208 ; 488 ; 723 ; 788
 Cohen Hermann (1842-1918) : 314 ; 319 ; 426
 Commoner Barry (1917-2012) : 503
 Compton Arthur H. (1892-1962) : 528
 Comte Auguste (1798-1857) : 21-22 ; 216-217 ; 269 ; 282 ; 336 ; 448 ; 678 ; 747 ; 887
 Copernic Nicolas (1473-1543) : 357 ; 422
 Cournot Augustin (1801-1877) : 546
 Cues Nicolas de (1401-1464) : 5 ; 58 ; 68 ; 89 ; 91-92 ; 94 ; 96-97 ; 100 ; 210-211 ; 268-276 ; 295-297 ; 300-302 ; 306 ; 494 ; 498 ; 983
 Cuvier Georges (1769-1832) : 471

 D'Alembert Jean le Rond (1717-1783) : 382
 D'Ancona Umberto (1896-1964) : 1060

Danilevski Nicolai J. (1822-1885) : 220-221 ; 292
 Darwin Charles (1809-1882) : 32 ; 81 ; 127 ; 158-159 ; 241 ; 243 ; 257 ; 886 ; 1002
 Davenport Charles B. (1866-1944) : 597
 Debord Guy (1931-1994) : 753 ; 786 ; 842
 Defay Raymond (?) : 179 ; 643
 Dehlinger Ulrich (1901-1983) : 637-638 ; 655
 Delage Yves (1854-1920) : 75
 Delattre Pierre (1926-1985) : 342 ; 379 ; 384 ; 394 ; 396 ; 405 ; 855 ; 870 ; 926 ; 970
 Denbigh Kenneth G. (?) : 647 ; 654 ; 658 ; 660
 Descartes René (1596-1650) : 48 ; 81 ; 257 ; 262 ; 272 ; 383 ; 409 ; 450 ; 742 ; 791-792
 Deutsch Karl W. (1912-1992) : 311 ; 355 ; 362 ; 376 ; 744 ; 781 ; 784 ; 826 ; 875
 Dewey John (1859-1952) : 50 ; 137-138 ; 154 ; 170 ; 174 ; 208 ; 267 ; 309-310 ; 418 ; 716 ; 724 ; 739 ; 741 ; 946
 Diderot D. (1713-1784) : 382
 Dillon John A. (1903-2005) : 826
 Dilthey Wilhelm (1833-1911) : 5 ; 22 ; 38 ; 55 ; 57 ; 70-74 ; 90 ; 92-93 ; 139-140 ; 210 ; 212-215 ; 222 ; 225-228 ; 295 ; 416 ; 418 ; 471 ; 663 ; 948 ; 982 ; 985
 Dingler Hugo (1881-1954) : 22 ; 43 ; 324 ; 333 ; 339
 Dobzhansky Theodosius (1900-1975) : 503 ; 630
 Donder Theophile de (1872-1957) : 643 ; 656
 Donnan Frederick G. (1870-1956) : 515 ; 562 ; 569-573 ; 584-586 ; 665 ; 690 ; 987
 Donne John (1572-1631) : 45
 Draper George (?) : 204
 Driesch Hans (1867-1941) : 21 ; 54 ; 82-84 ; 86 ; 89-90 ; 102 ; 128 ; 135 ; 151 ; 154-156 ; 164 ; 168 ; 182 ; 194 ; 197 ; 199-200 ; 207 ; 215 ; 237 ; 260 ; 267 ; 386 ; 440 ; 442-443 ; 450 ; 453-454 ; 476 ; 480 ; 501 ; 509 ; 518 ; 569 ; 579 ; 581 ; 583 ; 645 ; 660 ; 788
 Dubois Eugène (1858-1940) : 270 ; 623
 Du Bois Reymond Emil (1818-1896) : 53 ; 80 ; 84 ; 229-230 ; 319 ; 432 ; 444
 Dubos René (1901-1982) : 503
 Duhem Pierre (1861-1916) : 345-346 ; 357 ; 372 ; 656 ; 703
 Duhl Frederick J. (1929-2010) : 947
 Dürer Albrecht (1471-1528) : 360
 Dürken Bernhard (1881-1944) : 239 ; 253 ; 452 ; 1002
 Durkheim Émile (1858-1917) : 22 ; 210 ; 216-207
 Dwořák Max (1874-1921) : 40 ; 214-215

 Easton David (1917-) : 403-404 ; 406 ; 749 ; 838 ; 908 ; 950-951
 Eckart Johann ("Meister") (1260-1327) : 68 ; 91-92 ; 235 ; 259
 Eckhart Carl (1902-1973) : 643 ; 1033
 Eddington Arthur S. (1864-1941) : 106-107 ; 165 ; 267 ; 329 ; 346 ; 385 ; 574 ; 720
 Egler Frank E. (1911-1996) : 481 ; 503 ; 676 ; 689
 Ehrenberg Rudolf (1884-1969) : 428-429

Ehrenfels Christian von (1859-1932) : 139-140 ; 142 ; 145-146 ; 400
 Eilenberg Samuel (1913-1998) : 925
 Eimer Gustav H.T. (1843-1898) : 160
 Einstein Albert (1879-1955) : 19 ; 107 ; 112 ; 257 ; 278 ; 296 ; 329 ; 362 ; 456
 Eisenhower Dwight D. (1890-1969) : 842
 Ellul Jacques (1912-1994) : 4 ; 910
 Elsasser Walter M. (1904-1991) : 468 ; 503
 Emerson Alfred E. (1896-1976) : 727 ; 730 ; 736
 Empédocle (Ve siècle av. J.C.) : 48
 Engelmann Hugo O. (1917-2002) : 675 ; 708
 Engels Friedrich (1820-1895) : 32 ; 240 ; 678
 Ericson Richard F. (1919-1993) : 825- 826 ; 829-831 ; 840 ; 843 ; 848 ; 850-851
 Eucken Rudolf (1846-1926) : 34
 Eugene Jacques (?) : 400 ; 409 ; 856 ; 859 ; 898 ; 903 ; 910 ; 925 ; 936 ; 965
 Euler Leonhard (1707-1783) : 113 ; 163 ; 339 ; 441 ; 566
 Exner Franz S. (1849-1926) : 19 ; 109 ; 526

 Fagen Robert E. (?) : 392 ; 394 ; 401 ; 876
 Faraday Michael (1791-1867) : 107
 Fechner Gustav T. (1801-1887) : 5 ; 58 ; 85 ; 91 ; 93 ; 100-106 ; 127 ; 132 ; 143 ; 152 ; 157 ; 175 ; 188 ; 191 ;
 199 ; 203 ; 205 ; 211 ; 228 ; 261 ; 273 ; 307 ; 412 ; 418 ; 470 ; 492 ; 498 ; 516-519 ; 525 ; 540 ; 728 ; 983
 Fermat Pierre de (1601-1665) : 163
 Fermi Enrico (1901-1954) : 725 ; 748 ; 750 ; 844
 Fichte Johann G. (1762-1814) : 24 ; 55 ; 210 ; 230
 Fick Adolf (1829-1901) : 645 ; 1033
 Fischer Eugen (1874-1967) : 251
 Fisher Irving (1867-1947) : 751
 Fisher Ronald A. (1890-1962) : 515 ; 547 ; 766 ; 886 ; 1009
 Fleck Ludwik (1896-1961) : 42
 Flood Merrill M. (1908-1991) : 841
 Foerster Heinz von (1911-2002) : 416 ; 826 ; 849-850 ; 874
 Ford Henri (1863-1947) : 724-725 ; 754
 Forrester Jay W. (1918-) : 901 ; 958-959
 Fouillée Alfred (1838-1912) : 218
 Fourier Charles (1772-1837) : 209
 Fourier Joseph (1768-1830) : 147 ; 153 ; 369 ; 535-536 ; 558 ; 1033
 Franck Philip (1884-1956) : 367 ; 504-506 ; 584
 Frank Lawrence K. (1890-1968) : 479 ; 776-778
 Fraassen Bas van (1941-) : 365
 Fredericq Léon (1851-1935) : 188

Frege Gottlob (1848-1925) : 577
 Fremont-Smith Frank (1895-1974) : 825
 Freud Sigmund (1856-1939) : 32 ; 205 ; 272
 Frey Gerhard (1915-2002) : 345 ; 356-357 ; 419 ; 996
 Frey-Wyssling Albert (1900-1988) : 637
 Freyer Hans (1887-1969) : 42
 Friederichs Karl (1878-1969) : 153 ; 173 ; 175-177 ; 182 ; 494-495
 Fries Carl (1895-1982) : 296 ; 509-510
 Fries Jakob F. (1773-1843) : 176
 Frobenius Leo (1873-1938) : 221

Gaines Brian R. (1938-) : 393 ; 407 ; 826 ; 832 ; 855 ; 910
 Galbraith John K. (1908-2006) : 752
 Galilée (1564-1642) : 20 ; 257 ; 339-340 ; 358 ; 382-383 ; 422 ; 523
 Galton Francis (1822-1911) : 243 ; 1008
 Gause Georgii F. (1910-1986) : 557
 Gauss Carl F. (1777-1855) : 705
 Gehlen Arnold (1904-1976) : 43 ; 271
 Geoffroy Saint-Hilaire Étienne (1772-1844) : 162 ; 164 ; 626
 George Stefan (1868-1933) : 31 ; 44
 Gerard Ralph W. (1900-1974) : 15 ; 204 ; 668 ; 722-723 ; 725-737 ; 745 ; 747-751 ; 754-755 ; 757-759 ; 762-763 ; 765 ; 784-786 ; 807 ; 810-815 ; 818-823 ; 838-839 ; 841-843 ; 8454 ; 849 ; 870-872 ; 897
 Gessner Fritz (1905-1972) : 255 ; 502 ; 539
 Gibbs Josiah W. (1839-1903) : 768 ; 954
 Gill Arthur (?) : 936
 Glansdorff Peter (?) : 656
 Gödel Kurt (1906-1978) : 19
 Gœbel Karl E.R. von (1855-1935) : 160 -161 ; 452 ; 619
 Goethe Johann W. von (1749-1832) : 5 ; 24 ; 29 ; 34 ; 41 ; 55-58 ; 61 ; 67 ; 73 ; 83 ; 89 ; 91-93 ; 95 ; 98-100 ; 102 ; 116 ; 119 ; 139 ; 143 ; 151-150 ; 157-158 ; 161-162 ; 164 ; 210 ; 221-223 ; 225-226 ; 230 ; 235 ; 238 ; 244 ; 259 ; 268 ; 273 ; 278-279 ; 292 ; 295-296 ; 298 ; 305 ; 352 ; 360 ; 372 ; 380 ; 432 ; 450 ; 470 ; 475-476 ; 498 ; 515 ; 518-519 ; 522-523 ; 559 ; 616 ; 618 ; 620 ; 626 ; 649 ; 665 ; 677 ; 685 ; 819 ; 982-984 ; 997
 Goldschmidt Richard (1878-1958) : 150 ; 166 -167 ; 247 ; 269 ; 360 ; 438 ; 440 ; 507 ; 527 ; 579 ; 629-631 ; 1009
 Goldsmith Edward (1928-2009) : 901 ; 934-935
 Goldstein Kurt (1878-1965) : 93 ; 202-204 ; 206-208 ; 230 ; 240 ; 247 ; 273 ; 277 ; 366 ; 488 ; 508 ; 947 ; 985 ; 1009
 Gompertz Benjamin (1779-1865) : 612 ; 1028
 Gonseth Ferdinand (1890-1975) : 357
 Gottinger Hans W. (?) : 935
 Gould Stephen J. (1941-2002) : 451 ; 635-636
 Gumplowicz Ludwig (1838-1909) : 242

Gray William (?) : 715 ; 719-720 ; 911 ; 947
 Gregg Alan (?) : 204
 Gregg John R. (?) : 584
 Grinker Roy R. (1900-1993) : 204 ; 723 ; 738 ; 809 ; 947
 Groot Sybren de (1916-) : 643 ; 655-658 ; 1033 ; 1035-1036
 Gross Bertram R. (?) : 826
 Groß J. (?) : 502
 Guldberg Cato M. (1836-1902) : 115
 Gundolf Friedrich (1880-1931) : 41- 42
 Günther Hans F.K. (1891-1968) : 244
 Gurwitsch Alexander (1874-1954) : 153 ; 156-157 ; 438 ; 440 ; 509 ; 569 ; 580

Haacke Wilhelm (1855-1912) : 159-160 ; 452
 Habermas Jürgen (1929-) : 4 ; 786 ; 910
 Haeckel Ernst (1834-1919) : 81 ; 84 ; 97 ; 162 ; 283 ; 618 , 731 ; 1008
 Hahn Hans (1879-1934) : 268 ; 316 ; 336
 Haldane John B.S. (1892-1964) : 515 ; 1009
 Haldane John S. (1860-1936) : 51 ; 153-154 ; 188-193 ; 197 ; 241 ; 254 ; 386 ; 440 ; 443 ; 456 ; 462-463 ; 470 ; 511-512 ; 547 ; 580 ; 636 ; 694 ; 886 ; 1009
 Hall Arthur D. (?) : 392 ; 394 ; 401 ; 874
 Hamilton William R. (1805-1865) : 566-567 ; 917 ; 1025-1026
 Harms Jürgen W. (1885-1956) : 596-597
 Harrison Michael A. (?) : 936
 Hartley Ralph (1888-1970) : 766-768
 Hartmanis Juris (?) : 936
 Hartmann Eduard von (1842-1906) : 34 ; 62 ; 84-85 ; 91 ; 103 ; 113 ; 158 ; 172 ; 184 ; 210 ; 314 ; 441 ; 452 ; 492 ; 498 ; 891 ; 1002-1003
 Hartmann Max (1876-1962) : 21 ; 196 ; 334 ; 337 ; 342 ; 426 ; 446 ; 457 ; 460 ; 462 ; 479 ; 502-503
 Hartmann Nicolai (1882-1950) : 5 ; 43 ; 116-121 ; 124 ; 126 ; 129-135 ; 182 ; 188 ; 200-201 ; 218 ; 286 ; 321 ; 383 ; 396 ; 412 ; 426 ; 440 ; 470 ; 484 ; 497 ; 509 ; 589 ; 649 ; 677 ; 679 ; 688 ; 891 ; 893 ; 984
 Hauptmann Gerard (1862-1946) : 719
 Hayakawa Samuel I. (1906-1992) : 739 ; 747 ; 772
 Hayek Friedrich A. von (1899-1992) : 211-212 ; 216 ; 235 ; 353 ; 377-378 ; 402-403 ; 475 ; 554 ; 671 ; 674 ; 677 ; 814 ; 844 ; 931 ; 948 ; 990
 Hecht Selig (1892-1947) : 534
 Hegel Georg W.F. (1770-1831) : 24 ; 34 ; 50 ; 56 ; 89 ; 100 ; 121-122 ; 132 : 210 ; 213 ; 292 ; 310 ; 339 ; 383 ; 433 ; 886
 Heidegger Martin (1889-1976) : 42
 Heidenhain Martin (1864-1949) : 167-168 ; 439-440
 Heisenberg Werner (1901-1976) : 19 ; 111 ; 114-115 ; 185-186 ; 275 ; 295-296 ; 308 ; 326 ; 329-330 ; 338 ; 342 ; 352 ; 399 ; 402 ; 464-465 ; 570 ; 720 ; 733
 Helmholtz Hermann von (1821-1894) : 20 ; 53 ; 62 ; 80-81 ; 84 ; 89 ; 136 ; 138 ; 229 ; 290-291 ; 307 ; 315 ; 356

Hempel Carl G. (1905-1997) : 343 ; 359 ; 363 ; 370 ; 372 ; 395 ; 399 ; 506 ; 648 ; 670 ; 672 ; 679-680 ; 690-691 ; 698-705 ; 707 ; 716 ; 834 ; 963 ; 97

Henderson Lawrence J. (1878-1942) : 154 ; 186-188 ; 346 ; 398 ; 727

Héraclite d'Éphèse (vers 545-480 av. J.C.) : 5 ; 55-58 ; 89 ; 99-100 ; 119 ; 258-259 ; 295 ; 406 ; 470 ; 173 ; 493 ; 498 ; 982

Herbart Johann F. (1776-1841) : 89 ; 136

Herder Johann G. (1744-1803) : 36 ; 38 ; 55 ; 59-60 ; 83 ; 89 ; 99 ; 213 ; 220 ; 222 ; 230 ; 292

Hering Ewald (1834-1918) : 84 ; 138 ; 166 ; 171 ; 471 ; 534

Herrick Charles J. (1869-1960) : 154 ; 170 ; 172-174 ; 203 ; 208 ; 488 ; 723

Hertwig Oskar (1849-1922) : 32 ; 43 ; 82 ; 158 ; 165-166 ; 242 ; 319 ; 446 ; 448 ; 452 ; 455 ; 1002-1003

Hertz Heinrich (1857-1894) : 257 ; 286 ; 344-345 ; 349 ; 352 ; 356-357 ; 362 ; 365 ; 650

Herzberg Alexander (1887-1944) : 142-143 ; 508

Hesse Hermann (1877-1962) : 301

Hesse Mary B. (1924-) : 346 ; 704

Hesse Richard (1868-1944) : 606

Hilbert David (1862-1943) : 24 ; 42 ; 347 ; 433 ; 582

Hildebrand Kurt (?) : 41

Hill Archibald V. (1886-1977) : 533 ; 726

Himmler Heinrich (1900-1945) : 202

Hippocrate (vers 460–370 av. J.C.) : 100 ; 201 ; 750

Hirsch Gottwalt C. (1888-1972) : 184-185 ; 201 ; 471

His Wilhelm (1863-1934) : 81

Hitler Adolf (1889-1945) : 34 ; 235-236 ; 238 ; 245 ; 248 ; 250-251 ; 253 ; 1008-1010

Hitzig Eduard (1838-1907) : 137

Hobbes Thomas (1588-1679) : 209 ; 334

Hobhouse Leonard T. (1864-1929) : 216

Höfler Karl (1893-1973) : 639

Hölderlin Friedrich (1770-1843) : 30 ; 40 ; 44 ; 55 ; 58 ; 68 ; 100 ; 103

Holst Erich von (1908-1962) : 490 ; 788

Hoorweg Jan L. : 533

Horkheimer Max (1895-1973) : 23

Horwath William J. (1917-2004) : 821 ; 841 ; 865

Householder Alston S. (1904-1993) : 528 ; 532 ; 643 ; 765

Houssay Frédéric (1860-1920) : 526

Hull Clark (1884-1952) : 773-774

Humboldt Alexander von (1769-1859) : 94

Humboldt Wilhelm von (1767-1835) : 5 ; 24 ; 268 ; 284 ; 292-293

Hume David (1711-1776) : 336 ; 522

Husserl Edmund (1859-1938) : 26 ; 138 ; 145 ; 340 ; 509 ; 618

Hutchins Robert M. (1899-1977) : 723 ; 725 ; 748 ; 809-810 ; 813

Hutchison George E. (1903-1991) : 521 ; 788

Huxley Aldous (1894-1963) : 42 ; 290 ; 293-294 ; 298 ; 715 ; 719-721 ; 723 ; 736 ; 808-810 ; 818 ; 843 ; 1009
Huxley Julian S. (1887-1975) : 155 ; 622-624 ; 635
Huxley Thomas H. (1825-1891) : 242
Huyghens Christiaan (1629-1695) : 145

Jackson Michael C. (1951-) : 411 ; 964
Jacob François (1920-) : 74-75 ; 97 ; 425
Jacobi Carl G. (1804-1851) : 566-567; 1020
Jaeger Werner W. (1888-1961) : 28
Jaensch Erich (1883-1940) : 246
James William (1888-1961) : 137 ; 140 ; 173 ; 275 ; 418 ; 503 ; 773
Jankélévitch Vladimir (1903-1985) : 56 ; 65 ; 68 ; 295 ; 310
Jaspers Karl (1883-1969) : 23 ; 36 ; 152 ; 226
Jaumann Gustav (1863-1924) : 656
Jeans James H. (1877-1946) : 107 ; 267 ; 353
Jennings Herbert S. (1868-1947) : 89 ; 174
Jevons William S. (1835-1882) : 546
Johnson Lyndon B. (1908-1973) : 847
Jöhr Walter A. (?) : 670 ; 706
Jollos Victor (1887-1941) : 160 ; 452 ; 619
Jonas Hans (1903-1993) : 672 ; 698 ; 700 ; 703-706 ; 728
Jordan Hermann J. (1877-1943) : 341 ; 389 ; 417 ; 424 ; 569 ; 695 ; 1010
Jordan Pascual (1902-1980) : 11-112 ; -115 ; 184-185 ; 225 ; 250 ; 329 ; 478-479 ; 508
Jost Günther (?) : 249
Jussieu Antoine L. de (1748-1836) : 75

Kafka Franz (1883-1924) : 32
Kahn Robert L. (?) : 908-909 ; 950-951
Kaila Eino (1890-1958) : 367
Kalmus Hans (1906-1988) : 290
Kammerer Paul (1880-1926) : 159
Kant Emmanuel (1724-1804) : 20 ; 24 ; 38 ; 43 ; 76-79 ; 84 ; 95 ; 116-118 ; 120 ; 124 ; 164 ; 168-169 ; 184 ; 193 ; 207 ; 257 ; 266-267 ; 272-273 ; 276 ; 289-291 ; 305-306 ; 308 ; 319 ; 334 ; 337 ; 347-348 ; 355-358 ; 373 ; 383 ; 389-390 ; 394 ; 408 ; 422 ; 432-433 ; 457-458 ; 497 ; 574-575 ; 649 ; 742 ; 863
Kaplan Bernard (?) : 35
Kashkarov Daniil N. (1878-1941) : 186
Katona George (1901-1977) : 754
Katsenelinboigen Aron I. (1927-2005) : 894 ; 899
Katz Daniel (1903-1998) : 908-909 ; 950-951
Kaulbach Friedrich (1912-1992) : 356-357

Keiter Friedrich (1906-1967): 703
 Keith Lucas (1879-1916) : 533
 Kempe Alfred B. (1849-1922) : 476-477 ; 582
 Kennedy John F. (1917-1963) : 847
 Kepler Johannes (1571-1630) : 335 ; 338 ; 373 ; 423 ; 522
 Kerner Edward H. (1907-1991) : 954-955
 Keynes John M. (1883-1946) : 751
 Kilmeyer Karl F. (1765-1844) : 79
 Kirchhoff Gustav (1824-1887) : 318
 Klages Ludwig (1872-1956) : 55 ; 67 ; 227
 Klein Félix (1849-1925) : 24 ; 433
 Klir George J. (1932-) : 392 ; 396 ; 394-395 ; 398 ; 400-401 ; 407-408 ; 499 ; 561 ; 826 ; 828 ; 831 ; 837 ; 851 ; 854-856 ; 863 ; 872 ; 875-876 ; 878 ; 880 ; 882-884 ; 914-924 ; 926 ; 930 ; 933 ; 942-943 ; 966 ; 970 ; 972 ; 976 ; 996
 Kluckhohn Clyde (1905-1960) : 812 ; 814-815 ; 838 ; 841 ; 915 ; 937
 Knight Franck (1885-1972) : 751
 Knoll Max H. (1897-1969) : 1011-1013
 Kœstler Arthur (1905-1983) : 173 ; 258 ; 330 ; 451 ; 635-636 ; 733 ; 890-893 ; 895 ; 990
 Koffka Kurt (1886-1941) : 141 ; 143 ; 176 ; 237
 Köhler Wolfgang (1887-1967) : 51 ; 53 ; 93 ; 140-152 ; 157 ; 177 ; 194-201 ; 207 ; 238 ; 307 ; 369-370 ; 373 ; 386 ; 440-441 ; 449 ; 455 ; 460 ; 469-470 ; 481 ; 483 ; 489 ; 508 ; 545 ; 589 ; 983-984
 Kohler Otto (?) : 446 ; 651 ; 677 ; 687
 Kojève Alexandre (1902-1968) : 19 ; 112 ; 114
 Kolmogorov Andreï (1903-1987) : 686
 Korschelt Eugen (1858-1946) : 597
 Korzybski Alfred (1879-1950) : 713 ; 739 ; 741 ; 746 ; 757 ; 772
 Kostitzin Vladimir A. (1882-1963) : 348 ; 549 ; 554-557 ; 588 ; 592 ; 596 ; 639 ; 687 ; 701 ; 706 ; 886 ; 983
 Kostyuk V.N. (?) : 874
 Kottje Friedrich (1892- ?) : 84 ; 94
 Kötschau Karl (1892-1982) : 202 ; 239 ; 243 ; 246-247 ; 253
 Koyré Alexandre (1892-1964) : 4 ; 20 ; 45 ; 59 ; 94 ; 339 ; 998
 Kraft Viktor (1880-1975) : 342-343 ; 347
 Kraus Friedrich (1858-1936): 203
 Kraus Karl (1874-1936) : 231 ; 235-236
 Krech David (1909-1977) : 675 ; 708 ; 945
 Kremyanskiy V.I. (?) : 832
 Kretschmer Ernst (1888-1964) : 203
 Krieck Ernst (1882-1947) : 233-239
 Kröber Alfred L. (1876-1960) : 220
 Kroner Richard (1884-1974) : 319 ; 426 ; 445 ; 452
 Kropotkin Piotr A. (1842-1921) : 242

Krüger Felix (1874-1948) : 32 ; 40 ; 92 ; 136 ; 143 ; 150-152 ; 232 ; 235 ; 238 ; 240 ; 246 ; 253
 Krüger Friedrich (1902-1982) : 615 ; 623 ; 984
 Kuhn Alfred (?) : 754, 875
 Kuhn Thomas S. (1922-1994) : 42 ; 96 ; 143 ; 360 ; 397 ; 857 ; 895
 Külpe Oswald (1862-1915) : 139
 Kunz Fritz (?) : 720
 Kuznets Simon (1901-1985) : 403

Lachs John (?) : 413-414
 Lagrange Joseph L. (1736-1813) : 113 ; 163 ; 441 ; 568
 Lamarck Jean-Baptiste (1744-1823) : 75
 La Mettrie Julien O. de (1709-1751) : 89
 Lancaster Ray (?) : 619
 Landahl Herbert D. (1913-2003) : 528
 Lange Friedrich Albert (1828-1875) : 62 ; 89 ; 290-291
 Langer Suzanne K. (1895-1985) : 274 ; 275 ; 277 ; 330 ; 739 ; 741
 Langevin Paul (1872-1946) : 112
 Lapicque Louis (1866-1952) : 270 ; 533 ; 623
 Laplace Pierre Simon de (1749-1827) : 147
 Lashley Karl S. (1890-1958) : 208 ; 488 ; 723
 Lassen Harald (?) : 268
 Laszlo Ervin (1932-) : 384 ; 404 ; 849 ; 863-864 ; 873 ; 890-893 ; 897-898 ; 901 ; 905-908 ; 968 ; 990
 Laue Reinhard (?) : 592 ; 643 ; 653-654
 Laue Max von (1879-1960) : 539
 LaViolette Paul A. (?) : 954-955
 Lazarsfeld Paul (1901-1976) : 812 ; 814
 Leake Chauney D. (?) : 726
 Leberghe Georges van (1896-1940) : 656
 Le Bouyer de Fontenelle Bernard (1657-1757) : 517
 Le Châtelier Henri L. (1850-1936) : 101 ; 171 ; 177 ; 186 ; 199 ; 562 ; 651 ; 657 ; 659 ; 1035
 Lecomte du Noüy Pierre (1883-1947) : 529
 Leduc Stéphane (1853-1939) : 85 ; 198 ; 449
 Leemann Albert C. (?) : 573
 Lehmann Ernst H. (?) : 239 ; 242 ; 245 ; 248-249 ; 251-252
 Leibniz Gottfried W. (1646-1716) : 5 ; 48 ; 55 ; 57 ; 59-61 ; 83 ; 91-92 ; 94 ; 97-98 ; 100 ; 103 ; 113 ; 118 ; 128 ; 163 ; 184 ; 210 ; 213 ; 268 ; 295 ; 299-300 ; 306 ; 383 ; 434 ; 471 ; 566 ; 688 ; 742 ; 766 ; 773 ; 779 ; 982-983 ; 1055
 Lektorsky Vladislav A. : 391 ; 832 ; 873 ; 969-970
 Le Moigne Jean-Louis (1931-) : 350-351 ; 356-357 ; 361 ; 378 ; 401 ; 407 ; 409-410 ; 416 ; 418 ; 854 ; 856 ; 870 ; 878 ; 900 ; 910 ; 914-915 ; 919 ; 928 ; 969
 Lenk Hans (1935-) : 357 ; 386 ; 391 ; 410-411 ; 418 ; 862 ; 928 ; 931

Lentz Fritz (1887-1976) : 244 ; 248
 Lessing Gotthold E. (1729-1781) : 92
 Lévi-Strauss Claude (1908-2009) : 326 ; 404-405 ; 950
 Lévy-Bruhl Lucien (1857-1939) : 280
 Lévy-Leblond Jean-Marc (1940-) : 432 ; 515
 Lewes George H. (1817-1878) : 117 ; 125 ; 128-129
 Lewin Kurt (1890-1947) : 143-144 ; 237-238 ; 340 ; 508 ; 779 ; 812
 Liebig Justus von (1803-1873) : 79-80
 Liebmann Otto (1840-1912) : 70
 Lienau Carl C. (1887-1976) : 687 ; 771
 Lilienfeld Paul (?) : 217
 Lilienfeld Robert (?) : 837 ; 901 ; 908 ; 910 ; 958 ; 964-965 ; 968-969
 Lillie Franck R. (1870-1947) : 154
 Lillie Ralph S. (1875-1952) : 186 ; 470 ; 478 ; 528-529 ; 723 ; 727-728
 Lindenmayer Aristid (1925-1989) : 584
 Lloyd Morgan C. (1852-1936) : 117 ; 120 ; 122 ; 125 ; 128 ; 132 ; 135 ; 192 ; 411 ; 440 ; 460 ; 580 ; 678
 Locke John (1632-1704) : 120 ; 136
 Locker Alfred (1922-2005) : 978
 Loeb Jacques (1859-1924) : 60 ; 87 ; 169-170 ; 172-174 ; 424
 Löfgren Lars (?) : 415 ; 419 ; 914
 Lohr Erwin (1880-1951) : 656
 London Fritz W. (1900-1954) : 570
 Lorenz Konrad (1903-1989) : 148 ; 273 ; 307-309 ; 311 ; 313 ; 490 ; 674 ; 788 ; 983
 Lotka Alfred J. (1880-1949) : 6 ; 154 ; 174 ; 178-187 ; 201 ; 297 ; 367 ; 379 ; 471 ; 494 ; 515 ; 523 ; 538-539 ;
 541-542 ; 545-565 ; 567-569 ; 572-573 ; 584-588 ; 592 ; 596 ; 601 ; 617 ; 644-646 ; 648 ; 651-652 ; 665-666 ;
 673 ; 682 ; 687 ; 690-692 ; 695-696 ; 701 ; 727 ; 737-739 ; 753 ; 755 ; 762 ; 791 ; 779 ; 793 ; 886 ; 935 ; 944 ;
 987 ; 998 ; 1004
 Lotze Rudolf H. (1817-1881) : 26 ; 79-80 ; 103 ; 319
 Lovejoy Arthur O. (1863-1962) : 75 ; 89
 Luce Duncan (1925-2012) : 812 ; 814
 Lucka Emil (1877-1941) : 41
 Ludwig Karl (1816-1895) : 53
 Ludwig Wilhelm (?) : 594 ; 601
 Luhmann Niklas (1927-1998) : 155 ; 908 ; 971
 Lustig-Olthuis Bernhardine (?) : 496 ; 717
 Lyapunov Aleksandr M. (1857-1918) : 935

 Macko D.(?) : 936
 Mach Ernst (1838-1916) : 6 ; 35 ; 62-64 ; 89 ; 107 ; 181 ; 266 ; 314-321 ; 326 ; 328 ; 344 ; 346 ; 353 ; 356 ; 359 ;
 371-373 ; 432 ; 522 ; 558 ; 656 ; 703 ; 707 ; 719 ; 982
 Machado Antonio (1875-1939) : 275

Maeterlinck Maurice (1862-1949) : 492
 Mainx Felix (1900-1983) : 367 ; 505-506 ; 584
 Maistre Joseph de (1753-1821) : 209
 Makridakis Spyros (?) : 935
 Malthus Thomas R. (1766-1834) : 762
 Mandelbaum Maurice (1908-1987) : 403 ; 947
 Mandelbrot Benoît (1924-2010) : 955
 Mangold Hilde (1898-1924) : 156
 Mangold Otto (1891-1962) : 248
 Mannheim Karl (1893-1947) : 42 ; 739
 March Arthur (1891-1957) : 669 ; 674
 Marcuse Herbert (1898-1979) : 4 ; 220 ; 233
 Maritain Jacques (1882-1973) : 419
 Marquis Donald (?) : 749
 Marx Karl (1818-1883) : 32 ; 213 ; 292 ; 678 ; 886 ; 900
 Maslow Abraham (1908-1970) : 675 ; 708 ; 746 ; 947
 Mather Kirtley F. (1888-1978) : 713
 Mathurana Humberto R. (1928-) : 155
 Mattessich Richard (?) : 858
 Maupertuis Pierre L.L. (1698-1759) : 163 ; 566
 Mayer Robert von (1814-1878) : 257 ; 319 ; 344-345
 Maxwell James C. (1831-1879) : 107-108 ; 145-147 ; 153 ; 286 ; 329 ; 345 ; 356 ; 362 ; 367 ; 369-372 ; 540 ; 558 ; 568 ; 767 ; 769 ; 773
 McClelland Charles A. (1917-) : 418 ; 813 ; 826-827
 McCullough Warren (1898-1969) : 290 ; 366 ; 528 ; 738 ; 765 ; 777-779 ; 783-785 ; 789 ; 791 ; 811 ; 874
 McKenzie John S. (?) : 218
 McLane Saunders (1909-2005) : 925
 Mead Margaret (1901-1978) : 776-778 ; 785 ; 826
 Meadows Dennis (1942-) : 901 ; 958-959
 Meckel Johann F. (1781-1833) : 81
 Medawar Peter (1915-1987) : 635
 Meier Richard L. (1920-2007) : 749 ; 820 ; 823 ; 828-829 ; 839 ; 875
 Meixner Josef (1908-1994) : 643 ; 655-656
 Mèlèse Jacques (1928-1994) : 900
 Mendel Lafayette B. (1872-1935) : 341 ; 596 ; 600
 Menger Carl (1840-1921) : 347 ; 811
 Menger Karl (1902-1985) : 347
 Menninger Karl (1893-1990) : 270 ; 675 ; 726 ; 947
 Mesarović Mihajlo D. (1928-) : 392 ; 561 ; 854-855 ; 878 ; 880-884 ; 886 ; 888-889 ; 901-902 ; 905-906 ; 945 ; 918-926 ; 930-932 ; 935-936 ; 940-941 ; 955 ; 958-960 ; 963 ; 969-970 ; 975 ; 976 ; 1046-1047
 Metzger Wolfgang (1899-1979) : 250 ; 677

Meyer François (1912-2004) : 434

Meyer-Abich Adolf (1893-1971) : 21 ; 51 ; 83 ; 141 ; 163 ; 192 ; 196-197 ; 237 ; 239 ; 253-254 ; 336 ; 411 ; 422 ; 428 ; 435 ; 460 ; 463 ; 502 ; 563 ; 569-570 ; 572-573 ; 694

Meyerhof Otto F. (1884-1951) : 726

Midgley Gerald R. (?) : 411

Mill John S. (1806, 1873) : 70 ; 117 ; 125 ; 128 ; 342 ; 522

Minot Charles S. (1852-1914) : 594

Mises Richard von (1888-1953) : 109

Milsum John (1924-2008) : 937

Mittasch Alwin (1869-1953) : 64 ; 138 ; 480 ; 486 ; 671 ; 695 ; 799

Möbius Karl (1825-1908) : 175

Moles Abraham A. (1920-1992) : 766 ; 770

Moleschott Jakob (1822-1893) : 136

Monakow Constantin von (1853-1930) : 206 ; 208

Monod Jacques (1910-1976) : 882

Montgomery Edmund (1835-1911) : 153-154 ; 166 ; 188 ; 191-194 ; 471

Moore Edward F. (1925-2003) : 936

Moore George E. (1873-1958) : 50

Morgan Thomas H. (1866-1945) : 155 ; 167

Morgenstern Oskar (1902-1977) : 821

Morin Edgar (1921-) : 409

Morris Charles (1901-1979) : 648 ; 670 ; 739 ; 741 ; 824

Mosteller Frederick (1916-2006) : 714

Mühlestein Hans (1887-1969) : 41

Müller Ingeborg (?) : 613-614

Müller Johannes (1801-1858) : 79-81 ; 84 ; 148 ; 168 ; 170 ; 290 ; 451 ; 619

Mumford Lewis (1895-1990) : 910

Murray Cecil D. (1897-1935) : 186

Murray Henri A. (1893-1988) : 469 ; 742

Musil Robert von (1880-1942) : 32

Nagel Ernst (1901-1985) : 359 ; 368 ; 372-373 ; 413 ; 415 ; 506 ; 672 ; 963 ; 967

Nägeli Carl W. von (1817-1891) : 158 -160 ; 452 ; 1002

Naroll Raoul (1920-1985) : 814 ; 819 ; 938-939 ; 944-945 ; 966

Natanson Wladyslaw (1864-1937) : 656

Natorp Paul (1854-1924) : 314 ; 319

Necker Jacques (1732-1804) : 209

Needham Arthur E. (?) : 598 ; 614-615 ; 1029

Needham Joseph (1900-1995) : 51 ; 88-89 ; 115 ; 117 ; 153-154 ; 186 ; 190 ; 196 ; 241-242 ; 424-425 ; 460 ; 478 ; 511-512 ; 543 ; 569 ; 574 ; 580 ; 585

Nernst Walter (1864-1941) : 109 ; 111 ; 286 ; 341 ; 533

Neumann John von (1903-1957) : 355 ; 770 ; 777-778 ; 783-784 ; 791 ; 821 ; 932 ; 936
 Neurath Otto (1882-1945) : 50-51 ; 268 ; 323 ; 337 ; 353 ; 479 ; 574 ; 584 ; 673 ; 1019
 Newell Norman (1909-2005) : 635-636
 Newton Isaac (1642-1727) : 20 ; 37 ; 48 ; 79 ; 221 ; 257 ; 335 ; 423 ; 429 ; 467 ; 497 ; 522 ; 703 ; 705
 Nicholson Alexander J. (1895-1965) : 557
 Nietzsche Friedrich (1844-1900) : 5 ; 27 ; 30 ; 35 ; 39 ; 40-41 ; 55-56 ; 61-66 ; 68 ; 89 ; 235 ; 282 ; 290 ; 302-307 ; 322 ; 328 ; 330 ; 341 ; 346 ; 380 ; 403 ; 455 ; 471 ; 697 ; 717 ; 742 ; 982
 Nixon Richard M. (1913-1994) : 841 ; 847 ; 964
 Novalis (Friedrich Leopold, Freiherr von Hardenberg) (1772-1801) : 55 ; 94
 Novikoff Alex B. (1914-1987) : 728 ; 730 ; 736
 Novikov Michal (1876-1965) : 160 ; 452 ; 619 ;
 Nowinski Wiktor W. (?) : 726
 Nyquist Harry (1889-1976) : 766-767

Odum Eugene P. (1913-2002) : 392 ; 414 ; 903
 Ohm Georg (1789-1854) : 536 ; 1033
 Oken Lorenz (1779-1851) : 75
 Oman Charles (1860-1946) : 211
 Onsager Lars (1903-1976) : 643 ; 655-658 ; 1033
 Oparin Alexander I. (1894-1980) : 687
 Orchard Robert A. (1939-2007) : 407 ; 918 ; 920 ; 924 ; 928 ; 941-943
 Ortega y Gasset José (1883-1955) : 27-30 ; 32 ; 34 ; 36 ; 39-40 ; 843
 Osborn Henry F. (1857-1935) : 624
 Osterhout Winthrop J.V. (1871-1964) : 543 ; 643
 Ostwald Wolfgang (1883-1943) : 180 ; 371 ; 470 ; 555
 Owen Richard (1804-1892) : 161-162 ; 223 ; 619

Packard Vance (1914-1996) : 844
 Papert Seymour (1928-) : 394 ; 404 ; 409
 Paracelse (1493-1541) : 55 ; 59 ; 89 ; 91 ; 94 ; 96-97 ; 100 ; 102 ; 202
 Park Robert E. (1864-1944) : 724
 Parsons Talcott (1902-1979) : 403-404 ; 748 ; 785 ; 875
 Pask Gordon (1928-1996) : 828 ; 850
 Pauli Wolfgang (1900-1958) : 298 ; 342 ; 465
 Pauly August (1850-1914) : 85
 Peano Giuseppe (1858-1932) : 477
 Pearl Raymond (1879-1940) : 154 ; 178-179 ; 201 ; 551-552 ; 569 ; 596 ; 704 ; 1004 ; 1010
 Pearson Karl (1857-1936) : 178 ; 525
 Penners Andreas (1890-1952) : 1011
 Pestel Eduard (1914-1988) : 901-902 ; 906 ; 958-960 ; 1047

Pézard Albert (1875-1927) : 623

Peztoldt Joseph (1862-1929) : 101 ; 143 ; 470

Philipschenko Juri (1882-1930) : 160 ; 452 ; 619

Piaget Jean (1896-1980) : 66 ; 150 ; 205 ; 272 -277 ; 283-285 ; 310-313 ; 326 ; 394 ; 404-406 ; 409 ; 463 ; 483-484 ; 739 ; 742 ; 824 ; 87-871 ; 900 ; 947 ; 990

Picard Émile (1856-1941) : 356 ; 370 ; 546 ; 553-554 ; 645

Pierce Charles S. (1839-1914) : 361

Pitts Walter H. (1923-1969) : 290 ; 366 ; 528 ; 738 ; 765 ; 777 -778 ; 783 ; 785

Planck Max (1858-1947) : 19-20 ; 24 ; 112 ; 114 ; 145 ; 324 ; 326 ; 356 ; 362 ; 431-432 ; 501 ; 572 ; 643 ; 655-657

Pläsner M.(?) :656

Plate Ludwig H. (1862-1937) : 81 ; 158 ; 452 ; 1002

Platon (424-348 av. J.C.) : 63 ; 94 ; 96 ; 272 ; 306 ; 338 ; 580 ; 910

Platt John (1918-1992) : 749 ; 820 ; 936

Poetzl Alfred (?) : 1008

Poincaré Henri (1854-1912) :40 ; 147 ; 153 ; 320 ; 322 ; 329 ; 334 ; 352 ; 374-375 ; 423 ; 546 ; 558 ; 574 ; 645 ; 719 ; 739

Ponder Eric (1898-1970) : 544 ; 594 ; 600

Popper Karl (1902-1994) : 175 ; 339 ; 574 ; 581 ; 699 ; 886 ; 948

Pözl Otto (1877-1962) : 205

Prigogine Ilya (1917-2003) : 481-482 ; 510 ; 643 ; 653 ; 655-661 ; 674 ; 801 ; 911 ; 933 ; 1033-1035

Pringle John W.S. (1912-1982) : 937 ;

Przibram Hans (1874-1944) : 85-87 ; 153 ; 170-172 ; 195-196 ; 198 ; 201 ; 247 ; 341 ; 431 ; 440 ; 449 ; 460 ; 470 ; 483 ; 515 ; 518 ; 522 ; 524-528 ; 574 ; 586-589 ; 593 ; 603 ; 984 ; 987 ; 998 ; 1010-1011

Pseudo-Denys l'Aréopagite (fin du V^e, début du VI^e siècle) : 299

Putnam James J. (1846-1918) : 204

Pütter August (1879-1929) :188 ; 195 ; 461 ; 534 ; 594-595 ; 597-603 ; 606 ; 1031-1032

Quastler Henry (1908-1963) : 769 ; 825

Quine Willard von Orman (1908-2000) :352 ; 672

Rademacher Hans (1892-1969) : 613

Ragade Rammohan K. (?) : 832

Rameaux M. (?) : 1030

Rapoport Anatol (1911-2007) : 15 ; 269 ; 288 ; 327-328 ; 344 ; 362-363 ; 366 ; 372 ; 375-379 ; 387 ; 390-391 ; 393-395 ; 397-400 ; 402-405 ; 408-410 ; 419 ; 528 ; 560 ; 562 ; 658 ; 668 ; 690 ; 696 ; 703 ; 713 ; 715 ; 722-723 ; 725 ; 772-773 ; 786 ; 791 ; 807 ; 810-816 ; 818-823 ; 831-835 ; 837-843 ; 845 ; 847-848 ; 851 ; 854 ; 856-857 ; 861-862 ; 864-867 ; 869-872 ; 875-876 ; 878 ; 880 ; 885-891 ; 894-901 ; 904-907 ; 910-911 ; 913 ; 915-916 ; 924 ; 927-933 ; 935 ; 937 ; 945 ; 947 ; 951-953 ; 955 ; 960 -961 ; 966 ; 968-970 ; 973 ; 976-977 ; 979 ; 989 ; 990-991 ; 996-997 ; 1034 ; 1039

Rashevsky Nicolas (1899-1972) : 6 ; 86-87 ;198 ; 358 ; 380 ; 389 ; 434 ; 449 ; 460 ; 483 ; 515 ; 518 ; 528-545 ; 550 ; 572-573 ; 584-588 ; 592 ; 602 ; 638 ; 643 ; 647 ; 652 ; 665-666 ; 670 ; 724 ; 726 ; 737-739 ; 765 ; 810-811 ; 816 ; 820 ; 834 ; 879 ; 885-886 ; 916 ; 924-925 ; 939-940 ; 969 ; 975 ; 987-988 ; 998 ;1010

Rayleigh John W.S. (1842-1919) : 1033

Reckmeyer William J. : 407 ; 862 ; 972
 Reich Wilhelm (1897-1957) : 237
 Reichenbach Hans (1891-1953) : 109 ; 413 ; 461 ; 464 ; 478-479 ; 508 ; 701 ; 726 ; 739 ; 983
 Reichert Karl B. (1811-1883) : 162
 Reiner John M. (?) : 528 ; 532 ; 643-644 ; 654
 Reininger Robert (1869-1955) : 5 ; 62-64 ; 89 ; 267-268 ; 274 ; 284 ; 295 ; 314 ; 321 ; 330 ; 342 ; 429 ; 506-507 ; 509 ; 986 ; 1010
 Reinke Johannes (1849-1931) : 84 ; 296 ; 336 ; 423 ; 426 ; 428 ; 440 ; 448 ; 454
 Rensch Bernhard (1900-1990) : 160-161 ; 271
 Reswoy P.D. (?) : 175
 Rhine Joseph B. (1895-1980) : 720
 Rhumbler Ludwig (1864-1939) : 440
 Richet Charles (1850-1935) : 188
 Rickert Heinrich (1863-1936) : 55 ; 62 ; 64-66 ; 68 ; 70-73 ; 90 ; 93 ; 268 ; 275 ; 292 ; 319 ; 331 ; 416
 Richardson Lewis F. (1881-1953) : 814 ; 821 ; 885 ; 895 ; 951-953
 Richardson Stephen (?) : 814 ; 821
 Riegl Alois (1858-1905) : 40 ; 214-215
 Riehl Alois A. (1844-1924) : 209
 Riese Walter (1890-1976) : 149
 Riesman David (1909-2002) : 31 ; 949
 Rignano Eugenio (1870-1930) : 84 ; 89 ; 182 ; 423 ; 428 ; 440 ; 469
 Ritchie Arthur D. (1891-1967) : 277
 Ritter William E. (1856-1944) : 155 ; 204 ; 461
 Rizzo Nicolas D. (?) : 715 ; 719-720 ; 947
 Robb Robert C. (?) : 626
 Robertson Thorburn B. (1884-1930) : 178 ; 552 ; 601 ; 603 ; 1004 ; 1028-1029
 Rochhausen Rudolf (?) : 501
 Rosen Robert (1934-1998) : 380 ; 389 ; 393 ; 398 ; 406 ; 415-416 ; 428 ; 534 ; 703 ; 789 ; 811 ; 826 ; 851 ; 854 ; 965 ; 915-918 ; 925-926 ; 935-936 ; 939-940 ; 975 ; 996
 Rosenberg Alfred (1893-1946) : 246
 Rosenblueth Arturo (1900-1970) : 355 ; 368 ; 774-780 ; 783-784 ; 803-804

 Ross Ronald (1857-1932) : 555
 Rostan Léon (1790-1866) : 448
 Rousseau Jean-Jacques (1753-1778) : 209
 Roux Wilhelm (1850-1924) : 81-82 ; 90 ; 156 ; 170 ; 341 ; 432 ; 446 ; 470 ; 493-494 ; 595 ; 626
 Royce Joseph R. (1921-1989) : 352 ; 947
 Royce Josiah (1855-1916) : 186 ; 433
 Rubin Milton D. (1904-1996) : 826 ; 828-831 ; 833
 Rubner Max (1854-1932) : 606 ; 1031
 Russell Bertrand (1872-1970) : 40 ; 50 ; 165-167 ; 297 ; 433 ; 569 ; 574 ; 577 ; 580 ; 582 ; 630 ; 739 ; 811

Russell Edward S. (1887-1954) : 316 ; 336-337 ; 512-513 ; 672
 Rutherford Ernest (1871-1937) : 580
 Ruyer Raymond (1902-1987) : 481 ; 488-489 ; 783-784
 Rysselberghe Pierre van (?) : 643 ; 659

Sachs Julius (1832-1897) : 597
 Sadovsky Vadim N. (1934-) : 391 ; 393-394 ; 408-409 ; 832 ; 858 ; 873-874 ; 876 ; 928 ; 969-971
 Sahlins Marshall (1930-) : 903
 Saint-Simon (Claude Henri de Rouvroy) (1760-1825) : 209
 Saint Thomas d'Aquin (1224-1274) : 47 ; 216 ; 382
 Salisbury Jean de (vers 1115-1180) : 209
 Saller Karl (?) : 234 ; 594-595 ; 600-601 ; 1030
 Samuelson Kjell (1932-) : 828 ; 972
 Sander Friedrich (1889-1971) : 152 ; 238 ; 246
 Sapir Edward (1884-1939) : 293-294 ; 720
 Sapper Karl (1876-1964) : 85 ; 475 ; 569
 Sarrus P.F. (?) : 1030
 Schäffle Albert E.F. (1831-1903) : 217
 Schallmayer Wilhelm (1857-1919) : 1008
 Schaper Alfred (?) : 597
 Schaxel Julius (1887-1943) : 21 ; 32 ; 153 ; 172 ; 183 ; 194 ; 240-243 ; 333-335 ; 421 ; 423-427 ; 439-440 ; 445-448 ; 469-471 ; 476 ; 507 ; 518 ; 588 ; 618 ; 983 ; 998
 Scheler Max (1874-1928) : 42 ; 270 ; 509
 Schelling Friedrich W.J. (1775-1854) : 5 ; 55-56 ; 59 ; 83 ; 89 ; 91 ; 93 ; 100 ; 116 ; 127 ; 132 ; 176 ; 210 ; 471 ; 476 ; 983
 Schemm Hans (1891-1935) : 248
 Schiller Friedrich von (1759-1805) : 24 ; 75 ; 85 ; 99 ; 143 ; 360 ; 448 ; 685
 Schilling Otto F.G. (1911-1973) : 737
 Schleiden Matthias J. (1804-1881) : 80
 Schlick Moritz (1882-1936) : 5 ; 266 ; 268 ; 316 ; 323 ; 336-337 ; 345 ; 353 ; 367-368 ; 441 ; 479 ; 506-507 ; 574 ; 747 ; 1010 ; 1019
 Schmalhausen Ivan I. (1884-1963) : 178 ; 594-596 ; 598 ; 600-601 ; 603 ; 623 ; 627 ; 1027
 Schmitt Carl (1888-1985) : 219 ; 235
 Schopenhauer Arthur (1788-1860) : 55 ; 61 ; 70 ; 89 ; 210 ; 282 ; 400 ; 480 ; 982
 Schrödinger Erwin (1887-1961) : 19 ; 111 ; 115 ; 298 ; 329 ; 482 ; 570-571 ; 638-639 ; 669 ; 801 ; 916
 Schultz Henry (1893-1938) : 751
 Schultz Julius (1862-1936) : 470
 Schumpeter Joseph (1883-1950) : 751
 Schwann Theodor (1810-1882) : 79
 Scur Georgij S. (?) : 832
 Semper Gottfried (1803-1879) : 214

Sénèque (4 av. J.C.-65 ap. J.C.) : 209

Shannon Claude E. (1916-2001) : 770 ; 772 ; 791 ; 800 ; 804 ; 936

G.P. Shchedrovitzky (?) : 393 ; 408 ; 873-874 ; 928

Sherrington Charles S. (1857-1952) : 488 ; 726

Shinskin Julius (1912-1978) : 954

Simmel Georg (1858-1918) : 6 ; 31 ; 33-34 ; 39 ; 41 ; 44 ; 55-56 ; 58-59 ; 66 ; 68 ; 71 ; 89 ; 210-211 ; 214-215 ; 219 ; 221 ; 240 ; 275 ; 286 ; 295 ; 310 ; 418 ; 471 ; 663 ; 718 ; 760 ; 897 ; 948 ; 982

Simon Herbert A. (1916-2001) : 102 ; 409 ; 415 ; 770 ; 807 ; 813 ; 825 ; 841 ; 893 ; 900

Singer Edgar A. (1873-1954) : 773 ; 802

Skinner Burrhus F. (1904-1990) : 792 ; 1059

Skrabal Anton (1877-1957) : 690 ; 706

Skramlik Emil von (1886-1970) : 290

Slobodkin Lawrence B. (1928-2009) : 826

Smith Adam (1723-1790) : 938

Smuts Jan C. (1870-1950) : 47 ; 51 ; 108 ; 117-119 ; 122 ; 125 ; 128 ; 130 ; 132 ; 135 ; 164 ; 188 ; 192 ; 197 ; 200 ; 254 ; 386 ; 471 ; 569 ; 580 ; 678 ; 694

Snell Otto (?) : 623

Sombart Werner (1863-1941) :

Sommerfeld Arnold (1868-1951) : 112-113 ; 441

Sommerhof Gerd (?) : 584

Somerville John M. (1905-1994) : 544

Sorokin Pitrim A. (1889-1968) : 47 ; 211 ; 216 ; 219-221 ; 941 ; 950

Spann Othmar (1878-1950) : 43 ; 116-117 ; 120-121 ; 126-127 ; 134-135 ; 219 ; 234 ; 240 ; 258 ; 484 ; 518 ; 984

Spemann Hans (1869-1941) : 153 ; 155-156 ; 250 ; 439 ; 476 ; 509 ; 569 ; 580 ; 619

Spencer Herbert (1820-1903) : 100 ; 102 ; 143 ; 177 ; 179-180 ; 217-218 ; 227 ; 342 ; 412 ; 470 ; 476 ; 548 ; 729 ; 779

Spengler Oswald (1880-1936) : 6 ; 31 ; 35-36 ; 38-42 ; 55-56 ; 58 ; 60-61 ; 67 ; 73-74 ; 89-90 ; 93 ; 110-111 ; 220-224 ; 227 ; 238 ; 240 ; 244 ; 258 ; 266-267 ; 269 ; 291-292 ; 294 ; 306 ; 358 ; 366 ; 380 ; 476 ; 498 ; 663 ; 677 ; 718 ; 886 ; 947 ; 950 ; 982 ; 1006-1007

Spinoza Baruch (1632-1677) : 55 ; 59 ; 61 ; 83 ; 89 ; 91 ; 103 ; 132 ; 312 ; 424 ;

Spranger Eduard (1882-1963) : 139 ; 152 ; 226

Stachowiak Herbert (1921-2004) : 330 ; 350-351 ; 354-356 ; 369 ; 410

Stein Beling J. von (?) : 290

Stumpf Carl (1848-1936) : 138-140

Strzygowski Josef (1862-1941) : 22 ; 214-215 ; 227

Sutherland Kohn W. (?) : 894-895

Szilard Léo (1898-1964) : 750 ; 765 ; 767-769 ; 844

Takahara Yasuhiko (?) : 392 ; 561 ; 882 ; 886 ; 918 ; 921-922 ; 925-926 ; 928 ; 930-931 ; 935-936 ; 1046

Tarski Alfred (1902-1983) : 359 ; 365 ; 581

Taylor Frederick W. (1856-1915) : 802

Taylor Richard (1919-2003) : 776

Tchetverikov Sergei S. (1880-1959) : 630

Teilhard de Chardin Pierre (1881-1955) : 957

Teissier Georges (1900-1972) : 622-624 ; 626

Teller Edward (1908-2003) : 570

Tenessen Hermann (?) : 946

Thom René (1923-2002) : 361 ; 365 ; 377 ; 391 ; 409 ; 427 ; 580-581 ; 926 ; 935 ;

Thompson D'Arcy Wentworth (1860-1948) : 86-87 ; 153 ; 156 ; 163-164 ; 171 ; 182 ; 186 ; 196 ; 201 ; 334 ; 433 ; 515 ; 518-528 ; 538-539 ; 544 ; 559 ; 569 ; 573 ; 577 ; 580-581 ; 584 ; 586 ; 589 ; 593-595 ; 600 ; 621-622 ; 624-625 ; 632 ; 665 ; 755 ; 760 ; 987

Thompson John W. (?) : 344 ; 937-938

Thompson William (Lord Kelvin, 1824-1907) : 555

Thompson William R. (1887-1972) : 20 ; 517

Thumb Norbert (?) : 271 ; 508 ; 513 ; 674

Thurstone Ernest T. (?) : 277

Thurstone Louis L. (1887-1955) : 21 ; 138 ; 174 ; 490

Timoféef-Ressovsky Nikolai (1900-1981) : 630 ; 637-638

Tolman Edward C. (1886-1959) : 773-774

Tönnies Ferdinand (1855-1936) : 219-220

Toulmin Stephen (1922-2009) : 267

Toynbee Arnold J. (1889-1975) : 220 ; 366 ; 677 ; 886 ; 947 ; 949-950

Treviranus Ludolph (1776-1837) : 75

Trimmer John D. (1907-1983) : 687

Troeltsch Ernst (1865-1923) : 42 ; 67 ; 231

Troncale Len R. (1943-) : 875

Tschulok Sinai (1875-1945) : 158 ; 452 ; 1002

Tuckey John (?) : 714

Turing Alan (1912-1954) : 778 ; 936

Tyler Ralph W. (1902-1994) : 748 ; 812 ; 828 ; 841

Uexküll Jakob von (1864-1944) : 153 ; 168-170 ; 208 ; 233 ; 245 ; 265 ; 271 ; 279 ; 289-290 ; 794 ; 306-307 ; 309 ; 324 ; 327 ; 426 ; 428 ; 458 ; 462 ; 490 ; 501 ; 509 ; 569 ; 718 ; 733 ; 935 ; 982

Ullmo Jean (1906-1980) : 114 ; 986

Ulrich Werner (1948-) : 411

Ungerer Emil (1888-1976) : 153 ; 155 ; 183 ; 186 ; 193-194 ; 198 ; 201 ; 207 ; 337 ; 341 ; 390 ; 413 ; 417 ; 424-426 ; 440-441 ; 445 ; 448 ; 458 ; 467 ; 469 ; 473 ; 507 ; 569 ; 620 ; 863 ; 983 ; 998

Vaihinger Hans (1852-1933) : 37 ; 62-64 ; 69 ; 89 ; 205 ; 259 ; 267-268 ; 275 ; 281-283 ; 291 ; 295-296 ; 299 ; 302-307 ; 314-315 ; 317-319 ; 321 ; 324 ; 333 ; 338-339 ; 341 ; 345-346 ; 353 ; 362 ; 372 ; 375 ; 380 ; 397 ; 403 ; 458 ; 480 ; 509 ; 540 ; 543 ; 739-740 ; 742 ; 982-983 ; 986 ; 1017-1018

Varela Francisco J. (1946-2001) : 155

Vavilov Nikolai (1887-1943) : 160 ; 452

Verhulst Pierre-François (1804-1849) : 160 ; 452 ; 506-507 ; 619

Vernadsky Vladimir V. (1863-1945) : 179 ; 557 ; 687
 Versluys Jan (1873-1939) : 160 ; 452 ; 506-507 ; 619 ; 1010-1011
 Verworn Max (1863-1921) : 446 ; 595
 Vickers Geoffrey (1894-1982) : 396 ; 826 ; 832 ; 840
 Vico Giambattista (1668-1744) : 72 ; 78 ; 213 ; 221 ; 292 ; 334
 Viner Jacob (1892-1970) : 751
 Vining Rutledge (1908-1999) : 938
 Virchow Rudolf (1821-1902) : 80 ; 202 ; 229
 Vitruve (Ier siècle av. J.C.) : 359
 Vogt Karl (1817-1895) : 136
 Vogt William (1902-1968) : 718-719
 Volterra Vito V. (1860-1940) : 6 ; 379 ; 494 ; 515 ; 538-539 ; 542 ; 545 ; 557 ; 560 ; 562-573 ; 584-588 ; 592 ; 665 ; 673 ; 681 ; 690 ; 701 ; 737 ; 755 ; 762 ; 788 ; 888 ; 944 ; 954 ; 987 ; 1004 ; 1020-1025
 Vries Hugo de (1848-1935) : 720-721 ; 1003

Waage Peter (1833-1900) : 115
 Waddington Conrad H. (1915-1975) : 153 ; 426-427 ; 451 ; 503 ; 511 ; 543 ; 580-581 ; 585 ; 635-636 ; 776 ; 935
 Wagner Adolf D. (?) : 85 ; 159
 Wagner Richard (?) : 774
 Wahle Richard (1857-1932) : 139
 Walras Léon (1834-1910) : 546
 Ward Lester F. (1841-1913) : 242
 Warfield John N. (1925-2009) : 826
 Watson John B. (1878-1958) : 138 ; 208 ; 353 ; 636 ; 773-774 ; 787
 Watts Alan (1915-1973) : 719
 Weaver Warren (1894-1978) : 3 ; 387 ; 464 ; 708 ; 767 ; 770 ; 804 ; 810 ; 865 ; 1010
 Weber Hermann (1899-1956) : 245 ; 249 ; 360 ; 418 ; 663 ; 898 ; 1013 ; 1015
 Weber Max (1864-1920) : 22 ; 24 ; 26 ; 30 ; 168 ; 170 ; 219 ; 227 ; 275 ; 752
 Weinberg Alvin M. (1915-2006) : 528
 Weinberg Gerald M. (1933-) : 406 ; 416 ; 833 ; 861
 Weinberg Steven (1933-) : 340 ; 765 ; 828 ; 857
 Weinhandl Ferdinand (1893-1976) : 235 ; 250
 Weismann August (1834-1914) : 81-82 ; 88 ; 90 ; 156 ; 159 ; 165 ; 171 ; 242 ; 446 ; 2007
 Weiss Paul A. (1898-1989) : 153 ; 157 ; 170-174 ; 182 ; 201 ; 203 ; 385-389 ; 394 ; 426 ; 439-440 ; 464 ; 471 ; 477 ; 486-488 ; 490 ; 526-527 ; 574 ; 580 ; 601 ; 723 ; 726-727 ; 984 ; 998
 Weiszäcker Viktor von (1886-1957) : 203 ; 205 ; 720
 Wenzl Alois (?) : 26 ; 43 ; 84-85 ; 500-501
 Werner Heinz (1890-1964) : 150 ; 205 ; 272 ; 283-284 ; 311 ; 411
 Wernicke Carl (1848-1905) : 137 ; 206
 Wertheimer Max (1880-1943) : 140-141 ; 145 ; 149 ; 207 ; 238
 Wertz Ernst (?) : 637-638

Weskowicz W.E. (?) : 947

Wettstein Richard von (1863-1951) : 506 ; 1010

Weyl Hermann (1885-1955) : 19 ; 106-107 ; 109 ; 112 ; 115 ; 171 ; 285 ; 329 ; 334 ; 369 ; 572 ; 582

Wheeler William M. (1865-1937) : 569

Whistler James A. (1834-1903) : 350

Whitehead Alfred N. (1861-1947) : 5 ; 22 ; 55- 56 ; 59-60 ; 108-109 ; 117-120 ; 122-124 ; 128 ; 130 ; 132 ; 135 ; 154 ; 165 ; 186 ; 190-191 ; 200 ; 212 ; 241 ; 274 ; 277-278 ; 330 ; 385 ; 402 ; 424 ; 433 ; 440 ; 460 ; 471 ; 477 ; 510 ; 574 ; 577 ; 579 ; 678 ; 725 ; 728-729 ; 740 ; 745 ; 747 ; 776 ; 811 ; 833 ; 890-891 ; 893 ; 983

Whitman Charles O. (1842-1910) : 154 ; 723

Whorf Benjamin L. (1897-1941) : 293-294 ; 739 ; 741

Whyte Lancelot L. (1896-1972) : 581 ; 813 ; 874 ; 936

Wiame Jean M. (?) : 653 ; 655-658

Wiener Norbert (1894-1964) : 355 ; 368 ; 531 ; 687 ; 767-768 ; 770 ; 772-787 ; 789 ; 791 ; 795 ; 803-804 ; 874-875-877 ; 957

Wigner Eugène P. (1902-1995): 714-720

Wilson Edmund B. (1856-1939) : 88 ; 190 ; 544-545 ; 588 ; 594-595 ; 601

Windelband Wilhelm (1848-1915) : 70-73 ; 90 ; 220 ; 268

Winsor Charles (?) : 544 ; 716

Wisdom John O. (1904-1993) : 780 ; 784 ; 790-791

Wittgenstein Ludwig (1889-1951) : 316 ; 336-337 ; 345 ; 740

Wöhler Friedrich (1800-1882) : 79

Wolf Gustav (?) : 452

Woltereck Richard (1877-1944) : 61 ; 153 ; 169-170 ; 173-174 ; 176-177 ; 494 ; 545 ; 569 ; 583 ; 729

Woodger Joseph H. (1894-1981) : 6 ; 21-22 ; 52 ; 117 ; 153-154 ; 165-167 ; 186-194 ; 201 ; 225 ; 333-335 ; 339 ; 341-345 ; 347 ; 366 ; 384 ; 417 ; 421-422 ; 424 ; 426 ; 430 ; 433 ; 437 ; 440 ; 442-446 ; 448 ; 450-451 ; 453-454 ; 461-462 ; 468 ; 476 ; 508 ; 510-512 ; 515 ; 569 ; 574-587 ; 592 ; 621 ; 630 ; 665 ; 669-671 ; 939 ; 983 ; 987

Wordsworth William (1770-1850) : 185

Worms René (1869-1926) : 218

Worringer Wilhelm (1881-1965) : 214-215 ; 292

Wright Sewall (1889-1988) : 515 ; 528 ; 547 ; 886 ; 1028-1029

Wrinch Dorothy (1894-1976) : 581

Wundt Wilhelm (1832-1920) : 22 ; 138-140

Wymore A. Wayne (1927-2011) : 930

Young Gale (?) : 530

Young John Z. (1907-1997) : 512

Yudin E.G. (?) : 393 ; 408-409 ; 873-874 ; 876 ; 928

Ziegler Heinz O. (?) : 219

Zinoviev Aleksandr A. (1922-2006) : 875

Zipf George K. (1902-1950) : 938

Zilsel Edgar (1891-1944) : 479

Zwaardemaker Hendrik (1857-1930) : 472

Résumé

Le projet d'une « théorie générale des systèmes » fut avancé à partir de 1937 par le philosophe et biologiste autrichien Ludwig von Bertalanffy (1901-1972). Une histoire en est entreprise dans la présente thèse, décrivant cette « théorie » comme une science générale de l'interprétation systémique du « réel », ou « systémiologie générale ». L'enquête généalogique ici menée révèle les origines des valeurs et de schèmes conceptuels qui structurèrent le projet bertalanffien, ainsi que la problématique initiale dont il fut issu. Les dynamiques intellectuelles ayant présidé à sa genèse sont ensuite considérées : l'attention est focalisée sur la théorie « perspectiviste » de la connaissance de von Bertalanffy, sur les conséquences qui en découlèrent pour sa philosophie des sciences et son concept de système, et sur ses multiples contributions à la biologie théorique (en particulier à la biologie mathématique). Les premières publications sur la « systémiologie générale » sont analysées, et il est rendu compte de la rapide transformation de celle-ci en un projet collectif au milieu des années 1950. Il suscita la création aux États-Unis de la *Society for General Systems Research*, où convergèrent les diverses composantes d'un « mouvement systémique ». Sont mises en évidence les difficultés des promoteurs de la « systémiologie générale » à trouver les voies de son actualisation dans cette société scientifique. Mais il est aussi montré que ce projet a jusqu'aux années 1970 bénéficié de contributions significatives. Un cadre systématique est proposé, qui établit leur complémentarité et leur unité tout en clarifiant la structure et les fonctions de ce qui est nommé ici l'« herméneutique systémiologique ».

Abstract

The project of a “general system theory” was advanced from 1937 onwards by the Austrian philosopher and biologist Ludwig von Bertalanffy (1901-1972). A history of this project is undertaken in this thesis, which describes this “theory” as a general science of systemic interpretation of “real”, or “general systemology”. The genealogical inquiry reveals the sources of the values and conceptual schemes which structured the Bertalanffian project, as well as of the initial enquiries from which it originated. The intellectual dynamics which determined, to a large extent, its genesis are then considered in focusing on von Bertalanffy’s “perspectivist” theory of knowledge, on its consequences for his philosophy of science and for his system concept, and on his numerous contributions to theoretical biology (particularly to mathematical biology). The first publications on “general systemology” are analyzed. The thesis also accounts for the rapid change of the latter in a collective project in the mid 1950’-s. It gave rise to the founding in the U.S.A. of the *Society for General Systems Research*, on which the diverse components of a “system movement” converged. The difficulties of the proponents of “general systemology” to engender its actualization within this scientific society are demonstrated. But it is also shown that this project has benefited from significant contributions as recently as the 1970’-s. A systematic framework is put forward, which establishes the complementarity and the unity of such approaches, while clarifying the structure and functions of what is termed in this thesis as “systemological hermeneutics”.