



HAL
open science

De la précarité épistémique des systèmes complexes en transition critique étendue : vers une épistémologie ouverte des processus de marché

Sami Biasoni

► To cite this version:

Sami Biasoni. De la précarité épistémique des systèmes complexes en transition critique étendue : vers une épistémologie ouverte des processus de marché. Philosophie. Université Paris sciences et lettres, 2021. Français. NNT : 2021UPSLE028 . tel-03815022

HAL Id: tel-03815022

<https://theses.hal.science/tel-03815022v1>

Submitted on 14 Oct 2022

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.



THÈSE DE DOCTORAT
DE L'UNIVERSITÉ PSL

Préparée à l'École normale supérieure

**De la précarité épistémique des systèmes complexes en
transition critique étendue.
Vers une épistémologie ouverte des processus de
marché.**

Soutenue par

Sami BIASONI

Le 26 mai 2021

Ecole doctorale n° 540

**Lettres, arts, sciences
humaines et sociales**

Spécialité

Philosophie

Composition du jury :

Annie Louise, COT Professeur émérite, Université Paris 1	<i>Présidente</i>
Eric, BRIAN Directeur d'études, EHESS	<i>Rapporteur</i>
Christophe, SCHINCKUS Professeur, Université de Fraser Valley	<i>Rapporteur</i>
Nicolas, BOULEAU Professeur émérite, ENPC	<i>Examineur</i>
André, ORLÉAN Dir. de recherche émérite, CNRS/PSE	<i>Examineur</i>
Jean, LASSÈGUE Dir. de recherche, CNRS	<i>Directeur de thèse</i>
Giuseppe, LONGO Dir. de recherche émérite, CNRS/ENS	<i>Directeur de thèse</i>



THÈSE DE DOCTORAT

De la précarité épistémique des systèmes complexes en transition critique étendue.

Vers une épistémologie ouverte des processus de marché.

Thèse de Philosophie effectuée et soutenue à l'École normale supérieure (Centre Cavallès) –

École Doctorale 540.

Sous la direction conjointe de Jean Lassègue (CNRS) et de Giuseppe Longo (CNRS/ENS).

REMERCIEMENTS

À Claire pour son soutien inconditionnel, à Sixtine pour sa douceur et pour les pauses ludiques, intempestives mais salvatrices, qu'elle m'a imposées ; à Joséphine aussi pour le bonheur qu'elle nous promet.

À mes directeurs de thèse : Giuseppe Longo pour m'avoir fait confiance dans cette folle entreprise et Jean Lassègue pour sa bienveillance salutaire de tous les instants. Ces deux brillants esprits m'ont souvent donné le courage et l'entrain à poursuivre mes efforts.

À ma famille pour avoir fait comme si de rien n'était.

À mes amis les plus proches pour avoir accepté de me voir un peu moins ces dernières années.

À mes étudiants de Grande École et de Master à l'ESSEC pour m'avoir parfois – bien malgré eux – servi de cobayes intellectuels et au corps professoral de l'établissement pour son excellence sans faille, mise au service du savoir.

À É. Ayache, N. Bouleau, A. Schmitt, A. Sarti, A. Roncoroni, H. Zwirn pour nos passionnants échanges sur le hasard, la finance et les limites de ce que nous ne saurons jamais.

À G. M. et E. L. pour les moments de distractions intellectuelles sérieux et impertinents qu'ils m'ont offerts dans les colonnes du magazine C.

À A.-S. N. et D. S. pour leur patience et leur compréhension lorsque j'écrivais notre essai en même temps que ma thèse.

À C. V., S. S. et B. de L. V. pour leur clairvoyance, leur enthousiasme et leur envie de changer le monde.

À mes collègues qui ont réussi à faire semblant toutes ces années de ne pas voir que mon manuscrit occupait parfois – bien que très occasionnellement – un de mes innombrables écrans sur le *trading floor*.

À mes amis intimes de l'association D.J.E.M. pour avoir eu le courage de disserter avec moi des limites métaphysiques de la prédictibilité à l'heure des agapes.

À C. Chauviré, J. Petitot et P. Benghozi qui m'ont encadré avec exigence et patience lors de mes travaux académiques en philosophie et en épistémologie.

À mes muses intellectuelles qui ne se reconnaîtront pas toutes, mais à qui je dois beaucoup. À M. B. surtout.

Aux membres du CREA et du CRG de l'École Polytechnique pour m'avoir donné le goût de la recherche et de l'épistémologie.

À S. Roux de l'École normale supérieure qui m'a accueilli au sein de l'ED540.

À C. Alrivie pour sa gentillesse et son assistance au sein de la *République des Savoirs*.

À Pauline et Guillaume, pour avoir supporté mes fugues intellectuelles sur l'Île de Ré comme dans les Alpes.

Aux chercheurs, étudiants et curieux qui m'ont écouté et qui ont échangé avec moi lors de mes rares interventions lors de colloques et conférences.

À tous les inconnus affairés et passionnés que j'ai croisés à la bibliothèque de recherche de la BNF ou dans les couloirs de l'École normale supérieure.

À Lucie pour son concours précieux.

À Louis Bachelier pour avoir été le grand visionnaire sans qui cette thèse n'aurait pas été ce qu'elle est.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES.....	7
INTRODUCTION.....	13
1. HASARD ET MORPHOLOGIE DU RISQUE.....	21
1.1. Éléments liminaires d'une théorie du hasard.....	21
1.2. Risque et incertitude au sens knightien.....	25
1.3. Hasard « neutre » des séries arithmétiques.....	27
1.4. Dompter le hasard : hypothèses de construction en théorie des marchés.....	33
1.4.1. La modélisation : premiers enjeux et objets.....	33
1.4.2. Mathématisation en sciences économiques, quelques grands jalons vers la modélisation financière.....	37
1.4.3. Lognormalité des rendements.....	40
1.4.4. Régime stochastique brownien.....	44
2. DÉTERMINISME ET PRÉDICTIBILITÉ.....	47
2.1. Paradigme mécaniciste et lois de la nature.....	47
2.2. Enjeux généraux de la causalité.....	51
2.2.1. Hasard et causalité.....	51
2.2.2. Causalité différentielle et <i>enablement</i>	54
2.3. Déterminisme au sein des systèmes classiques.....	56
2.3.1. Déterminisme intégral et démon laplacien.....	56
2.3.2. De la position pragmatique du déterminisme local.....	59
2.3.3. Déterminisme stochastique.....	61
2.3.4. Chaos et hasard sauvage : limitation du déterminisme local.....	62
2.4. Intrication de modèles au sein des systèmes complexes.....	64
2.4.1. Premiers principes d'organisation.....	64
2.4.2. Intégration des modèles théoriques.....	67
2.5. La prédictibilité mise en question hors du champ des sciences physiques.....	69
2.5.1. Chaos déterministe et limitations calculatoires à la prédiction.....	69
2.5.2. Conditions de prédictibilité au sein des systèmes anthropiques.....	72
2.5.3. Imprédictibilité des processus de marché envisagés comme émergences.....	75
3. INSCRIPTION TEMPORELLE ET HISTORICITÉ DES SCIENCES DU VIVANT.....	79
3.1. Les formes d'ahistoricité de l'économie et de la finance.....	79
3.1.1. Ahistoricité statique du modèle néo-classique walrasien.....	79
3.1.2. Pseudo-ahistoricité analytique à la Arrow-Debreu.....	82
3.1.3. Ahistoricisation active par la mise en marché.....	83
3.1.4. La réplication dynamique comme forme d'ahistoricisation par le contrôle du risque.....	86
3.2. Les performativités : déterminants de l'inscription historique des systèmes anthropiques.....	89
3.2.1. Connaissance du passé et appréhension de l'avenir.....	89
3.2.2. Anticipations et croyances.....	92
3.2.3. Auto-référentialités.....	96
3.2.4. Auto-normativité performative.....	99
3.2.5. Intentionnalité et apodicticité transcendantale des lois de marchés.....	103
3.3. Une théorie des jeux imparfaite.....	105
4. VERS UNE ONTOLOGIE DES CRISES.....	109

4.1.	Bifurcations morphogénétiques au sein des biosphères et des écosphères.....	109
4.2.	Des crises envisagées comme brisures de symétries	113
4.3.	Régime de percolation et criticité transitionnelle	115
4.4.	Métastabilité et phénomènes de panique	118
4.5.	Crises et événements rares	120
4.6.	Modéliser les crises financières	124
4.6.1.	Linéariser le réel (hypothèse d'homogénéité).....	125
4.6.2.	Coefficients stochastiques.....	126
4.6.3.	Sauts et discontinuités multiscalaires.....	128
4.6.4.	Changements de régime et renormalisation	131
4.6.5.	Dépendance au sentier.....	132
5.	DU RÉGIME DE TRANSITION CRITIQUE ÉTENDUE AU SEIN DES SYSTÈMES DE MARCHÉ.....	135
5.1.	Instabilité des espaces des phases	136
5.2.	Temps propres et cyclicités des systèmes économiques.....	139
5.3.	Trajectoires	142
5.3.1.	Trajectoires stables et pseudo-stables	142
5.3.2.	Cyclicités et méta-trajectoires des processus de marché.....	144
5.3.3.	Non-ergodicité des processus de marché	147
5.4.	Régime de criticité étendue.....	150
5.4.1.	Rémanences micro-critiques	150
5.4.2.	Criticité étendue : conditions d'établissement et limitations	153
5.4.3.	<i>Ordo et chaos</i> : criticité et entropie.....	156
6.	RELECTURE ÉPISTÉMOLOGIQUE DE L'HYPOTHÈSE D'EFFICIENCE	159
6.1.	Réduction du risque et prééminence allocative du marché.....	160
6.2.	Efficience paradigmatique	162
6.3.	Contention et canalisation de l'aléatoire au sein des systèmes transactionnels.....	165
6.4.	Émergence de motifs et arbitrabilité	167
6.4.1.	Motifs intrinsèquement aléatoires	167
6.4.2.	<i>Patterns</i> d'inefficience et mémoire longue des processus	170
6.4.3.	La courbure spatiale de la volatilité : une forme émergente	175
6.5.	Le bruit comme facteur de viabilité.....	177
6.5.1.	Le bruit paradigmatique : la volatilité	177
6.5.2.	Bruit génératif	180
6.5.3.	Bruit et résonances	183
6.5.4.	Bruit stabilisateur et sélection concurrentielle	186
6.6.	Amoralité du critère d'efficience	189
6.6.1.	Paradoxe de l'efficience informationnelle et justice distributive.....	189
6.6.2.	Conditions de la neutralité axiologique des processus de marché	191
7.	DE L'ARTICULATION FONDAMENTALE ENTRE LE PRIX ET LA VALEUR.....	197
7.1.	Éléments généraux d'une qualification épistémologique du prix.....	197
7.2.	Apostasie de l'hypostase de la valeur	200
7.3.	Du hiatus entre prix et valeur.....	203
7.4.	Le prix comme pseudo-mesure.....	205
7.4.1.	Caractéristiques générales de la mesure.....	205
7.4.2.	La mesure en finance et en économie	207
7.4.3.	Loi de Goodhart et renversement de la pseudo-mesure	210
7.5.	Croyances et perturbations dans la formation des prix.....	212
7.5.1.	Le prix et ses atours de vérité.....	212
7.5.2.	Du rôle génératif des subjectivités	214
7.6.	Traitement non-tautologique du prix	217

8.	PERSPECTIVES ANTHROPOLOGIQUES DES PROCESSUS DE MARCHÉ.....	221
8.1.	Achoppements historiques des théories économiques « classiques » : quelques jalons 221	
8.2.	Position du sujet objectivé et objectivant.....	223
8.2.1.	Individualisme et sujet objectivé.....	223
8.2.2.	Auto-transcendances : le sujet objectivant.....	225
8.2.3.	Aux frontières de l'objectivation et de l'objectivité : procyclicité technique du risque et aléa moral mathématisé.....	228
8.3.	L'écriture probabiliste comme forme symbolique : la représentation du risque	231
8.3.1.	Enjeux épistémologiques	231
8.3.2.	La forme symbolique probabiliste : un obstacle épistémologique.....	235
8.3.3.	Des limites de la mathématisation.....	239
8.3.4.	Une mise en marché du sens	242
8.4.	Monnaie et médiation scripturale.....	245
8.4.1.	L'écueil monétaire des sciences économiques.....	245
8.4.2.	La monnaie comme forme d'écriture.....	249
8.4.3.	Écriture monétaire et « fin des probabilités »	253
8.5.	Le marché comme phénomène social.....	257
8.5.1.	Inscription sociale de l'interaction économique	257
8.5.2.	Institutionnalité du marché.....	259
8.6.	La spéculation comme intentionnalité particulière	261
8.6.1.	Une intentionnalité dirigée vers une chrématistique : perspectives historiques 261	
8.6.2.	Spéculation <i>interstitielle</i> : la couverture dynamique vue comme <i>technè</i> d'absorption et de rétention du risque	265
8.6.3.	Ubiquité spéculatoire	270
8.6.4.	Du positionnement social de la spéculation.....	272
9.	VERS LE PARADOXE DES MARCHÉS : LA SECONDE GRANDE TRANSFORMATION.....	277
9.1.	Les germes de la Seconde Grande Transformation dans la Première Grande Transformation.....	278
9.2.	Dynamique d'autonomisation.....	280
9.2.1.	L'asymptote néo-classique comme attracteur apparent	280
9.2.2.	Éthérification.....	284
9.2.3.	Martingalisation des marchés.....	288
9.3.	Écrasement de l'asocial sur le social	292
9.3.1.	Bifurcation du risque et de la liquidité.....	292
9.3.2.	La volatilité comme risque totalisé	294
9.3.3.	Confinement du risque et procyclicité prudentielle	296
9.3.4.	Violence « naturelle » et resurgissement du risque dans le social	299
9.4.	La nouvelle fin des probabilités : repenser la criticité	303
9.4.1.	De la rémanence de l'historicité au retour de la dialectique historique	303
9.4.2.	Logique acausale et déluge de corrélations.....	305
9.4.3.	Éloge raisonné de la prospective.....	308
	CONCLUSION	313
	BIBLIOGRAPHIE	319
	ADDENDUM – DÉFINITIONS TECHNIQUES.....	361

Le monde est ce qui a lieu.
— Ludwig Wittgenstein¹

*Je sais calculer les mouvements des corps pesants,
mais je ne peux mesurer la folie humaine.*
— Newton²

*Deux choses remplissent le cœur d'une admiration
et d'une vénération toujours nouvelles et toujours
croissantes, à mesure que la réflexion s'y attache et
s'y applique : le ciel étoilé au-dessus de moi et la loi
morale en moi.*
— Emmanuel Kant³

*Nous ne pouvons pas demeurer plus longtemps les
savants spectateurs d'un désastre global.*
— Von Foerster⁴

¹ Ludwig WITTGENSTEIN, *Tractatus Logico Philosophicus*, 1921.

² Citation apocryphe.

³ Emmanuel KANT, *Critique de la raison pratique*, 1788.

⁴ Heinz VON FOERSTER, *Allocution au Congrès de l'American Society for Cybernetics*, 1971.

INTRODUCTION

Considérant la question de la prééminence relative des différentes formes de savoir scientifique, Auguste Comte [1848] en propose une structure épistémologique hiérarchisée bâtie sur des *ontologies*⁵ en cascades, structure selon laquelle à partir de la physique peut se déployer la chimie, elle-même nécessaire à la juste appréhension des faits et objets de la biologie, pour sa part substrat des sciences humaines. Bien qu'elle soit teintée de physicalisme, la proposition comtienne se garde toutefois de verser dans un réductionnisme⁶ par trop simpliste ; elle ne postule pas la réductibilité des événements survenant au sein des systèmes humains⁷ à des faits dont les sciences fondamentales de la nature seraient également à même de rendre compte, mais affirme surtout leur relation de cohérence. À ce schéma linéaire des savoirs, Bailly [1991] substitue un « anneau des disciplines » que l'on peut envisager – selon des parcours dissymétriques en nature – dans les deux sens : ainsi depuis la philosophie jusqu'aux sciences sociales et humaines en passant successivement par les mathématiques, la physique, la chimie et la biologie a-t-on affaire à une intégration (réductionnisme « formel »). Dans l'autre sens, il est question d'une différenciation (réductionnisme « analytique⁸ ») marquée par « l'affaiblissement de la richesse ontologique » des disciplines⁹ lors de chaque « transition ». Loin de la conviction unitariste du Cercle de Vienne ou de la vision « déflationniste » de Popper qui ne perçoit dans la ségrégation disciplinaire qu'un artifice académique, les deux approches susdites plaident à leur manière pour une imbrication pragmatique des savoirs, tout en reconnaissant leurs caractéristiques épistémologiques propres. Elles se distinguent non seulement de tout monisme ontologique établissant classiquement la réductibilité de toute chose à son substrat physique, mais aussi de tout monisme méthodologique

⁵ Concernant l'usage du terme « ontologie », dans la lignée de [Andler *et al.*, 2002] (p. 1186) « [n]ous nous conformons ici à l'usage qui tend à se généraliser, à partir de Quine, non seulement dans la philosophie analytique mais dans d'autres champs. En ce sens, l'ontologie d'un discours, d'une discipline, est l'ensemble des entités dont l'existence doit être présupposée pour que ce discours ou cette discipline puissent être compris comme affirmant quelque chose de quelque chose [*sic*] de réel ».

⁶ Comte suppose l'inclusion des domaines scientifiques, non pas leur égalité.

⁷ Nous userons volontiers de l'adjectif « anthropique » pour désigner de tels systèmes.

⁸ Que Bailly qualifie de « plus classique » en épistémologie (p. 70). Étudiant par exemple la transition intégrative de la biologie aux sciences sociales, l'auteur mentionne l'adjonction de la psychologie dans son rapport aux neurosciences ; à l'inverse depuis les sciences sociales vers la biologie opère une « fonctionnalisation des significations » qui s'accompagne notamment de la perte de « l'organisation symbolique ».

⁹ Bailly précise à ce sujet : « Ainsi, selon cette façon d'« épistémologie négative », pourrait-on considérer que les sciences naturelles sont les sciences du réel en tant que le réel est dépourvu de signification (par opposition avec les sciences humaines et sociales, donc). La physique et la chimie sont alors les sciences naturelles en tant que celles-ci sont dépourvues de fonctions vitales (par opposition avec la biologie). De même, si maintenant l'on prive le réel de la matière et de la « dimensionalisation » qui lui est attachée, on aboutit aux sciences du conceptuel, et selon que l'on aura une connaissance par concepts ou par construction de concepts, pour reprendre la célèbre caractérisation kantienne, on désignera la philosophie et les mathématiques respectivement. Ainsi, par rapport aux mathématiques, la philosophie apparaît comme dépourvue de construction et de calcul à proprement parler. Et, pour boucler la boucle, on verra alors dans les sciences sociales et humaines des sciences d'un réel non conceptuel (au sens que nous venons de retenir), bien que pourvu des symboliques associées aux significations. » (p. 71).

qui prônerait au premier chef l'approche quantitative formalisée des sciences physiques comme matrice théorique générale.

La distinction diltheyenne¹⁰ classique entre les sciences de la nature relevant du champ de l'analyticité (*Erklärung*) et les sciences de l'homme ayant trait à l'intelligibilité (*Verständnis*) met toutefois en cause le fait qu'il puisse exister un continuum – linéaire ou annulaire – entre les disciplines du savoir ; elle a ainsi servi de support à une dichotomie épistémologique portant autant sur les méthodes que sur les concepts relatifs aux domaines étudiés. Pourtant, les succès techniques du traitement statistique des affaires humaines au XIX^e siècle [Quetelet, 1835] ont ouvert la voie à une approche médiane largement répandue, visant à envisager les régularités observables sur de grandes et indistinctes populations afin de permettre l'établissement de résultats nomologiques stables, sans avoir à se soucier de la complexité réelle des faits idiosyncratiques sous-jacents. Fortement mathématisée, la science économique de notre temps se trouve être l'un des parangons de cette tentative de conciliation méthodologique au sein des sciences de l'homme. À partir de la définition générale de l'économie proposée par Robbins¹¹ [1932] et envisagée en tant qu'« étude des usages alternatifs de ressources rares », on peut aborder le champ particulier de la finance plus précisément entendue comme ensemble de pratiques et de méthodes « d'allocation et de déploiement des ressources économiques » [Bodie *et al.*, 2009]¹², en vue d'assurer une « répartition optimale » du capital [Schiller, 2008]. Dans le cadre du présent essai, nous prenons le parti de nous intéresser spécifiquement aux processus transactionnels qui se produisent au cœur des marchés organisés, non seulement parce qu'ils représentent aujourd'hui une composante majeure des échanges de nature marchande – du point de vue des volumes négociés et de leur influence¹³ –, mais aussi pour leur *systematicité* apparente. Ces processus temporels singuliers semblent en effet présenter de nombreuses caractéristiques propices à leur appréhension modélisatoire : homogénéité, standardisation, transparence informationnelle. Il convient à notre sens de distinguer les processus de marché relatifs aux instruments dits « à revenus fixes » (obligations, CDS¹⁴, contrats d'échange de taux, etc.) de ceux qui portent sur la « performance » (actions, matières premières, devises, etc.). C'est à ces derniers que nous nous intéresserons plus particulièrement, d'une part parce qu'ils sont adossés à des éléments tangibles du monde (p. ex. une entreprise dans le cas d'une action), d'autre part en raison du très haut degré de mathématisation pouvant être requis dans l'établissement de leur valeur. Les instruments à revenus fixes relèvent quant à eux de modélisations différentes dans

¹⁰ Dilthey [1883].

¹¹ Lionel ROBBINS, *An Essay on the Nature and Significance of Economic Science*, Londres, Macmillan, 1932, p. 16.

¹² Cités par Schinkus [2017].

¹³ Sur les événements de la sphère économique et par extension du social, comme nous tâcherons de le démontrer.

¹⁴ *Credit Default Swap* ou contrat d'échange de défaut de crédit : il s'agit d'un instrument financier, généralement négocié de gré-à-gré, permettant de se prémunir de tout événement de crédit (défaut, restructuration) portant sur un titre de dette sous-jacent (définition simplifiée), contre le paiement d'une prime fixe.

leurs paradigmes et ne se réfèrent non pas tant directement à des *objets naturels*¹⁵ ou *artificiels*¹⁶ simples qu'à des dérivations financières de ces derniers : ainsi une obligation ou un contrat d'échange de taux portent-ils sur un taux d'intérêt lui-même relatif à la valeur temporelle de la monnaie et un CDS sur le risque de défaut de tel titre de dette. Pour autant, nous ne négligerons pas ces instruments : nous prenons simplement le parti de les considérer comme des composantes importantes de l'environnement protéiforme au sein duquel les instruments qui seront l'objet de notre étude s'inscrivent.

Qualifiés de « stochastiques », c'est-à-dire à la fois inscrits dans le temps et marqués par un certain degré de hasard¹⁷, les processus de marché présentent un rapport singulier à la complexité, qui en retour conditionne l'expression de la prédictibilité en leur sein. À partir de ces considérations jointes tout à fait essentielles, nous nous proposons d'explorer les fondations épistémologiques, sociales et anthropologiques des systèmes qui les hébergent ; c'est là l'objet principal de la présente thèse. Notre approche nous conduira à revendiquer la pratique d'une épistémologie « ouverte » considérant également les résultats *positifs* et *négatifs*¹⁸ relatifs à ces systèmes anthropiques, et adoptant à la fois une démarche analytique diachronique portant sur la formation des concepts et des méthodes de ce champ d'étude et une perspective synchronique nécessaire à la juste appréhension de sa réalité phénoménologique. Si nous ne prétendons pas répondre aux nombreuses « querelles de méthodes¹⁹ » qui structurent le débat académique en la matière, nous tâcherons d'adopter une posture critique à leur endroit afin de mettre en exergue leurs potentielles voies de conciliation, autant que leurs oppositions irréductibles.

Comme le précise Ayache [2004], nous pensons qu'une épistémologie bien ordonnée portant sur les objets et phénomènes de la finance de marché nécessite de recourir à des notions exogènes au champ usuel de cette discipline. Une telle contrainte n'est pas limitative, elle constitue plutôt une « nouvelle opportunité philosophique²⁰ ». Pour ce faire, nous tenterons d'articuler une argumentation philosophique fondamentale avec des éléments de nature technique provenant essentiellement des champs de la physique, de la biologie et de l'économie financiarisée.

¹⁵ Matières premières.

¹⁶ Entreprises cotées ou devises.

¹⁷ Sauf référence explicite, nous excluons du champ de l'aléatoire dont nous rendons compte, celui de la théorie quantique que nous considérons d'une part non nécessaire à l'argumentation que nous soutiendrons et d'autre part épistémologiquement complexe à assimiler dans un cadre cohérent.

¹⁸ C'est-à-dire portant non seulement sur ce qui les qualifie ou permet leur appréhension conceptuelle, mais aussi sur les limites des théories qui les prennent comme objets d'étude. Nous aurons en outre à des raisonnements de nature abductive (au sens de Peirce [1903]), acceptant que l'étude de la complexité requiert l'adaptation et l'extension d'un cadre théorique à un autre. Pour Peirce, l'abduction est « une méthode pour former une prédiction générale sans assurance positive qu'elle réussira dans un cas particulier ou d'ordinaire, sa justification étant qu'elle est le seul espoir possible de régler rationnellement notre conduite future, et que l'induction fondée sur l'expérience passée nous encourage fort à espérer qu'à l'avenir, elle réussira » (Charles Sanders PEIRCE, *Nomenclature and Divisions of Tradic relations as far as they are determined*, 1903)

¹⁹ En guise d'illustration, nous pouvons citer l'opposition vivace entre l'école autrichienne, affirmant le primat des lois déductivistes en économie et l'école « institutionnaliste » prônant la prise en compte de l'historicité des phénomènes relevant de cette discipline, positions respectivement défendues par von Schmoller et Menger.

²⁰ Ayache reconnaît l'importance des travaux séminaux entrepris par Taleb en épistémologie de la finance mais déplore que ces derniers aient essentiellement été établis à partir des notions classiques de la philosophie de l'économie (problème de l'induction, décisions en environnement incertain, etc.).

Nous ouvrons la présente thèse par deux chapitres de portée philosophique générale à visée introductive, afin de préciser certains concepts et arguments centraux utiles à nos développements subséquents. En première partie, après avoir synthétiquement présenté les conditions de l'appréhension historique du thème du hasard en épistémologie, nous montrerons en quoi ce dernier se manifeste sous la forme particulière du risque en économie et en finance, notion que nous dissocierons de l'incertain ; le risque porte en effet en lui la possibilité d'une quantification, à l'inverse de l'incertain [Keynes, 1937] qui échappe à tout effort de circonscription par la méthode mathématique. Les processus transactionnels survenant au sein de marchés organisés se traduisent par des chroniques de prix que les mathématiques peuvent aisément traiter en tant que suites arithmétiques, notamment du point de vue du hasard qu'elles hébergent au travers de l'analyse de leurs régularités numériques. Cependant, si l'analyse arithmétique permet de qualifier, elle peine à quantifier. Pour ce faire, la finance mathématisée procède par modélisation pour fixer son objet d'étude et le rendre manipulable au moyen de la méthode probabiliste. À partir d'hypothèses simplificatrices portant sur la répartition statistique des rendements d'actifs – réputée répondre aux caractéristiques d'une loi log-normale²¹ – elle a ainsi établi son corpus théorique sur la base d'une représentation stochastique brownienne, certes commode d'un point de vue technique, mais imparfaite quant à sa capacité à décrire le comportement empirique des processus sous-jacents.

Nous étendrons ce propos liminaire en deuxième partie en rappelant d'abord les conditions de l'avènement du paradigme mécaniciste en science de la nature, paradigme dont la finance de marché hérite. Puis nous tenterons d'articuler hasard et causalité afin d'ouvrir le champ du débat à la question essentielle du déterminisme, d'abord envisagée dans le contexte historique « laplacien » des objets et phénomènes de la physique classique, ensuite au niveau de ses enjeux dès lors que l'on traite des systèmes complexes. Nous distinguerons à cet égard le déterminisme intégral de portée philosophique, voire métaphysique, d'une forme *locale* plus pragmatique²². Ce que nous chercherons alors à qualifier, ce sont les conditions de la prédictibilité au sein des systèmes anthropiques en général, et de ceux ayant trait à la finance de marché en particulier. Nous discuterons notamment de la convergence entre l'inspiration mécaniciste et le paradigme néo-classique inspiré de « l'économie pure » walrasienne. Ces développements nous amèneront à qualifier les processus transactionnels à la manière « d'émergences » particulières, confirmant leur non-réductibilité théorique aux canons de la théorie orthodoxe.

Développant le rapport liant le temps aux processus des systèmes animés – depuis les organismes les plus simples du champ de la biologie aux structures sociales complexes des

²¹ Autrement dit : la représentation graphique du logarithme des rendements d'actifs correspond à une courbe gaussienne.

²² Nous évoquerons également une forme stochastique de portée plus *épistémique*.

hommes –, nous nous intéresserons en troisième partie à l'historicité desdits systèmes. Nous montrerons dans un premier temps que cette dernière prend en fait la forme d'une anhistoricité *statique* ou *active* selon que l'on ait affaire aux modélisations néo-classiques de l'économie (théorie des équilibres optimaux) ou de la finance de marché (réplication dynamique). Puis nous traiterons des déterminants de l'inscription historique des systèmes anthropiques organisés au travers de l'analyse des *performativités*, c'est-à-dire des mécanismes psycho-physiologiques récurrents principaux régissant les comportements des agents et en retour partiellement conditionnés par eux²³. Nous concluons ce chapitre en indiquant que de l'action conjuguée de ces mécanismes émane une forme de « théorie des jeux imparfaite » dont nous préciserons certaines caractéristiques notables.

Les conditions de l'historicité dont nous rendons compte se cristallisent de façon singulière lors des crises, événements majeurs de l'inscription temporelle des systèmes du vivant. C'est à une tentative d'en établir une ontologie que nous consacrerons notre quatrième partie. Adoptant un raisonnement analogique portant sur les similarités épistémologiques entre les trajectoires historiques des observables évoluant au sein des biosphères comme au sein des écosphères, nous nous intéresserons d'abord au rôle structurant, voire décisif des bifurcations morphogénétiques qui se produisent en leurs seins. Cela nous permettra d'envisager les crises en tant que « brisures de symétries » [Longo, Montévil et Pocheville, 2011], avant de préciser notre propos portant sur l'ontologie des crises en montrant que leur survenue en économie relève d'un régime de *percolation*, notamment alimenté par des phénomènes rares mais essentiels de « panique » [Dupuy, 1991]. Notre quatrième partie s'achèvera sur une présentation des stratégies employées par le modélisateur pour maintenir l'opérabilité de la théorie orthodoxe portant sur les processus de marché. Nous évoquerons à cet égard les limites de la linéarisation, le recours à l'adjonction de coefficients stochastiques *ad hoc*, la matérialisation des sauts et des discontinuités, ainsi que la prise en compte des changements de régime et de dépendance au sentier. Nous verrons que, malgré ces efforts, certains écueils fondamentaux subsistent et limitent la circonscription modélisatoire des systèmes qui nous occupent.

Notre cinquième partie sera pour nous l'occasion de qualifier ce que nous estimons être le régime de référence de ces systèmes, à savoir le régime de « Transition Critique Étendue » [Bailly et Longo, 2008]. Pour ce faire, nous monterons en premier lieu en quoi les espaces des phases des écosphères sont foncièrement instables, avant d'évoquer la *non-linéarité* du temps qui y règne. Nous qualifierons les trajectoires non-ergodiques qui s'y déploient de « pseudo-stables », afin de souligner que leur cyclicité phénoménologique en apparence *docile* recèle en

²³ Aux premiers rangs desquels les mécanismes d'anticipation, de croyance, d'auto-référentialité et d'auto-normativité.

réalité une « micro-criticité » relevant d'une complexité particulière propre aux systèmes hébergeant les processus transactionnels.

Sur cette base, nous tenterons de proposer une relecture de l'une des hypothèses centrales de la théorie néo-classique de l'économie – irradiant aussi la finance – à savoir l'hypothèse dite « d'efficience » stipulant que le système des prix intègre à tout instant l'ensemble de l'information disponible qu'il est réputé pouvoir optimalement synthétiser, guidé par la recherche de la valeur fondamentale [Fama, 1970]. Ce paradigme est conforme au modèle de hasard « bénin » [Mandelbrot, 1967] que nous récusons en montrant que l'aléatoire à l'œuvre n'est pas neutre vis-à-vis du temps – comme l'exigerait sa représentation brownienne – mais bien façonné par lui, par le truchement de mécanismes de contention et de canalisation inscrits dans l'histoire ; ce dont les *motifs* visibles au sein des chroniques de prix peuvent témoigner. Dans cette optique nous serons amenés à distinguer le hasard du bruit²⁴, ce dernier étant « extérieur à la théorie ». Pour autant nous considérons que le bruit ne saurait être négligé, non seulement parce qu'il peut être génératif, mais aussi parce qu'il peut stabiliser les systèmes qu'il affecte. Nous concluons enfin ce chapitre en traitant d'une question plus large portant sur les conditions de la neutralité axiologique des processus transactionnels marchands.

À partir de notre chapitre septième nous adoptons un parti pris plus sociologique et anthropologique afin d'enrichir l'argumentation théorique philosophique et technique jusque-là déployée. Après avoir brièvement rappelé les bases d'une qualification ontologique du prix, nous poserons le primat de ce dernier sur la valeur, inversant *ipso facto* la relation usuelle d'asservissement de l'un à l'autre dans le cadre de la théorie néo-classique. Nous proposerons en particulier une interprétation du prix comme « pseudo-mesure », avant d'envisager ce que cette proposition peut induire du point de vue des processus transactionnels qui nous occupent. Nous tâcherons également de traiter du lien analogique entre prix et vérité, avant d'envisager le rôle génératif des subjectivités dans leurs formations réciproques. *In fine* nous plaiderons pour un traitement « non-tautologique » du prix, contrairement à ce que la tradition académique en économie tend à prôner.

Nous prolongerons ces réflexions au travers de considérations anthropologiques tout au long de notre huitième chapitre, où après avoir brièvement rappelé certains des écueils majeurs de la théorisation des sciences économiques, nous traiterons de la question essentielle du sujet, à la fois dans sa dimension objectivée (perspective micro-économique modélisatoire) et du point de vue de sa capacité d'objectivation du monde. À cet égard nous étudierons la formation des « auto-transcendances » [Dupuy, 2012] et leurs implications dans les phénomènes de procyclicité technique du risque et *d'aléa moral mathématisé* – c'est-à-dire dans les mécanismes, qui, en visant

²⁴ Ce que la théorie orthodoxe ne fait pas, réduisant bruit et hasard à la volatilité.

la contention du risque, contribuent en fait à l'alimenter, non seulement par leur effet sur les comportements des marchés en période de crise (procyclicité technique), mais aussi sur ceux des agents eux-mêmes vis-à-vis du risque. Nous tâcherons en outre de montrer en quoi la représentation mathématisée de ce dernier n'est pas étrangère à ces phénomènes ; plus particulièrement nous qualifierons l'écriture probabiliste de « forme symbolique » (au sens de Cassirer [1923]) afin de mettre en exergue son rôle conditionnant. Nous irons même jusqu'à établir qu'il peut s'agir d'un « obstacle épistémologique » [Walter, 2013] préjudiciable au domaine de la finance de marché théorisée. Nous proposerons sur cette base une critique de la mathématisation au sein des systèmes anthropiques transactionnels, avant de préciser dans quelle mesure il est possible de considérer qu'y opère en fait une véritable *mise en marché synthétique du sens*²⁵. Dans cette perspective, nous nous intéresserons ensuite au support premier des échanges marchands : la monnaie, envisagée à la fois comme « forme d'écriture » [Herrenschmidt, 2007] et – couplée au marché qu'elle sous-tend – comme support d'une « fin des probabilité²⁶ » [Ayache, 2016]. Nous concluons ce chapitre en envisageant, dans une optique plus large encore, le marché comme phénomène social, d'une part en raison de son inscription de son institutionnalité constitutive, et d'autre part à partir d'un raisonnement fondé sur la spéculation traitée comme intentionnalité particulière intervenant et structurant le champ du social.

Nous monterons enfin, dans de notre chapitre conclusif, que l'évolution de la finance de marché vis-à-vis de l'économie et du social peut s'apparenter à un phénomène historique que nous qualifierons de « Seconde Grande Transformation », analogiquement à la Grande Transformation théorisée par Polanyi [1944]. Cette Seconde Grande Transformation procède d'un double mouvement de convergence vers l'asymptote normative néo-classique et « d'étherification ». Toutefois nous soutenons que *l'asocialité* qui caractérise cette évolution bute inmanquablement sur le social, car, loin d'être un élément contrôlable et mesurable, le risque reste fondamentalement revêche et *invasif*. Cela nous incitera à repenser la criticité en reconnaissant d'une part l'influence majeure de l'historicité à son endroit, et d'autre part en plaidant pour une pratique raisonnée de la prospective dans l'appréhension des processus des marchés et de leur si singulière complexité.

²⁵ Cette théorie est défendue par Bouleau [2009].

²⁶ Nous étendons le propos d'Ayache, essentiellement centré sur le marché en tant que tel, sans mention spécifique à son articulation avec la monnaie.

1. HASARD ET MORPHOLOGIE DU RISQUE

Suam habet fortuna rationem
— Pétrone²⁷

*Au commencement était le chaos. Puis vint l'Esprit
qui mit tout en ordre.*
— Anaxagore²⁸

Propos synthétique : Où, après avoir établi en synthèse les fondements historiques de l'appréhension du hasard en philosophie, nous présentons la différence structurante en économie entre risque et incertain. Enfin, nous qualifions le hasard à l'œuvre dans le cadre des processus de marchés ainsi que les hypothèses permettant à la théorie financière de le circonscrire. Au travers de ces dernières nous envisagerons les premières limites épistémiques de cette modélisation orthodoxe de l'aléatoire.

1.1. Éléments liminaires d'une théorie du hasard

La conception épistémologique contemporaine du hasard trouve sa source au tournant hellénistique de la philosophie antique. L'argument « dominateur » exposé par Diodore Cronos questionne la notion de *futurs contingents* en affirmant l'incompatibilité conjointe des trois prémisses suivantes : (A) « Le passé est irrévocable » (B) « Du possible à l'impossible la conséquence n'est pas bonne, ou : l'impossible ne suit pas logiquement du possible » (C) « Il y a des possibles qui ne se réalisent jamais » [Bouveresse²⁹, 2013], et en rejetant la dernière proposition (C) pour ne conserver que les deux premières (A et B). Comme le précise Vuillemin [1984], Diodore tolère que l'on puisse envisager le « prédicat de contingence », c'est-à-dire « la conjonction logique de ce qui est ou sera et de ce qui n'est pas ou ne sera pas. Cette définition a pour effet qu'est contingent ce qui n'est pas et sera ou ce qui est et ne sera pas ou ce qui sera et ne sera pas³⁰ ». En d'autres termes, à partir d'un tel raisonnement, on aura déduit le fait qu'il

²⁷ « Le hasard a ses raisons ».

²⁸ Cité par Dumont [1988], p. 616 – à partir de Diogène Laërce.

²⁹ À partir de [Vuillemin, 1984].

³⁰ [Vuillemin, 1984], p. 62, cité par Bouveresse [2013], p.6.

puisse exister des choses ou des faits du monde à la fois possibles et non-nécessaires, et de ce fait on introduira une première conception *logique* du hasard comme survenue d'événements qui ne sauraient nécessairement advenir mais dont l'existence reste néanmoins envisageable.

Concevant également la possibilité du hasard – dont les faits rares et accidentels de la nature seraient des manifestations phénoménales tangibles – la vision finaliste aristotélicienne lui dénie pour sa part toute valeur ontologique dans la production du réel [Aristote, 1966]. En ce sens, le hasard d'Aristote (*αὐτόματον*) n'est que contingence pure et ne participe pas de l'harmonie d'un monde naturel fait de régularités ; il s'y juxtapose mais ne le constitue pas. Épicure et l'école atomiste³¹ considèrent quant à eux le hasard comme une réalité « objective, relevant de la nature même des événements³² » ; bien que lui-même acausal, le hasard est perçu comme une contingence à l'origine de l'ébranlement des choses du monde, de la survenue des événements [Lucrèce, 1899³³] :

Les atomes descendent en ligne droite dans le vide, entraînés par leur pesanteur. Mais il leur arrive, on ne saurait dire où ni quand, de s'écarter un peu de la verticale, si peu qu'à peine on peut parler de déclinaison. Sans cet écart ils ne cesseraient de tomber à travers le vide immense, comme des gouttes de pluie ; il n'y aurait point lieu à rencontres, à chocs, et jamais la nature n'aurait rien pu créer. [...] C'est pourquoi, je le répète, il faut que les atomes s'écarterent un peu de la verticale, mais à peine et le moins possible.

Le terme de « hasard » dérive de l'étymologie « *al-zahr* », en référence au jeu de dés pratiqué par les Arabes, que découvrent les Croisés au XII^e siècle. À la Renaissance, le discours sur le hasard quitte le champ exclusif de la métaphysique pour pénétrer celui de la science. C'est au travers de l'analyse des régularités fréquentielles relevées dans le cadre des jeux de chance que Luca Pacioli [1494] et d'autres auteurs italiens de traités mathématiques posent en des termes nouveaux l'étude du concept de hasard, le sujet trouvant un traitement proprement rigoureux dans la résolution par Blaise Pascal, en 1654, du « problème des partis³⁴ » soumis par le Chevalier de Méré. Le développement du calcul des probabilités a ainsi ouvert la voie à l'inspection méthodique d'une forme d'inconnaissable, renforçant *ipso facto* la conception d'un univers

³¹ Il est à noter que pour Démocrite, la nature étant fondamentalement déterminée, le hasard relève essentiellement d'une inconnaissance des causes à l'œuvre.

³² Épicure, cité par Hromkovič [2009] (traduction personnelle).

³³ Date de traduction de la version citée en bibliographie.

³⁴ Le « problème des partis » a notamment été traité par Jérôme Cardan [1564] et Tartaglia. Sa discussion par Fermat et Pascal dans leur correspondance de 1654 l'a conduit à être considéré comme « l'événement symbolique de la naissance du calcul des probabilités » [Meusnier, 2006]. Il s'y trouve décrit de cette manière : « Deux joueurs jouent à un jeu de hasard en trois parties gagnantes, chacun ayant misé la même somme d'argent m ; or il se trouve que le jeu est interrompu avant que l'un des deux joueurs ait obtenu trois victoires et ainsi remporté la victoire et de ce fait la totalité des enjeux soit $2m$. Comment, dans ces circonstances, doit-on partager les enjeux ? » [Pascal, 1970]. C'est d'ailleurs sur la base de la correspondance susdite que Huygens [1657] établit son traité de probabilité séminale.

ordonné dont il s'agirait de révéler le substrat de réalité et de détermination par l'exercice de la Raison. C'est ce qui conduit Pascal, dans son *Adresse à l'Académie*, à qualifier les probabilités de « géométrie du hasard ».

En affirmant qu'« il n'est rien donné de contingent dans la nature » Spinoza [1677a] récuse la vision scholastique prévalant alors : l'ordre du monde, de nature divine, ne saurait souffrir nulle incertitude quant à sa détermination. En conséquence, ce qui est perçu comme hasard ne pourrait trouver son origine ailleurs que dans l'incapacité de l'être humain à déceler les causes véritables à l'origine des événements. C'est cette conception d'un hasard de nature épistémique que l'on retrouve également déclinée chez Bossuet³⁵ et Leibniz³⁶ ; certaines « vérités contingentes » sont ainsi qualifiées de « certaines », sans que la logique de leur causalité ne soit accessible à l'entendement humain, par essence limité³⁷. En ce sens, elles apparaissent comme nécessairement *aléatoires* à quiconque voudrait les observer et les comprendre.

Dans son *Essai*, Antoine-Augustin Cournot [1851] développe cette vision et fait écho aux « monstres » aristotéliens en considérant que « les événements amenés par la combinaison ou la rencontre d'autres événements qui appartiennent à des séries indépendantes les unes des autres, sont ce qu'on nomme des événements *fortuits*, ou des résultats du *hasard* » [Cournot, 1851]. Cette appréhension d'un hasard d'ordre épistémique traverse toute l'époque moderne jusqu'à sa remise en cause radicale par la révolution conceptuelle qu'a constitué la mécanique quantique au début du XX^e siècle et ce, de façon presque concomitante à la définition de l'axiomatique probabiliste de Kolmogorov³⁸, dont le formalisme prévaut encore aujourd'hui.

Au tournant du XX^e siècle, les travaux de Boltzmann et Gibbs proposent d'étudier l'aléatoire microscopique à l'œuvre au sein des systèmes thermodynamiques par le biais de la mesure statistique de leur dispersion particulière [Boltzmann, 1905], levant alors un peu plus le voile sur ce qui échappait jadis au champ du savoir. La mécanique statistique naissante a alors eu pour effet de renforcer la conviction profonde héritée du siècle des Lumières d'un univers fait de lois dont il s'agit de comprendre la nature et les intrications, et considérant le hasard comme un résidu

³⁵ « Ne parlons plus de hasard ni de fortune, ou parlons-en seulement comme d'un nom dont nous couvrons notre ignorance. Ce qui est hasard à l'égard de nos conseils incertains est un dessein concerté dans un conseil plus haut, c'est-à-dire dans ce conseil éternel qui renferme toutes les causes et tous les effets dans un même ordre. De cette sorte tout concourt à la même fin ; et c'est faute d'entendre le tout, que nous trouvons du hasard ou de l'irrégularité dans les rencontres particulières. » [Bossuet, 1681]

³⁶ Comme le précise Bouveresse [2013], Leibniz conçoit, à la manière de Diodore, la possibilité de futurs envisageables mais non *sélectionnés*, qui n'advieront donc pas. Aussi croit-il « pouvoir [également] éviter le nécessitarisme en distinguant simplement entre deux espèces de nécessité : la nécessité absolue (ou métaphysique) et la nécessité hypothétique [...]. Pour lui, ce qui menace la liberté est uniquement la nécessité absolue ; la nécessité hypothétique ne constitue une menace ni pour la liberté ni pour la contingence. [...] Les lois de la nature, par exemple, ont une nécessité qui est hypothétique, puisqu'elles ne sont valides et nécessaires que compte tenu du fait que Dieu a choisi de créer, parmi tous les mondes possibles, celui qui est le meilleur. Mais leur nécessité n'est pas liée à une condition temporelle : à partir du moment où Dieu a fait son choix, elles sont et resteront en vigueur jusqu'à la fin des temps. », cit. p. 21.

³⁷ Voir par exemple [Leibniz, 1710].

³⁸ Cf. [Kolmogorov, 1933].

épistémique à conquérir. Pour Le Chatelier [1924], « tous les phénomènes sont engrenés suivant des lois inexorables [...] la croyance à la nécessité des lois [revenant à celle de] l'inexistence du hasard. »

Aujourd'hui encore, on considère à différents égards que le hasard est affaire de non-connaissance [Taleb, 2007] ; il occupe le champ phénoménal laissé vacant par l'emprise de la raison. Cependant, il convient de dissocier ce que l'acception positiviste « classique » conçoit, de ce que les développements scientifiques plus récents ont apporté comme remises en causes épistémologiques. De nouvelles limites fondamentales à la connaissance ont de la sorte émergé [Zwirn, 2000]³⁹ et relèvent des champs de la construction (p. ex. Premier théorème d'incomplétude de Gödel), de la prédiction (p. ex. dynamique des structures dissipatives), de l'ontologie (p. ex. fluctuations quantiques) et de la cognition (p. ex. problématique des biais et heuristiques). La mise au jour de telles limites a marqué un coup d'arrêt décisif à l'*hybris* gnoséologique qui prévalait encore au début du siècle dernier⁴⁰. Elle a en outre induit la nécessité d'une redéfinition de la notion de hasard.

Dans une perspective pragmatique, le hasard peut être envisagé comme une imprédictibilité dans le cadre d'un formalisme théorique⁴¹ donné [Bravi et Longo, 2015] ; on le qualifiera d'« extrinsèque » à la théorie lorsqu'il lui est non nécessaire (limite calculatoire par exemple), et d'« intrinsèque » quand *a contrario* il s'y présente en tant que déterminant constitutif (fonction d'onde en mécanique quantique, ou mutation spontanée en théorie de l'évolution).

En synthèse, le hasard, initialement développé dans le cadre de la logique rhétorique antique, investit dans un premier mouvement le champ de la métaphysique, en tant que notion traduisant la possibilité d'un inconnaisable indépassable. Avec la Renaissance, s'ouvre dans un deuxième temps la possibilité de sa *manipulabilité opératoire*, par les mathématiques et le truchement du calcul. Ce revirement culmine avec la formalisation de la mécanique statistique qui permet la jonction entre le discret microscopique et la phénoménalité macroscopique de la physique classique ; il s'appuie également sur l'établissement d'un formalisme probabiliste solide. Ces bases ont ensemble permis l'essor technique d'une véritable ingénierie modélisatoire du risque et de l'incertain au cours du XX^e siècle, nonobstant le fait que, parallèlement, de nouveaux résultats ont fondamentalement fait évoluer la perception des limites de la connaissance.

³⁹ Ces limites seront envisagées plus loin, lorsqu'il s'agira de traiter de la question de la prédictibilité (cf. Partie 2 – « Déterminisme et prédictibilité ») et des perspectives anthropologiques de l'aléatoire à l'œuvre au sein des processus de marchés.

⁴⁰ La déclaration de Hilbert en 1930 (« *Wir müssen wissen. Wir werden wissen* », « Nous devons savoir. Nous saurons ») traduit bien cette foi en une science dont on ne saurait ni tarir les succès, ni atteindre les limites.

⁴¹ En sciences physiques, il s'agira de la détermination de lois consistantes dans un espace des phases pré-qualifié.

Que le hasard apparaisse en creux de théories existantes, qu'il ne soit essentiellement définissable que négativement, qu'il relève de l'indécidabilité la plus profonde n'en fait pas pour autant un « anti-concept » [Rosset, 1976], c'est-à-dire une notion inopérante d'un point de vue épistémologique. À notre sens, le hasard n'est ni essentiellement dans la nature (vision prigoginienne), ni principalement dans la théorie (déterminisme thomien), mais il doit être compris comme la conjonction riche de l'une et l'autre conception. C'est seulement à ce compte qu'il peut être à fois phénoménologiquement décrit et analytiquement étudié, ainsi que nous nous proposons de le faire dans la suite du présent exposé, notamment à partir de l'analyse de ses modalités d'occurrence au sein des systèmes complexes de l'économie – dans sa forme quantitative – et de la finance de marché.

1.2. Risque et incertitude au sens knightien

Éminemment métaphysique, la question de la nature de l'incertain – corollaire à celle du hasard que nous venons d'évoquer – a depuis longtemps donné lieu à controverse ; elle se structure principalement autour de deux positions « classiques » antagonistes. D'une part, la conception de Mill [1843] d'un indéterminisme que la science en progrès saura un jour dompter⁴². D'autre part, la position considérant qu'il existe un indéterminisme fondamental indépassable et inaccessible à la Raison : c'est là par exemple l'argument développé par Spinoza d'un homme qui cesserait d'être un *imperium in imperio* [Spinoza, 1677b], mais qui serait soumis à un vaste ensemble de causes naturelles supérieures qui le déterminent et le transcendent. Ces deux thèses apparaissent elles-mêmes comme hautement spéculatives car relevant d'une forme de méta-indéterminisme, c'est-à-dire non pas d'une indétermination relative aux événements du monde, mais bien d'une incertitude quant à la question qui est posée, au fait de pouvoir seulement envisager la possibilité même de sa résolution.

Keynes [1937] opte pour sa part pour une voie de conciliation médiane, en estimant qu'il convient d'admettre une gradation de l'incertain :

Par connaissance incertaine, je n'entends pas simplement ce qui est seulement probable, en tant que distinct de ce qui est connu avec certitude. Dans le sens où j'emploie ce terme, le jeu de la roulette n'est pas soumis à l'incertitude... même le temps météorologique n'est que modérément incertain. J'utilise ce terme dans le sens où la perspective d'une

⁴² L'épistémologie naturaliste de Mill prône la démarche inductive comme moyen d'accéder aux faits *réels* et à la structure du monde.

guerre en Europe est incertaine [...] Il n'y a, dans ces différents cas, aucune méthode scientifique permettant le moindre calcul de probabilité. Nous n'en savons tout simplement rien.

Déjà, dans son *Traité sur les probabilités*, Keynes [1921] introduisait une césure épistémologique entre le risque, probabilisable, et un incertain qui échapperait par essence à toute tentative de traitement calculatoire. Dans le même temps, Knight [1921] estimait qu'il s'agit de distinguer, dans le champ de l'économie notamment, les notions de précaution (relevant de l'incertain) et de prévention (concernant un risque appréhensible). En des termes actualisés, cette conception perdure et constitue un paradigme structurant en matière d'encadrement des activités économiques et financières, et en particulier de supervision prudentielle⁴³. À la suite de Keynes, Jean-Pierre Dupuy [2002] considère également que l'incertain n'est ni tout à fait lié à la subjectivité et aux limites cognitives du sujet connaissant, ni probabilisable. Dans cette acception il existerait un hasard dissociable du hasard « ludique » largement calculable par l'usage de probabilités ou rendu *observable* par celui des statistiques⁴⁴. Ce serait notamment celui à l'œuvre au sein des systèmes complexes anthropiques qui nous intéressent.

Schatzman⁴⁵ [1975] observe que, dans l'Antiquité, les taux d'intérêts pratiqués par les prêteurs pour l'acquisition de terres arables excédaient souvent les revenus générés par leur exploitation et pouvaient afficher une variabilité importante. Outre l'argument d'une limitation d'ordre éthique qui contraignait le recours à l'intérêt, l'auteur estime que de tels constats traduisent l'évaluation différenciée des niveaux de risque et de leurs impacts par les prêteurs – ce qui attesterait de la conscience précoce de la notion de risque compensable. Pour autant, il y a loin de la faculté de perception d'un risque et de sa magnitude potentielle à sa représentation probabiliste rigoureuse – de manière « objective » ou relativement à la perception subjective d'un agent –, cette dernière requérant en premier lieu la détermination d'un couple associant une variable aléatoire et une loi de probabilité à même de transposer chaque état possible de réalisation de la variable considérée en un niveau de « dommage » (et dans une perspective économique, subséquemment, à un coût) [Bouleau, 2013]. Il s'agit d'une démarche méthodologique particulière adossée à une quantification préalable des événements étudiés, rendue possible par la nature même du matériau économique considéré.

⁴³ Cf. entrée « Supervision prudentielle » de l'Addendum.

⁴⁴ La question fondamentale du lien entre probabilisme et fréquentisme sera abordée en Partie 1.4.1. – « La modélisation : premiers enjeux et objets ».

⁴⁵ Cité par Andreau [1999].

1.3. Hasard « neutre » des séries arithmétiques

Parce qu'ils se traduisent phénoménologiquement par des dynamiques temporelles de prix de transactions ou de rendements d'investissements, directement transcrits en séries numériques, les processus de marché semblent se prêter *naturellement* à une épistémologie bâtie autour d'un corpus d'hypothèses et de concepts relevant d'un « réductionnisme théorique⁴⁶ » poussé – au sens employé par l'empirisme logique à partir de l'analyse des systèmes physiques [Hempel, 1966] – qui aurait pour ambition de pouvoir synthétiser l'insigne richesse de systèmes complexes économique-financiers en une mathématique de leur transposition numérique. Bien qu'elle laisse de côté la question cruciale du sens et ne se préoccupe guère des mécanismes génératifs des processus qu'elle étudie⁴⁷, une telle approche mérite d'être considérée. Elle constitue un moyen commode de retranscrire, dans une optique modélisatoire⁴⁸ pragmatique, les phénomènes complexes à l'œuvre, ainsi que les formes d'aléatoire auxquels ces derniers se réfèrent.

En l'espèce, la démarche consistant à se défaire de la réalité sous-jacente des choses pour ne tenir compte que de leur phénoménalité apparente conduit en première instance à appréhender le hasard des processus de marché au travers des chroniques de prix (suites de valeurs décimales indexées par le temps) ou de leurs représentations graphiques dans un espace cartésien, les unes comme les autres se subordonnant aux résultats de l'arithmétique et de la géométrie quant aux manifestations du hasard que l'analyse peut y déceler.

Au moyen d'une transposition adéquate il est possible d'extraire de toute chronique de prix un réel formé par la juxtaposition des cotations p_t ⁴⁹ relevées à tout instant t sur un intervalle de temps fixé. À condition de disposer d'une chronique suffisamment longue, si toute sous-séquence numérique (quelle que soit sa longueur) du réel ainsi formé présente en limite la même fréquence d'occurrence, on pourra qualifier ce réel de « normal ». Ce critère arithmétique de normalité correspond à une notion intuitive de hasard au sens de Borel [1909] : celle de l'apparition

⁴⁶ Dans le champ du biologique, Mayr [1988] distingue un « réductionnisme constitutif » visant à rendre compte de la phénoménalité du vivant à partir de ses composants physico-chimiques essentiels, d'un « réductionnisme théorique » dont l'objet n'est autre que d'établir la possibilité d'une correspondance (« *bridge* ») entre théories portant sur un même système, du point de vue de l'applicabilité des lois en jeu, autant que de la cohérence des concepts manipulés. Le débat épistémologique contemporain tend à privilégier à ces formes historiques un réductionnisme dit « explicatif » procédant par analyse des phénomènes particuliers d'un système à partir des interactions et propriétés de certaines de ses parties.

⁴⁷ Ces critiques donneront lieu à différents développements tout au long de cet exposé.

⁴⁸ La question centrale de la modélisation des processus de marchés fera l'objet de plusieurs développements dans le cadre du présent document. Voir notamment les parties 1.4.1 – « La modélisation : premiers enjeux et objets », 1.4.2 – « Mathématisation en sciences économiques, quelques grands jalons vers la modélisation financière » et 4.6 – « Modéliser les crises financières ».

⁴⁹ P_t désigne le prix d'un actif A à un instant t , sachant que pour tout $t \geq 0$, l'intervalle $[t; t+1]$ est constant et correspond à une fréquence de cotation déterminée par l'observateur. Dans la pratique cette dernière peut être commensurable à la microseconde pour des actifs très liquides, jusqu'au mois pour des actifs *a contrario* très peu *observables* (c'est-à-dire sur lesquels il n'existe pas de marché ou des marchés de gré-à-gré très lacunaires et circonstanciels) ou peu traités (p. ex. fonds alternatifs non standards, corrélations interclasses, volatilité longue, etc.). Nota bene : nous emploierons généralement la notation S_t pour désigner la valeur (au sens théorique ou mathématique) d'un actif et P_t afin de désigner son prix (constaté sur un marché).

homogène et d'apparence *libre* de tout nombre au sein d'un ensemble numérique de très grande taille⁵⁰. Par exemple, la séquence particulière de Champernowe, dont la partie décimale $\{x\}$ est formée par la concaténation de l'ensemble des nombres entiers croissants ($\{x\}=1234\dots112113\dots$), de même que la séquence de Copeland-Erdős ($\{x\}=2357\dots4143\dots$), agrégation de l'ensemble ordonné des nombres premiers, répondent chacune au critère de normalité et ce, bien qu'elles soient toutes deux dérivées de règles de construction trivialement exprimables. L'aléatoire dont il est question est purement morphologique car – comme l'illustrent ces séquences – il est possible d'en identifier une logique simple de production, et de les générer algorithmiquement (c.-à-d. les calculer au moyen d'une machine de Turing). Du point de vue des chroniques de prix, procéder à une telle extrapolation reviendrait intuitivement à considérer qu'il serait possible de dériver un certain hasard apparent à partir de modes de génération logiquement ordonnés, voire systématiques.

En réalité, cette définition naïve du hasard bute sur les résultats fondamentaux de la théorie algorithmique de l'information développée par Solomonov [1964], Kolmogorov [1963] et Chaitin [1966]. Considérant que tout dispositif descriptible⁵¹ peut être formalisé par un programme *ad hoc*, on peut analyser la notion de complexité⁵² d'une série numérique au travers des caractéristiques de longueur et de temps de calcul de son programme de génération. Dans ce cadre, une information n'est aléatoire que s'il n'existe aucune suite strictement plus courte pour la produire, autrement dit, si elle est « incompressible ». Bien qu'elles ne présentent aucun motif privilégié, les séquences de Champernowe et de Copeland-Erdős ne sont en effet nullement aléatoires considérant le critère de maximalité de la complexité⁵³. Par conséquent, il ne suffit pas à une chronique de prix de sembler arithmétiquement « normale » pour paraître aléatoire. L'argument d'incompressibilité laisse entrevoir la conception philosophique d'un hasard exprimable en termes de non-connaissance et d'imprédictibilité dans un cadre formaliste donné, lorsqu'il n'est pas possible d'établir l'expression d'une séquence aléatoire au moyen d'un algorithme *factorisant*, autrement dit moins informatif que la séquence elle-même.

Loin de ne constituer qu'un premier résultat négatif, cet argument permet malgré tout d'appréhender l'aléatoire d'un processus transcribable en une série numérique (au travers d'un paramètre mesurable, ici le prix) de manière opératoire au travers de l'estimation du niveau de

⁵⁰ Plus rigoureusement, on qualifie de numériquement « normal », tout réel r écrit en base b ($b > 2$) dont la partie décimale contient une quelconque suite s de longueur k (k étant un entier strictement supérieur à 0) d'éléments écrits en base b^k pour laquelle la fréquence d'occurrence (en limite) est de $1/b^k$. Le critère de normalité correspond, en d'autres termes, à l'équi-répartition de tout motif numérique au sein d'une série arithmétique infiniment longue.

⁵¹ Par « dispositif descriptible », nous faisons référence aux « mécanismes » décrits par Von Neumann [1951].

⁵² La complexité de Kolmogorov $K(s)$ d'un nombre s correspond à la taille de l'algorithme minimal permettant d'écrire s .

⁵³ Il n'est question ici que de longueur de programme et non de temps de calcul (cf. *infra*). Une suite infinie s écrite en base binaire (s_n représentant la sous-suite des n premiers chiffres de s) est aléatoire si et seulement si elle est incompressible, c.-à-d. si et seulement si il existe une constante γ telle que $K(s_n) > n - \gamma$ (Théorème de Chaitin).

« K-complexité⁵⁴ » qui le caractérise [Delahaye, 2009]. Cependant le hasard ne s'en trouve pas pour autant circonscrit, du fait de limites fondamentales qui, irrémédiablement, affectent son appréhension à plusieurs niveaux. En premier lieu, d'un point de vue mathématique, parce que le facteur $K(s)$ est lui-même incalculable⁵⁵ bien qu'il puisse exister une suite approchante d'algorithmes ($K_i(s)$) dont on peut connaître l'asymptote, mais pas la vitesse de convergence⁵⁶ ; il s'agit là d'une limite structurante dès lors qu'il est question de l'étude de codages d'informations complexes. En deuxième lieu, dans une perspective épistémologique, dans la mesure où une telle approche ne dit rien de la nature du hasard à l'œuvre, ne le déterminant ontologiquement⁵⁷ d'aucune manière – elle quantifie mais ne qualifie pas. Enfin, sur le plan métaphysique, puisque l'approche de l'aléatoire par le critère de complexité requiert la possibilité d'une réductibilité des choses et faits du monde à une information quantitativement formalisée, possibilité qui s'avère envisageable dans le cadre de certains processus artificiels (technologiques notamment) mais qui est loin de pouvoir s'appliquer universellement, notamment dans le champ des processus de la nature et de la vie, *a fortiori* du social.

En 1953, les travaux économétriques menés par Kendall⁵⁸ confirment les conclusions historiques de Working [1934] établissant le comportement erratique observable des processus de marché :

Le schéma des événements dans les séries de prix est beaucoup moins systématique qu'on ne le croit en général [...] La série ressemble à une série « vagabonde », presque comme si une fois par semaine le démon de la chance piochait un nombre au hasard dans une population symétrique de dispersion constante et l'ajoutait au prix courant pour déterminer les prix de la semaine suivante.

Autrement dit, en vertu de ces résultats les chroniques de prix se manifesteraient par une *exploration* homogène et indistincte de la combinatoire des conformations possibles. Plus précisément, de nombreuses analyses statistiques relatives à l'autocorrélation des séries temporelles de prix concordent à confirmer – selon cette méthodologie⁵⁹ – la thèse d'une marche aléatoire des processus de marché (p. ex. [Froot et Perold, 1995]), établissant *ipso facto* un quasi-

⁵⁴ La K-complexité s'exprime relativement à la grandeur du facteur $K(s)$ pour une suite s .

⁵⁵ La preuve de l'incalculabilité de $K(s)$ est directement liée à l'indécidabilité fondamentale du problème du temps d'arrêt.

⁵⁶ La convergence lente de certaines suites algorithmiques peut opérationnellement repousser à l'infini la détermination précise de la limite $K(s)$.

⁵⁷ Nous traiterons plus loin de cette question en abordant la notion de profondeur de Bennett (cf. Partie 2.4.2 – « Intégration des modèles théoriques »).

⁵⁸ Kendall a observé l'indépendance statistique des rendements hebdomadaires de plusieurs indices britanniques. Roberts [1959] a plus tard retrouvé des résultats similaires à partir de l'étude de l'indice Dow Jones Industriel.

⁵⁹ Nous aurons l'occasion de voir que d'autres résultats tendent à invalider ou à nuancer ce résultat.

axiome théorique consistant à considérer que sur un intervalle de temps suffisamment long, il n'est pas possible de dégager de structure de cohérence au sein de la transcription numérique en prix desdits processus. La K-complexité de ces séries est élevée ; autrement dit, un certain hasard que nous qualifierons de neutre – car il s'exprime morphologiquement *en surface*, sans que nous préjugeons à ce stade de ce qui le fonde – y opère.

Ce résultat n'a pourtant pas empêché le développement de « l'analyse technique⁶⁰ », qui prend pour objet d'étude les représentations graphiques des séries de prix historiques d'actifs financiers afin d'identifier en leur sein des régularités géométriques : figures, motifs, tendances, etc. Cette discipline de la finance œuvre au niveau « superficiel » que nous avons évoqué, c'est-à-dire sans se préoccuper ni de la nature de l'actif considéré, ni du contexte de sa cotation, ni même des déterminations macro-économiques qui pourraient sous-tendre l'évolution de son prix. Il s'agit d'une analyse formelle visant à débusquer le *régulier* au sein du *désordre* apparent. En apparence contradictoire avec l'hypothèse de marche au hasard, la persistance de la pratique de l'analyse technique peut à ce stade s'expliquer par un premier argument de nature mathématique : en effet, le Théorème de Van der Waerden⁶¹ nous enseigne qu'au sein de tout suite suffisamment longue on peut identifier des régularités numériques. À partir d'autres arguments théoriques, les travaux menés par Roberts [1959] ont même pu démontrer que presque toutes les figures fondamentales de l'analyse « chartiste » peuvent être générées par de tels processus. Il n'est pas nécessaire qu'une intentionnalité soit à l'œuvre, ni même qu'une structure de cohérence sous-jacente ne les structure. L'occurrence de ces morphologies particulières est compatible avec l'hypothèse d'un primat de l'aléatoire. Le résultat de Roberts peut à notre sens être considéré comme une variante géométrique du théorème arithmétique de Van der Waerden ; il en serait alors une version floue et considérablement élargie puisqu'il admet et conçoit la possibilité de sous-séquences imparfaitement définies. Ainsi, bien qu'un « retracement de Fibonacci » soit précisément défini comme un ensemble de niveaux de supports reliés par un ratio constant égal au nombre d'or⁶², on admettra qu'une série de prix répond à un tel motif si ses extrema locaux *s'approchent suffisamment* des niveaux susdits. Autrement dit, on tolérera des intervalles d'incertitude « géométrique », les considérant comme des éléments de bruit⁶³ autour de valeurs *bien établies* (les cotations). Les analyses chartistes, très répandues, de type « vagues d'Elliott » [1938] basées

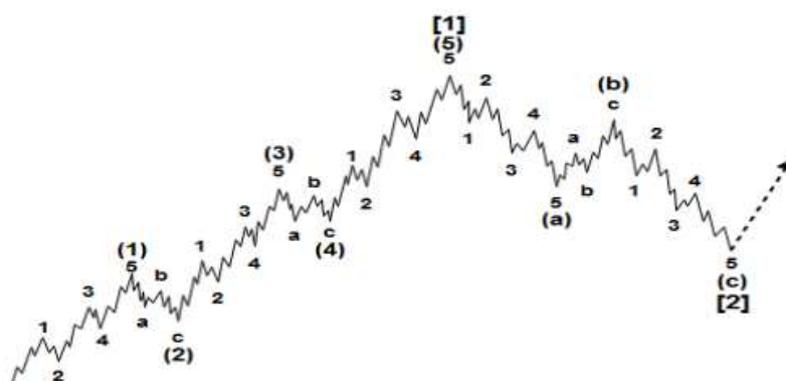
⁶⁰ Également appelée « chartisme ».

⁶¹ Le Théorème de Van der Waerden étend un résultat géométrique de Ramsey établi en théorie des graphes. Il s'exprime plus précisément ainsi : soit une progression arithmétique de longueur k et de raison r (r étant un entier relatif non nul) correspondant au k -uplet $(a, a+r, a+2r, \dots, a+(k-1)r)$. Si $(S_i)_{i \in \mathbb{Z}}$ est une partie finie de \mathbb{Z} , en vertu du Théorème de Van der Waerden, on peut exhiber un ensemble S_i contenant des progressions arithmétiques arbitrairement longues. En d'autres termes, pour tout entier k fixé, il existe un entier i tel que S_i contient nécessairement une progression arithmétique de longueur k .

⁶² Cf. entrée « Retracement » de l'Addendum.

⁶³ La question du bruit intrinsèque aux processus de marchés sera spécifiquement développée en Partie 6.5 – « Le bruit comme facteur de viabilité ».

sur la recherche de figures auto-similaires répondent toutes de cette logique (cf. Fig. A). Ces dernières proposent une anticipation des évolutions de cours de marchés basés sur l'étude des répétitions de mouvements de tendances (« *impulse waves* ») et de corrections (« *corrective waves* »). Traduite arithmétiquement, la répétition de motifs (dans le cadre des vagues d'Elliott on a plus précisément affaire à une répétition d'homothéties de motifs) au sein d'un entier quelconque suffisamment long est une propriété mathématique fondamentale caractérisant toute information convenablement encodée ; elle induit l'impossibilité d'un vrai désordre dans tout ensemble « large » de chiffres, figures, objets dans la mesure où il y sera possible d'y distinguer des régularités morphologiques [Calude et Longo, 2016]. On peut dès lors s'interroger quant à la possibilité d'une incompressibilité effective de tels ensembles. En raison des régularités susdites, toute manifestation d'un hasard « pur » semble *de facto* inatteignable ; ce qui apparaît en revanche ce sont des formes et des degrés différents d'un aléatoire intrinsèquement évanescent.



Degree	Labels for impulse waves	Labels for corrective waves
Grand Supercycle	[I] [II] [III] [IV] [V]	[A] [B] [C]
Supercycle	(I) (II) (III) (IV) (V)	(A) (B) (C)
Cycle	I II III IV V	A B C
Primary	[1] [2] [3] [4] [5]	[a] [b] [c]
Intermediate	(1) (2) (3) (4) (5)	(a) (b) (c)
Minor	1 2 3 4 5	a b c
Minute	[i] [ii] [iii] [iv] [v]	[a°] [b°] [c°]
Mimette	(i) (ii) (iii) (iv) (v)	(a°) (b°) (c°)
Subminuette	i ii iii iv v	a° b° c°

Fig. A – Représentation théorique de vagues d'Elliott (Source : [D'Angelo et Grimaldi, 2017]).

Une forme est qualifiée d'auto-similaire quand elle peut être décomposée en parties qui lui sont identiques à un ensemble de transformations géométriques près (rotation, homothétie, translation). L'auto-similarité est précisément fondée dans le cadre d'objets mathématiques et a trait à la fractalité. Au sujet des formes « physiques » réelles, on parlera d'auto-similarité

approchée, puisque les motifs répétés sont alors certes invariants par changement d'échelle, mais la régression de l'invariance n'est pas infinie, car nécessairement limitée à un certain niveau par la structure fine de la matière. L'autosimilarité est un cas particulier de la caractéristique plus générale d'auto-affinité qui se *contente* de qualifier tout objet dont des sous-parties présentent des similarités morphologiques avec leurs parties, et ce, à différentes échelles d'observation (en ce sens, dans la nature, un rocher peut être considéré comme auto-affine à la montagne dont il est un élément constitutif). Les « cycles » apparents de la *théorie* des vagues d'Elliott répondent formellement ainsi de récurrences que l'on peut qualifier d'auto-affines.

Mais au-delà de telles régularités, il est intéressant de noter que les structures quelconques des séries temporelles de prix de marché peuvent également être considérées comme auto-affines : à quelque échelle de temps que ce soit le hasard paraît *se ressembler*, à un facteur de déformation près ; il semble s'exprimer selon des modalités comparables. Regnault [1863] a pu l'observer très tôt, établissant sur cette base la scalabilité temporelle de la volatilité. À quelque échelle que ce soit, il n'est pas possible à un observateur de distinguer une série de ses sous-composantes sérielles, ni réciproquement aucune sous-composante de la composante dont elle est issue. Le hasard serait comme *homogène dans ses modes d'hétérogénéité morphologiques*, indépendamment des intervalles de temps considérés.

Il convient à ce stade de noter que le fait de retranscrire une série de prix ou de rendements en une progression arithmétique ou en une forme graphique n'est pas neutre d'un point de vue épistémologique. Le séquençage numérique *masque* la dimension temporelle des processus à l'œuvre : un enchaînement de décimales ou de points n'est que la projection statique d'une évolution nécessairement réalisée, et donc une représentation minimale qui ne saurait rendre compte du déploiement phénoménologique des processus de marché dans le temps, avec leurs rythmes et déformations de dynamiques propres. Une telle opération reste néanmoins la condition *sine qua non* de la manipulabilité des processus économique-financiers au moyen des outils et procédés mathématiques, en particulier ceux relatifs à l'étude de l'aléatoire. L'épistémologie des processus de marché apparaît en effet indissociable de celle des probabilités et de la statistique, de même qu'elle nécessite le recours à un arsenal modélisateur conséquent.

1.4. Dompter le hasard : hypothèses de construction en théorie des marchés

1.4.1. La modélisation : premiers enjeux et objets

Pour Kant [1781], les mathématiques sont à catégoriser au rang des jugements synthétiques *a priori*, dans la mesure où elles permettent l'expression de vérités informatives quant aux choses du monde (dimension synthétique), mais qu'elles ne dépendent pas d'expériences sensibles (c'est en ce sens qu'elles sont qualifiées d'*a priori*). Dans un cadre modélisateur, il convient de relativiser cette catégorisation, car les mathématiques à l'œuvre peuvent parfois se structurer à partir d'un substrat empirique. Ainsi de nouveaux objets ou concepts mathématiques ont-ils été créés de manière *ad hoc* afin de permettre la manipulation d'un réel autrement évanescent.

Comme le souligne Koyré⁶⁴ [1973], lorsque Galilée mène ses travaux empiriques en astronomie et en physique, il procède à partir d'expériences initiées en pensée et répondant à un raisonnement logico-mathématique, plutôt qu'en extrapolant des observations et relevés de données pour en déduire un modèle adéquatement calibré. Ce faisant, il inverse le processus gnoséologique classique prévalant alors en sciences de la nature. Dans une perspective générale, un modèle peut être vu comme une schématisation de réalités établies dont on peut dériver des résultats empiriques logiquement vrais dans le cadre d'une théorie consistante bien spécifiée. Il sert à circonscrire un réel souvent trop foisonnant pour être parfaitement décrit, ou trop complexe pour être mis en équations et étudié analytiquement. Il est en quelque sorte un pendant théorique au confinement expérimental ; dans l'un et l'autre cas il s'agit d'isoler une portion du domaine d'étude d'effets exogènes interférents.

On doit à Ludwig Boltzmann l'introduction du terme « modèle » dans son entrée éponyme publiée en 1902 dans l'*Encyclopaedia Britannica* :

[N]os pensées sont aux choses dans le même rapport que les modèles sont aux objets qu'ils représentent. L'essence du processus est l'attachement d'un concept ayant un contenu défini à chaque chose, mais sans impliquer une complète similarité entre chose et pensée ; car naturellement nous ne savons presque rien de la ressemblance entre nos idées et les choses auxquelles nous les rattachons. Ce qu'est cette ressemblance repose principalement sur la nature de la connexion, la corrélation étant analogue à celle que nous obtenons entre pensée et langage, entre langage et écriture, entre sons musicaux et notes sur la portée, etc.⁶⁵

⁶⁴ Cité par Bouleau [2011].

⁶⁵ Cité par Laurent [2014].

Crombie [1959] considère que toute science ou forme de connaissance rationnelle se base sur un ensemble d'idées présupposées. Ainsi, lorsque la théorie newtonienne réduit tout corps pesant à son centre de gravité, porteur intégral de la masse, elle simplifie le système observé sur la base d'un corpus restreint d'hypothèses explicites (p. ex. uniformité ou nullité du mouvement initial, espace euclidien, isolement des objets étudiés de toute force extérieure, etc.) et d'un ensemble large d'hypothèses implicites systémiques (sur les caractéristiques du système) et méta-système (sur les méta-systèmes – dont la théorie elle-même – dans lesquels s'insère l'événement étudié). Au sein d'une théorie scientifique donnée, un modèle consiste en une restriction supplémentaire particulière et contraignante du cadre hypothétique fixé. Dans certains cas, la modélisation peut en effet également requérir une réduction nomologique : certaines lois de la théorie seront alors considérées comme invalides du fait même de la simplification du champ phénoménal étudié.

La question de l'implicite relatif à toute modélisation existe aussi en théorie des probabilités sous la forme du problème fondamental de la classe de référence. Comme l'affirme Hájek [2007] évoquer une probabilité absolue est une gageure, car il ne saurait y avoir de probabilité autre que conditionnelle à une classe de référence. Ainsi dans l'épreuve paradigmatique du lancer de dé, l'événement « $A =$ l'issue est un 6 » la probabilité p_A n'est-elle pas inconditionnellement égale à la valeur $1/6$, car elle dépend d'un certain nombre de conditions – implicites ici – du type « *sachant que* le dé est parfaitement équilibré », « *sachant que* le lanceur ne dispose d'aucun moyen technique pour contrôler avec précision les conditions initiales de son lancer » ou encore « *sachant que* le dé est lancé de telle sorte à effectuer au moins une rotation ». On voit ici par exemple que les conditions du lancer, dont la description apparaît pourtant triviale en apparence, dépendent de plusieurs classes (lancer contrôlé ou non contrôlé, lancer à n rotation, etc.), le choix princeps de la classe observable ayant bien évidemment une influence sur la probabilité calculée *in fine*. Reichenbach définit ce *Problème de la classe de référence* de la manière suivante :

Si l'on nous demande de déterminer la probabilité d'un événement unitaire futur, nous devons pour ce faire commencer par affecter à cet événement une classe de référence appropriée. Une chose ou un événement élémentaire pouvant se voir affecter de multiples classes de référence, il en découlera des probabilités qui divergeront en fonction du choix⁶⁶.

⁶⁶ « *If we are asked to find the probability holding for an individual future event, we must first incorporate the event into a suitable reference class. An individual thing or event may be incorporated in many reference classes, from which different probabilities will result.* » (traduction personnelle), dans [Reichenbach, 1949], p. 374.

Cette définition fait écho à la position antérieure radicale de Venn [1866] vis-à-vis de ce problème, position selon laquelle il y aurait pour chaque chose ou chaque événement une infinité de classes affectables, correspondant à l'infinité de propriétés ou d'attributs que l'on peut déterminer lors de chaque estimation de probabilité⁶⁷.

Ce problème universel de la fixation de la classe de référence reste un problème ouvert, auquel les fréquentistes⁶⁸ répondent généralement de manière pragmatique en estimant que la manière adéquate de fixer une probabilité consiste à déterminer « la classe la plus étroite pour permettre la fixation d'une statistique fiable⁶⁹ », que Kojève [1932] évoque en parlant de « ressemblance⁷⁰ » au sein des séries statistiques. Si cela peut être chose aisée dans le domaine des sciences physiques, marquées par un fort degré de contrôle et de reproductibilité des conditions expérimentales, ce n'est pas le cas en sciences de la vie et *a fortiori* de l'homme, où le *problème de la classe de référence* peut parfois très profondément affecter la fiabilité de certains raisonnements probabilistes et remettre en cause les résultats qui en découlent. À cela s'ajoute le fait que, comme le souligne Vernes [1988], « la fréquence [estimée ou relevée] n'est jamais rigoureusement égale à la probabilité, sinon par une coïncidence qui est elle-même fortuite ». La théorie des grands nombres, garante de la convergence entre des tirages et leur loi sous-jacente, ne s'exerce en effet qu'à l'infini. Ce que l'expérimentateur observe, au mieux, c'est la réalisation particulière d'une série, dont l'éloignement par rapport à la distribution idéale est attribué à un facteur aléatoire d'écart, qui le quantifie. En sciences humaines, cette quantification est parfois impossible car la loi de distribution elle-même peut être, *ex ante*, inconnue de l'observateur – qui l'infère à rebours à partir d'un ensemble de réalisations particulières –, voire instable lorsque l'espace des phases considéré est amené à se déformer. Dans ce contexte la calibration statistique peut se révéler être une gageure et affecter de ce fait la capacité même de stabilisation d'une modélisation.

⁶⁷ « *It is obvious that every individual thing or event has an indefinite number of properties or attributes observable in it and might therefore be considered as belonging to an indefinite number of different classes of things...* », dans John VENN, *The logic of chance*, 1866, Londres, Macmillan and Co, 2^e édition, 1876.

⁶⁸ L'approche fréquentiste en théorie probabiliste considère qu'une probabilité quantifie asymptotiquement la récurrence de réalisation d'un événement donné depuis le passé (fréquentisme *réel*) vers le présent et supposément dans le futur (fréquentisme *hypothétique*) [Von Mises, 1957]. Nous n'évoquerons pas ici les deux autres grandes positions épistémologiques en théorie des probabilités que sont l'approche propensionniste et l'approche subjectiviste, car elles présentent à ce stade un intérêt moindre quant au propos qui nous occupe. Nous noterons simplement, avec Reichenbach [Hájek, 2007], que la vision propensionniste ne diverge pas fondamentalement du fréquentisme lorsqu'elle définit, à la manière de Popper [1959], une probabilité p_A de réalisation d'un événement A comme la propension d'une expérience réitérable à produire l'issue A avec une fréquence tendant vers la valeur limite p_A .

⁶⁹ [Reichenbach, 1949], p. 374 (traduction personnelle).

⁷⁰ *Op. cit.*, p. 111.

Plus un modèle est fécond d'un point de vue épistémique⁷¹ et cohérent avec la théorie dont il dépend, plus on le considérera comme *efficient*. La cohérence d'un modèle à sa théorie dépend essentiellement de sa capacité à ne pas nécessiter d'hypothèses complémentaires *ad hoc* en trop grand nombre. D'aucuns évoquent même une esthétique du modèle, fondée sur une généricité entendue comme parcimonie au sens d'Occam [Agazzi et Darvas, 1997], de la même manière que l'on considérerait plus généralement une esthétique des mathématiques.

Nous saisissons la beauté d'un théorème, quand nous constatons à quel point ce théorème est « à sa place », comment il illumine ce qui l'environne, à la manière d'une clairière au milieu des bois. Nous disons d'une démonstration qu'elle est belle, quand elle livre enfin tous les secrets d'un théorème, quand elle nous conduit à percevoir non pas la nécessité logique, mais l'évidence profonde qui se cache derrière son énoncé⁷²,

écrivait Rota [1997] ; la beauté d'un modèle serait de cet ordre-là. Cette dernière n'est en outre pas un facteur neutre d'un point de vue épistémologique. Elle peut non seulement conduire à des choix modélisatoires sous-efficaces au niveau de l'adéquation aux phénomènes que l'on cherche à circonscrire, et d'autre part empêcher « l'affinement » de ces derniers, même quand ils s'avèrent nécessaires [Tirole, 2016].

Il est par ailleurs intéressant de relever, avec Laurent [2014], que le terme « modèle » est employé dans le champ de l'économie à partir de 1929, à la suite de la crise économique. Tinbergen [1938] lui octroie une valeur éminemment pragmatique ; il fait en effet référence à « la simulation de chocs et de politiques économiques, qui intéressent les différents acteurs (syndicats, partis, agences gouvernementales) de la régulation économique⁷³ ». Ces simulations sont des simplifications du réel, basées sur des hypothèses concernant les choix agentiels considérés dans le cadre de l'échange marchand.

La modélisation financière procède par la détermination préalable de variables pertinentes, la fixation d'une dynamique modélisée puis par la calibration statistique de ses paramètres. Ce faisant, elle « modèle » autant qu'elle modélise [Walter, 2013] le monde qu'elle cherche à décrire, de manière à en faire un matériau objectivable et opératoirement avantageux.

⁷¹ À ce stade, nous nous contenterons d'une acception large et « intuitive » de l'efficacité d'un modèle, qui fera l'objet de plus amples développements plus loin dans le présent exposé (voir par exemple la partie 8.3.3 – « Des limites de la mathématisation »).

⁷² « *We acknowledge a theorem's beauty when we see how the theorem "fits" in its place, how it sheds light around itself, like a Lichtung, a clearing in the woods. We say that a proof is beautiful when such a proof finally gives away the secret of the theorem, when it leads us to perceive the actual, not the logical inevitability of the statement that is being proved* » (traduction personnelle).

⁷³ Citation de Michel ARMATTE, « La notion de modèle dans les sciences sociales : anciennes et nouvelles significations », *Mathématiques et sciences humaines*, vol. 172, 2005.

Une longue tradition philosophique⁷⁴ confère aux objets et théories de la mathématique *pure* une *vie* propre, marquée par des dynamiques de « progression conceptuelle » aux contours mouvants et imprédictibles [Patras et Planas-Bielsa, 2020]. La modélisation financière répond pour sa part à la fois de cette dialectique⁷⁵ fondamentale de l’histoire épistémologique, tout en restant arrimée aux nécessités opératoires et aux représentations spécifiques à la discipline financière. Il s’ensuit une évolution singulière dont hérite la théorie contemporaine dans ses limitations comme dans ses lignes de force structurelles.

1.4.2. Mathématisation en sciences économiques, quelques grands jalons vers la modélisation financière

Nous l’avons vu, Luca Pacioli est l’un des premiers à avoir étudié le hasard ludique en ayant recours à des méthodes et raisonnements d’ordre calculatoire. Comme le notent Cristian Calude et Giuseppe Longo, la postérité de Pacioli dérive également de son « invention » de la comptabilité à double entrée [Calude et Longo, 2016], inscrivant très tôt mathématiques et économie dans un rapport de dépendance étroit.

Lorsque Galilée s’émerveille, en 1623 dans *Il Saggiatore*, du fait que « l’univers est écrit dans la langue [même] des mathématiques⁷⁶ », il établit l’une des bases les plus fondamentales du positivisme moderne dont la science contemporaine hérite. Ce moment concrétise la vision baconienne d’un homme prométhéen en mesure de s’approprier une part croissante de son environnement par la connaissance systématique de ses rouages⁷⁷ ; il dérive de la révolution opérée à la Renaissance qui a placé l’homme au centre du monde, en tant que sujet sachant doué de raison. Le grand dessein d’une *mathesis universalis* défendue par Descartes et Leibniz prend à cette époque progressivement corps, rendant *de facto* archaïque la pratique dominante de l’observation empirique qui prévalait alors. La théorie probabiliste des jeux développée au cours des XVII^e et XVIII^e siècles sur la base des travaux majeurs en mathématiques de Pascal, Huygens, Fermat ou encore Bernoulli a permis la transformation d’un incertain jusqu’alors perçu comme essentiellement métaphysique en un ensemble de résultats statistiques stables, sous réserve de disposer d’observations suffisamment nombreuses.

⁷⁴ Selon Patras et Planas-Bielsa, cette tradition s’étend « depuis Brunswieg et Bachelard jusqu’à Cavailles, Lautman et, plus récemment, Desanti, Granger ou Vuillemin » (traduction personnelle).

⁷⁵ La notion hégélienne étant notamment convoquée par Cavailles pour décrire le développement conceptuel des mathématiques, comme le rappellent Patras et Planas-Bielsa (*id.*).

⁷⁶ Il faut, chez Galilée, considérer la mathématique dans sa dimension essentiellement géométrique.

⁷⁷ Nous reprenons ici à notre compte l’argument présenté dans [Bouleau, 2013].

Au XIX^e siècle, la méthode employée en sciences économiques évolue singulièrement, car elle commence à produire ses propres concepts. En essayant de modéliser les phénomènes appartenant au champ du social, Condorcet se heurte à la variabilité et à l'hétérogénéité extrêmes des comportements humains agissant en interaction. Il en déduit la nécessité de recourir à des méthodes probabilistes adaptées pour pouvoir les analyser. Dans cette optique, Dupuit [1844] propose pour sa part de fixer des hypothèses de réduction simplificatrices fortes (p. ex. consistance des réactions, indépendance des agents) de manière à pouvoir obtenir analytiquement des résultats généraux. Une telle approche (linéarisation, approximation par les quantités négligeables, etc.), courante en physique, préfigure la méthodologie néo-classique, encore très prégnante aujourd'hui⁷⁸.

Léon Walras [1874] perçoit même dans cette approche une condition *sine qua non* à toute analyse rigoureuse en économie :

Quant aux économistes qui, sans savoir les mathématiques, sans savoir même exactement en quoi consistent les mathématiques, ont décidé qu'elles ne sauraient servir à l'éclaircissement des principes économiques, ils peuvent s'en aller répétant que « la liberté humaine ne se laisse pas mettre en équations » ou que « les mathématiques font abstraction des frottements qui sont tout dans les sciences morales », et autres gentillesses de même force. Ils ne feront pas que la théorie de la détermination des prix en libre concurrence ne soit une théorie mathématique ; et, dès lors, ils seront toujours dans l'alternative ou d'éviter cette discipline, et d'élaborer l'économie politique appliquée sans avoir élaboré l'économie politique pure, ou de l'aborder sans les ressources nécessaires et, en ce cas, de faire à la fois de la très mauvaise économie politique pure et de la très mauvaise mathématique.

La modélisation micro-économique, qui se propose de qualifier les faits économiques à partir d'une analyse adéquate de l'agrégation des comportements des agents, s'est établie autour de deux notions centrales : l'utilité et l'anticipation.

Le concept d'utilité mis en évidence par Dupuit⁷⁹ et raffiné par la théorie subjective bayésienne des probabilités (Ramsey, Savage, de Finetti) constitue une bascule épistémologique insigne, car il permet d'asservir – par une relation univoque et quantifiable – les préférences et choix des agents économiques aux niveaux observables des prix. Ce faisant, il contribue à enrichir singulièrement la modélisation des comportements des individus et de leurs dynamiques, considérée très tôt comme l'un des facteurs limitants de la capacité opératoire des mathématiques

⁷⁸ La question de la mathématisation et des simplifications qu'elle induit constitue même l'une des lignes de fracture en sciences économiques aujourd'hui. Nous débattons de cette question en Partie 8.3.3 – « Des limites de la mathématisation ».

⁷⁹ Pour Dupuit, bien qu'il s'agisse d'une approximation, il est possible de représenter mathématiquement la réaction d'agents économiques à des niveaux de prix donnés et selon leur variation au moyen de leur « fonction d'utilité ».

en sciences économiques. « Un mathématicien, dans ses calculs, n'estime l'argent que par sa quantité, c'est-à-dire sa valeur numérique, mais l'homme moral doit l'estimer par les avantages et les plaisirs qu'il peut lui procurer » écrivait Buffon⁸⁰ à ce propos ; en les réduisant, le concept d'utilité permet justement la quantification desdits « avantages et plaisirs », ainsi que leur appréhension théorique.

Si Keynes est le premier à évoquer les anticipations des agents économiques en tant que « forces motrices autonomes », c'est dans les années 1930 que Hayek puis Myrdal [1931] en proposent une première base de modélisation opérante. Bien que simplifié, car supposé parfait dans ses premiers développements⁸¹, le concept d'anticipation traite de situations où l'actualisation des conséquences d'une activité future est nécessaire à la prise de décision [Phelps, 1987] ; son introduction a ouvert la voie à un enrichissement notable de la notion d'utilité, en lui conférant une dimension additionnelle : le temps. Pour maximiser leur fonction d'utilité espérée, les agents économiques formulent des hypothèses au sujet de la réalisation future de variables économiques connues. La version de l'anticipation rationnelle promue par Muth [1961] établit que les agents « connaissent la vraie loi de probabilité des prix pour toutes les périodes futures », ce à quoi Lucas et Sargent [1981] ont par la suite adjoint la possibilité que les fonctions d'utilité puissent être immédiatement réévaluées lorsqu'elles sont soumises à des déformations aléatoires⁸².

À partir de ce corpus d'hypothèses, de nombreux travaux majeurs de modélisation économique ont pu être menés : c'est par exemple ainsi que la dynamique de recherche du « prix fantôme » décrite par Samuelson [1965] a quantitativement réactualisé la description de la « main invisible » par Smith. Forte de telles méthodes, l'économie a pu alors produire une théorie financière des marchés, fondée sur un ensemble d'hypothèses néo-positivistes fortes (rationalité parfaite, arbitrage, distribution gaussienne des rendements⁸³...), et constituant aujourd'hui un champ scientifique à part entière [Jensen, 1978].

Loin de constituer une rupture épistémologique, l'étude des processus de marché s'inscrit à notre sens dans une filiation claire vis-à-vis des sciences économiques mathématisées, dont elle hérite de nombreux concepts. La modélisation des processus de marché néglige cependant ce qu'il se produit au niveau des agents économiques pour s'intéresser à la résultante phénoménologique

⁸⁰ Cité par Joseph BERTRAND, *Calcul des probabilités*, Paris, 1888.

⁸¹ Une anticipation dite parfaite implique l'absence d'incertitude à propos des états du monde à toute date future. Introduit plus rigoureusement par John Muth [1961] et développé par Robert Lucas et l'école de la Nouvelle Économie Classique, c'est le modèle d'anticipation rationnelle qui a véritablement constitué un tournant dans la prise en compte des états futurs du monde par les agents économiques. Ce modèle stipule que ces derniers ont recours à l'ensemble de l'information disponible et qu'ils fondent leurs visions du monde sur cette base (espérance conditionnelle). Cette vision peut être localement erronée, mais est réputée converger en moyenne vers sa loi de distribution réelle (tolérance à l'erreur dans la réalisation d'anticipations particulières).

⁸² Friedman [1968] plaide pour sa part pour une version moins radicale de la modélisation de Lucas et Sargent, considérant que les ajustements sont eux-mêmes inscrits dans le temps (hypothèse des « anticipations adaptatives »).

⁸³ Cf. Partie 1.4 – « Dompter le hasard : hypothèses de construction en théorie des marchés ».

de leurs choix et interactions exprimée en termes de prix. Autrement dit, elle s'intéresse principalement au *hasard neutre* susdit des chroniques de prix pour en dériver des résultats stables et opératoires quant aux systèmes qui les hébergent et les produisent. Nous en présenterons à ce stade deux hypothèses structurantes essentielles : la log-normalité des rendements et le régime stochastique brownien des prix d'actifs.

1.4.3. Lognormalité des rendements

Étudiant les propriétés de la factorielle $n!$, Abraham de Moivre est l'un des premiers auteurs à avoir traité des caractéristiques de la loi statistique dite « normale », qui apparaît – en vertu du Théorème Central Limite⁸⁴ – comme la limite de la loi binomiale observée par exemple dans le cadre de jeux d'itérations de lancers de pièces [De Moivre, 1718]. Ce théorème bien connu est devenu essentiel en sciences physiques, car il permet d'estimer le niveau d'erreur résultant de la conjonction d'incertitudes météorologiques concernant une grandeur donnée⁸⁵, lorsque les erreurs sont commensurables entre elles (en nature et en valeur) et indépendantes les unes des autres. Il est convoqué dès les travaux séminaux de Louis Bachelier [1900] portant sur l'analyse mathématique de la « spéculation ». Bachelier postule que les processus de marché procèdent d'une progression temporelle aléatoire se traduisant par une indépendance des variations de prix entre elles (absence de tendance), une distribution identique de ces dernières et une variance finie des accroissements⁸⁶. Sous réserve que l'on puisse observer des séries de prix suffisamment longues et uniformément réparties dans le temps il paraît en conséquence légitime de leur appliquer le Théorème Central Limite ; la distribution de tels rendements devra alors correspondre à une loi gaussienne.

Si les travaux de Bachelier sont les plus fréquemment cités pour avoir fixé le corpus d'hypothèses standard à partir duquel s'est subséquentement structurée la modélisation des processus de marché, il faut préciser que l'on retrouve en fait l'hypothèse de normalité, couplée à l'indépendance des accroissements, conjecturée plus tôt chez Regnault [1863] dans le cadre du formalisme binomial appliqué aux mouvements de prix d'origine spéculative. On peut de ce fait dire, avec Cootner, que « l'étude des valeurs spéculatives a connu son heure de gloire au moment de sa conception⁸⁷ », tant – il est vrai – que ses hypothèses fondamentales ont subsisté malgré les

⁸⁴ Techniquement, on exprimera ce résultat de la manière suivante : sur un espace de probabilités donné, la somme de toute suite de n variables aléatoires X_1, \dots, X_n indépendamment et identiquement distribuées (iid) suivant une même loi qui admet une espérance μ et un écart-type σ finis ($\sigma \neq 0$), converge asymptotiquement vers la loi normale $N(n\mu, n\sigma^2)$.

⁸⁵ C'est d'ailleurs pour cette raison que le théorème de Laplace-Gauss est aussi appelé « Loi des erreurs ».

⁸⁶ Un accroissement désigne la grandeur algébrique $p_{t+1} - p_t$, quel que soit t .

⁸⁷ [Cootner, 1964] (traduction personnelle).

invalidations empiriques ou théoriques qui ont par la suite émaillé l'histoire financière des XX^e et XXI^e siècles⁸⁸.

Plus exactement, l'hypothèse cristallisée n'est pas celle, susdite, de la normalité des accroissements $(p_{t+1}-p_t)$, mais de la normalité du logarithme des rendements $(\log(p_{t+1}/p_t))$. En effet, il convient d'observer que, quelle que soit la nature des actifs sous-jacents aux processus de marché considérés⁸⁹, que ces derniers soient des actions, des matières premières ou des devises notamment, leur valeur ne peut théoriquement être inférieure à 0. Dans le cas d'actions, cette borne inférieure est établie par la responsabilité limitée des actionnaires qui ne sont pas solidaires des dettes de leur entreprise et dont les pertes ne peuvent donc excéder le montant de leur investissement initial. Par convention, la valeur d'une devise doit rester positive car sa détention n'est pas coûteuse (absence de coût de portage) et sa défausse normalement non entravée⁹⁰. Dans le cas d'une matière première, on peut en revanche tout à fait envisager une situation critique où la demande sur le marché deviendrait très faible⁹¹ (assèchement asymétrique de la liquidité au niveau de la demande) et où les détenteurs se verraient contraints de vendre à prix négatifs de manière à compenser leurs coûts de portage (assurances, destruction des stocks, etc.). Mais une telle situation ne saurait être que transitoire et exceptionnelle⁹². La règle exigeant que les prix ne soient jamais négatifs vient en contradiction avec l'équipartition des mouvements de prix à la hausse et à la baisse supposée par Bachelier. C'est cette observation due à Osborne [1959] qui a conduit à ne plus traiter des distributions des variations de prix, mais le logarithme de leurs rendements⁹³, qui est une grandeur intensive⁹⁴ (non dimensionnelle) répondant également aux hypothèses de construction avancées par Bachelier.

De nombreux travaux empiriques [Hull, 1999] ont depuis montré que les rendements d'actifs tendraient au premier ordre à se conformer à ces hypothèses, c'est-à-dire en particulier que pour un actif donné, quel qu'il soit, la distribution du logarithme de ses rendements répondrait à une loi gaussienne. Ce résultat prévaut encore de manière paradigmatique en théorie des marchés et ce, malgré certaines objections vigoureuses, dont celles défendues par Nicholas N. Taleb [2007]

⁸⁸ Certaines de ces remises en cause feront l'objet d'une discussion critique tout au long du présent essai.

⁸⁹ Comme nous l'avons déjà précisé, nous excluons ici les titres à revenus fixes (*fixed income assets*).

⁹⁰ On peut bien sûr imaginer un cas hypothétique limite où la détention d'une devise deviendrait par exemple arbitrairement illégale et entraînerait une contrainte de défausse. L'approche ordinaire ne le considère pas.

⁹¹ La découverte d'un gisement énergétique illimité, propre et accessible en tous lieux aurait cet effet sur le marché du gaz par exemple (sous réserve que l'énergie découverte puisse satisfaire toutes les applications industrielles dévolues au gaz).

⁹² Lors du dernier jour de cotation du contrat *future* « Mai 2020 », le pétrole (référence américaine WTI) a pendant quelques heures été négocié à prix négatifs, en raison de l'asphyxie des infrastructures de stockage liée à la crise de la Covid-19. Cette configuration inédite illustre l'argument – théorique au moment de la rédaction de nos travaux – que nous avons dûment anticipé.

⁹³ On notera que Sprenkle développe et étend les travaux de Bachelier sur cette base dès 1961 [Haug et Taleb, 2010].

⁹⁴ À ce sujet, Deleuze [1978] précise, dans sa *Deuxième leçon sur Kant* : « - Qu'est-ce que c'est une quantité intensive ? C'est ce qui remplit l'espace et le temps à tel ou tel degré. [...] On voit tout de suite la différence entre quantité extensive et quantité intensive puisqu'un même espace extensif pourra être également rempli à des degrés divers. »

à la suite de Mandelbrot⁹⁵. Si la gaussienne présente bien généralement des similarités de forme avec les distributions réelles des log-rendements, elle ne saurait en effet adéquatement les décrire (cf. Fig. B). D'une part, parce que la kurtosis⁹⁶ d'une loi normale ne permet pas de tolérer la survenue de certains événements rares de grande amplitude pourtant observés en pratique (la crise de 1987 a ainsi vu des mouvements journaliers de l'ordre de 10 écarts types se produire, ce qui est en théorie de l'ordre de l'impossible⁹⁷). D'autre part parce que, plus globalement, la distribution gaussienne rend très mal compte de l'organisation fine de ses queues et par conséquent de la réalité du *risque distant* loin des variations de prix usuelles de faible ou de moyenne amplitude. Or, Samuelson l'observait déjà en 1972, affirmant que les « distributions ultra-étirées se manifestent fréquemment en économie⁹⁸ ».

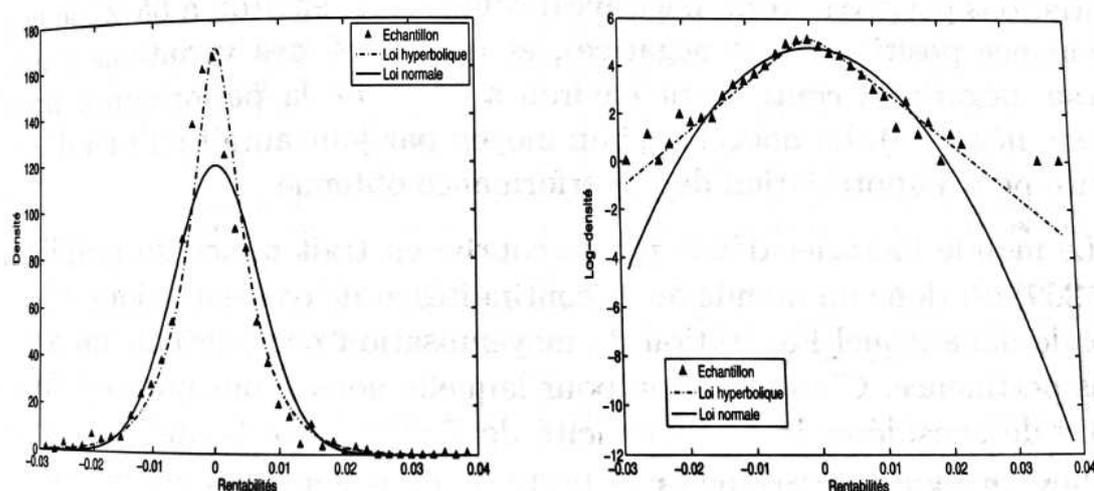


Fig. B – Comparaison entre les données théoriques et empiriques relatives à l'action BNP Paribas (Source : [Le Courtois et Walter, 2012]).

En biologie Bravi et Longo [2015] estiment par ailleurs que la loi des grands nombres – en vertu de laquelle il est établi que les tirages de variables aléatoires s'éloignent rarement de leurs distributions de probabilité⁹⁹ – et plus précisément le théorème central limite sont souvent

⁹⁵ *Op. cit.*

⁹⁶ Ou « coefficient d'aplatissement » et que l'on calcule comme le moment centré d'ordre 4 caractérisant la distribution de la variable aléatoire de log-rendement, et qui quantifie l'épaisseur des queues de distributions ; plus précisément on préférera qualifier la kurtosis de mesure de la concentration de la densité de probabilité loin de la moyenne. Pour une loi normale ce coefficient vaut 3.

⁹⁷ Mandelbrot rappelle que la probabilité d'un tel événement est de l'ordre de 10^{-23} dans le cadre de la représentation gaussienne.

⁹⁸ Cité par Walter [2004], p. 151.

⁹⁹ La loi des grands nombres permet de lier fréquence de réalisation d'essais empiriques et probabilité des phénomènes pour de grands ensembles. Le théorème central limite traite de la vitesse de convergence de cette loi.

abusivement utilisés dans la mesure où les événements étudiés y sont en fait généralement intercorrélés (non-respect de l'hypothèse d'indépendance des « épreuves »). À la différence de Galilée qui, dans ses *Dialoghi sopra i massimi sistemi*, considérait qu'il était légitime de procéder au moyennage des erreurs d'observation en sciences physiques, il importe de noter que l'on peut en biologie accroître la variabilité de l'ensemble observé en élargissant l'échantillon considéré. Ce résultat tout à fait fondamental, bien que d'abord contre-intuitif, relève de la possibilité accrue de survenue d'événements très singuliers à mesure que le champ d'exploration de l'aléatoire en jeu s'accroît (surgissements phénotypiques par exemple : apparitions de nouvelles espèces, caractéristiques physiologiques inédites, etc.).

Nous considérons cette objection également valable dans le champ de l'économie et des processus de marché qui en dérivent. Plus généralement nous adoptons une posture critique vis-à-vis de l'hypothèse de normalité à plusieurs titres, position qui sera l'objet de développements ultérieurs. Nous défendons cette thèse en premier lieu parce qu'il est possible de montrer par des méthodes de régression statistique qu'il peut exister un lien entre un rendement à l'instant t et certains événements passés (p. ex. « écarts de prévisions » des jours précédents¹⁰⁰) ou en fonction de configurations particulières (p. ex. tendance à la hausse ou baisse des rendements selon le jour de la semaine) [Fortune, 1991]. Ensuite, parce que si le processus aléatoire ε_{t+1} est supposé non (ou faiblement) auto-corrélé, il peut en aller tout à fait différemment du carré de ce processus¹⁰¹. On peut notamment observer des interdépendances temporelles dans la variabilité des rendements, et non des rendements eux-mêmes. En outre, même si la log-normalité peut être empiriquement vérifiée sur des intervalles moyens en régime *normal*, cette propriété se dégrade fortement lorsque des phénomènes de crises se produisent, ces derniers s'accompagnant de fortes re-corrélations des rendements, ainsi que de leurs variabilités. Enfin, et nous l'avons dit, l'élargissement de la base d'observation induit un épaississement des queues de distribution, comme en biologie, par l'adjonction de cas singuliers accroissant la dispersion d'ensemble du système considéré.

Pour autant, il faut constater que l'hypothèse de log-normalité des rendements perdure théoriquement en raison notamment de sa commodité modélisatoire (elle permet le calcul par approximation et est conceptuellement simple à manipuler). Or, cela n'est pas sans impact sur l'appréhension épistémologique de la notion même de risque sur les marchés financiers. Il suffit pour s'en convaincre de constater par exemple que la volatilité (variabilité des rendements) qui en est une mesure paradigmatique n'est autre que la racine de la variance des rendements ;

¹⁰⁰ On définit l'écart de prévision ε_{t+1} concernant le prix S_{t+1} vue du jour t , de la manière suivante : $\varepsilon_{t+1} = S_{t+1} - E_t[S_{t+1}]$, où $E_t[S_{t+1}]$ désigne l'espérance de la valeur de S_{t+1} à cet instant.

¹⁰¹ Dans le premier cas nous pourrions écrire que pour tout $l \neq 0$, $Cov[\varepsilon_t; \varepsilon_{t-l}] \approx 0$; dans le second : pour tout $l \neq 0$, $Cov[\varepsilon_t^2; \varepsilon_{t-l}^2] \neq 0$.

autrement dit, un héritage direct de la représentation gaussienne de la dynamique des processus de marché. Techniquement, la volatilité quantifie la variabilité desdits processus et de ce fait se situe au cœur de leur modélisation stochastique brownienne.

1.4.4. Régime stochastique brownien

Pour faire des mathématiques en finance, il faut « envelopper [les] trajectoires[s] dans un processus aléatoire » énonce Bouleau [2013a]. Considérant les changements successifs des prix de marchés comme des variables aléatoires indépendantes et gaussiennes (cf. *supra*), Bachelier¹⁰² modélise les processus de marché comme des mouvements browniens (processus à marche aléatoire), au moment où Lebesgue¹⁰³ et Borel¹⁰⁴ établissent leurs résultats fondamentaux relatifs à la mesure. Si la théorie fine des processus stochastiques n'a été véritablement développée qu'à partir des années 1920 et 1930 avec l'étude des processus à temps continu de Kolmogorov et avec les travaux sur les mathématiques du mouvement brownien de Wiener [1923], l'intuition de Bachelier a constitué, à n'en point douter, une véritable rupture épistémologique et conceptuelle dans l'appréhension du hasard à l'œuvre et quant aux modalités de sa manipulabilité calculatoire.

Un processus stochastique correspond à un ensemble discret ou continu de variables aléatoires évoluant dans le temps, et bien qu'en réalité les séries de prix soient discrètes¹⁰⁵, la théorie suppose leur dynamique continue. On qualifie par ailleurs les processus de marché de markoviens dans la mesure où l'on considère que leur évolution à l'instant $t+1$ n'est conditionnée que par toute l'information disponible en t ¹⁰⁶.

Sur ces bases, on établit que la dynamique temporelle d'un actif financier peut être modélisée par un processus de Wiener généralisé¹⁰⁷, qui n'est autre qu'une extension du processus de Wiener standard (ou « mouvement brownien »). Un processus de Wiener standard noté W est un processus de Markov continu dont l'espérance de croissance est nulle, la variance annuelle égale à 1 et dont les accroissements sur tout intervalle de temps court Δt sont indépendants les uns des autres. Sur un tel intervalle, on considère que W est distribué selon une loi normale d'espérance nulle et de variance Δt . Soit S le prix observé en t d'un actif donné, son équation de diffusion s'écrira canoniquement

¹⁰² *Ibid.*

¹⁰³ Voir par exemple [Hawkins, 1970].

¹⁰⁴ Pour une présentation historique détaillée, cf. par exemple [Bouleau, 2000] et [Bouleau, 2013].

¹⁰⁵ Voir à ce sujet la partie 5.2 – « Temps propres et cyclicités des systèmes économiques ».

¹⁰⁶ Un processus de Markov de valeurs $\{X_j\}$, présente la propriété suivante : $P(X_{n+1} = x \mid X_0, X_1, X_2, \dots, X_n) = P(X_{n+1} = x \mid X_n)$.

¹⁰⁷ Nous ne rappellerons ici que succinctement les concepts (épistémologiquement) utiles à notre argumentation. De nombreux manuels académiques pourront être consultés à profit. Voir par exemple l'exposé didactique de Lamberton et Lapeyre [1997].

$$dS = \mu S dt + \sigma S dW \quad [F1],$$

où μ et σ représentent respectivement la constante de dérive (*drift*) et la volatilité du processus de prix. Le rendement dS/S dépend donc des effets conjugués d'une composante tendancielle déterministe ($\mu \cdot dt$) et d'un terme stochastique ($\sigma \cdot dW$).

Si V est un instrument dérivé¹⁰⁸ dont la formule dépend de S , en appliquant le lemme d'Itô¹⁰⁹, on aboutit à l'équation générique :

$$\Delta V = \left(\frac{\delta V}{\delta S} \mu S + \frac{\delta V}{\delta t} + \frac{1}{2} \sigma^2 S^2 \frac{\delta^2 V}{\delta S^2} \right) \Delta t + \frac{\delta V}{\delta S} \sigma S \Delta W \quad [F2],$$

à partir de laquelle on établit l'Équation aux Dérivées Partielles (EDP) de Black et Scholes (BS) [1973] :

$$\frac{\delta V}{\delta t} + \sigma^2 S^2 \frac{1}{2} \frac{\delta^2 V}{\delta S^2} + r S \frac{\delta V}{\delta S} - r V = 0 \quad [F3],$$

dont la résolution a permis de déterminer analytiquement – au prix d'hypothèses structurantes¹¹⁰ – les formules de prix des options d'achat et de vente, instruments de base de la finance de marché contemporaine. Parce qu'il est réputé présenter des propriétés statistiques stables, le hasard des processus de marché peut ainsi être mis en équation dont la résolution conduit à obtenir des formules analytiques (dites « formules fermées ») relatives aux valeurs d'instruments dérivés des prix d'actifs, et ce, malgré le régime de stochasticité qui les caractérise.

L'équation [F3] met en évidence la dépendance du prix d'un instrument dérivé V quelconque (option, contrat à terme, etc.) à différents facteurs que la théorie désigne par des lettres grecques (dites les Grecques) :

- La *Thêta* correspond à la sensibilité du prix à l'écoulement du temps.

¹⁰⁸ On appelle instrument dérivé toute produit financier dont le prix s'exprime comme une fonction univoque du prix d'un ou de plusieurs actifs, dits actifs « sous-jacents ».

¹⁰⁹ Pour plus de détails quant aux concepts mathématique et modélisatoire ici employés on pourra utilement se référer à [Hull, 2011]. Une démonstration mathématique plus rigoureuse pourra être consultée dans [Lamberton et Lapeyre, 1997].

¹¹⁰ S suit une loi log-normale, il est possible de vendre à découvert sans restriction, aucun coût de transaction n'est pris en compte, il y a Absence d'Opportunité d'Arbitrage (AOA) sur le marché considéré, ce dernier est continu et le taux d'actualisation est fixe et déterministe.

- La volatilité ne s'exprime pas comme une sensibilité mais se calcule comme l'écart-type des rendements de l'actif considéré. La notation employée est toutefois celle d'une lettre grecque¹¹¹ (*Sigma*).
- Le *Delta* est la sensibilité la plus évidente dans la mesure où elle s'établit comme la dérivée partielle du prix de l'instrument par rapport à une variation du prix de l'actif sous-jacent. Il quantifie un risque directionnel dit de « premier ordre¹¹² ».
- À partir du *Delta* que l'on dérive par rapport au prix de l'actif sous-jacent on peut obtenir le *Gamma* (dérivée seconde par rapport au prix du sous-jacent). Il correspond pour sa part à un risque dit de « convexité » de deuxième ordre.

Le prix d'un instrument dérivé dépend de ces paramètres essentiels, à l'origine – comme nous le verrons – des méthodes de gestion et d'ingénierie du risque en théorie financière¹¹³.

¹¹¹ La sensibilité pertinente correspondante est appelée *Vega* (qui n'est pas à proprement parler une lettre grecque) et qui désigne la dérivée partielle du prix de l'instrument par rapport à la volatilité.

¹¹² On retrouve ces Grecques de premier, deuxième et ordres supérieurs en effectuant un développement de Taylor de la valeur du portefeuille envisagée comme fonction de ces différents facteurs de risque (et de leurs opérations croisées).

¹¹³ Nous traitons cette question à différents endroits de la présente thèse. Voir notamment 8.6.2 – « Spéculation interstitielle : la couverture dynamique vue comme *technè* d'absorption et de rétention du risque ».

2. DÉTERMINISME ET PRÉDICTIONNABILITÉ

*Comment s'étaient-ils rencontrés ? Par hasard,
comme tout le monde.
— Denis Diderot¹¹⁴*

Propos synthétique : Où, après avoir rappelé les origines du paradigme mécaniciste en sciences économiques, nous traitons de l'articulation entre hasard et causalité au sein et en dehors des systèmes physiques. Plus particulièrement, nous nous intéressons aux possibilités et limites d'une position philosophique prônant le déterminisme dans le cadre de la complexité singulière des systèmes organisés du vivant.

2.1. Paradigme mécaniciste et lois de la nature

Dans *La formation de l'esprit scientifique*, Gaston Bachelard [1938] distingue trois phases dans l'évolution historique des sciences. La première – dite « ère préscientifique » – prend racine dans l'Antiquité classique et se déploie jusqu'au XVII^e siècle ; elle se caractérise par une approche littéraire, érudite et descriptive des savoirs. Elle met en outre parfois en jeu un lien particulier de nature morale entre l'observateur et la matière qu'il observe (principe « alchimique ») ; il faut en effet attendre l'époque justinienne pour qu'en droit, les choses cessent d'être parées de vertus magiques, voire de personnalité [Mauss, 1925] et deviennent des biens inertes. On peut considérer que l'ère préscientifique s'achève avec la formulation des lois universelles du mouvement par Newton dans ses *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*¹¹⁵ amorcée par les travaux en mécanique céleste de Galilée et de Kepler qui marquent l'avènement de la méthode théorico-expérimentale plus rigoureuse de l'« ère scientifique ».

C'est à ce moment que la physique commence à s'imposer non seulement en tant que norme de scientificité mais aussi comme idéal de rationalité [Soler, 2009]. L'empirisme d'abord magique puis observationnel de l'ère préscientifique se voit de la sorte progressivement supplanté par le

¹¹⁴ Denis DIDEROT, *Jacques le Fataliste et son maître*, 1796.

¹¹⁵ Isaac NEWTON, *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, Londres, 1686.

modèle nomologico-déductif qui prévaut encore aujourd'hui. Ce dernier devient un paradigme d'exploration rigoureuse du monde ; c'est sur cette base que se fonde le positivisme au XVIII^e. Bien que Comte [1883] reconnaisse la complexité particulière des sciences de l'homme, il estime possible la fondation d'une « physique sociale »¹¹⁶ rigoureuse prenant « [...] pour objet propre l'étude des phénomènes sociaux, considérés dans le même esprit que les phénomènes astronomiques, physiques, chimiques et physiologiques, c'est-à-dire assujettis à des lois naturelles invariables, dont la découverte est le but spécial de ses recherches. » De toute évidence, Comte fait écho à l'exhortation d'Helvétius [1758] à « faire une morale comme une physique expérimentale » et inspire Durkheim [1894] lorsque ce dernier propose de baser la méthode sociologique sur les « faits [traités] comme des choses », réalisant par exemple son étude du phénomène de suicide à partir de considérations d'ordre statistique.

L'homme replacé au centre du monde par l'humanisme de la Renaissance était jusqu'alors transcendé par un divin envisagé comme la condition première de sa destinée. La rupture épistémologique dont Bachelard rend compte heurte singulièrement cette conception en faisant de l'homme un objet d'étude comme les autres, également accessible à la raison. Elle rejette ainsi la question métaphysique à un niveau infra-conceptuel en posant le primat de la science dans la compréhension des faits du monde, nonobstant leur type ou leur nature.

Dans ce contexte, la raison et ses méthodes doivent permettre d'observer, de consigner et de décrire des « lois de la nature » qui s'appliquent universellement, dans un cadre de définition correctement posé (espace des phases¹¹⁷ cartésien). Ces lois doivent s'articuler de façon cohérente – le présupposé kantien *a priori* de temps et d'espace étant donné comme substrat épistémologique fondamental – en vertu des règles du formalisme logico-mathématique ; ensemble elles constituent l'armature de l'édifice de « géométrisation théorique¹¹⁸ » qui caractérise l'ère scientifique bachelardienne, ère dite du « concret-abstrait ».

Essentiellement empirique, descriptive et politique, l'économie des origines ne se distingue pas des autres disciplines quant à son cheminement épistémologique¹¹⁹. L'approche de l'École marginaliste marque son tournant *positiviste* ; Jevons et Walras élaborent dans ce cadre une théorie (dite « néo-classique ») sur la base des lois mathématisées de l'économie politique pure. Ce programme se propose d'étudier la résultante des interactions transactionnelles sous un régime hypothétique de concurrence parfaite au travers de la maximalisation des fonctions d'utilité

¹¹⁶ Comte fait référence à la sociologie, ce qui lui vaudra plus tard d'être considéré comme le précurseur de la forme moderne de cette discipline.

¹¹⁷ On qualifiera « d'espace des phases » d'un système l'ensemble de ses observables, de leurs états possibles et, par extension, des lois qui lui sont applicables.

¹¹⁸ [Bachelard, 1938].

¹¹⁹ Quelques grands jalons ont été donnés en Partie 1.4.2 – « Mathématisation en sciences économiques, quelques grands jalons vers la modélisation financière ».

individuelle, et d'en déduire des équilibres généraux relatifs à la « richesse sociale ». Il s'agit là d'étudier les conditions d'atteinte d'états statiques au sein des systèmes économiques, par le truchement de l'analyse de ses grands observables (production, crédit, capitalisation et circulation) [Reix, 1980].

L'influence de l'approche conceptuelle mécaniciste sur les pères du marginalisme est telle que Walras [1874] use de références directes au système gravitationnel de Newton dans ses *Éléments d'économie pure*. C'est même, comme le rappelle Bouleau [2015], le recours à la mathématisation mécaniciste qui marque le dépassement de l'économie classique de Ricardo, Smith et Say, auxquels on doit, dans le contexte singulier de l'émergence de l'industrie britannique, la théorisation des dynamiques de production, de formation des prix et des revenus à partir de considérations principalement observationnelles. Dans la droite ligne de la démarche marginaliste, considérant le primat des interactions sur les particularismes des trajectoires individuelles dont elles découlent, le programme de recherche en éconophysique de Mantegna et Stanley [1999] se propose d'appliquer directement les méthodes et hypothèses (transition de phase, états hors équilibre, etc.) de la physique statistique à l'étude des systèmes complexes économiques. Une telle démarche illustre la prégnance toujours vivace de l'approche néo-classique sur l'économie « orthodoxe » contemporaine.

Un siècle plus tôt, Bachelier ne s'inspire, quant à lui, pas d'autre chose que de la mécanique statistique boltzmanienne lorsqu'il décrit en 1900 le mouvement brownien caractérisant la nature des trajectoires temporelles des actifs économiques qu'il prend pour objet d'étude. Il lui emprunte, non seulement son formalisme, mais également certaines de ses hypothèses les plus structurantes. Ce faisant il alimente et contribue durablement à façonner l'imaginaire¹²⁰ même des praticiens et théoriciens de la discipline.

À ce titre, il est intéressant de noter que l'équation paradigmatique de Black, Scholes et Merton qui étend et généralise les travaux de Bachelier n'est autre qu'une équation d'advection-diffusion-réaction¹²¹ de la forme de celles que l'on trouve en sciences physiques pour modéliser des phénomènes aussi variés que l'écoulement de fluides (équation de Navier-Stokes) ou la morphogénèse d'agrégats biomoléculaires¹²².

L'approche mécaniciste domine et structure la pensée scientifique jusqu'à l'aube du XX^e siècle, subissant les lourdes remises en question portées par les coups de boutoir massifs de la physique

¹²⁰ L'imaginaire étant ici entendu au sens d'un certain agencement des représentations et des systèmes de pensée qui les manipulent.

¹²¹ Le terme de diffusion caractérise la dispersion des entités « particulières » considérées ; la convection relève pour sa part du mouvement de ces « particules » au sein du fluide qui les contient. Enfin, le terme de réaction permet de tenir compte des effets des interactions qui mènent à l'apparition ou à la destruction d'entités « particulières ».

¹²² La formation des vaisseaux lymphatiques relève d'une telle modélisation. Voir par exemple [Wertheim et Roose, 2017].

quantique et de la mécanique relativiste. Ces champs de recherche ont sonné le glas de l'expérimentation et de l'observation posées en propédeutiques méthodologiques, consacrant l'avènement de l'abstraction comme moyen de production gnoséologique privilégié. Certaines sciences humaines voient leurs fondements questionnés dans un même mouvement ; la psychophysique des physiologistes allemands des XVII^e et XIX^e siècles cesse, dans ce contexte, de prévaloir au moment où la révolution psychanalytique commence à poindre. D'autres, au contraire, se dissocient épistémologiquement en persistant à répondre préférentiellement au schéma de l'ère scientifique : c'est à notre sens le cas de l'économie et de la finance pour lesquelles il s'agit encore aujourd'hui de poursuivre l'exploration technique des opportunités que peut produire la sophistication mathématique en termes d'acquisitions de connaissances.

La bascule opérée au tournant du siècle dernier vers ce que Bachelard qualifie d'ère du « nouvel esprit scientifique », traduit l'aporie d'une appréhension à ce point rationnelle du monde qu'elle pourrait ou devrait pouvoir l'expliquer dans son ensemble. Elle ouvre le champ à une nouvelle attitude scientifique qui tente de circonscrire, voire de dépasser ses propres limites par le recours central à la pensée abstraite et conceptuelle. Cette rupture survient en cohérence avec la prophétie *ignorabimus* de Bois-Reymond¹²³, selon lequel il est question de reconnaître les frontières de la science et d'accepter ce que « nous ne savons pas et [ce que] nous ne saurons jamais ».

Il faut observer que la recherche en économie, comme la biologie en un sens, se scinde en une approche orthodoxe qui vise essentiellement à raffiner la démarche néo-classique (école « computationnaliste » en biologie), et une conception hétérodoxe qui en condamne le systématisme jugé réducteur, sous l'influence notable de l'école autrichienne à la fin du XIX^e siècle^{124,125}. En raison du haut degré de mathématisation et de normalisation auquel elle se soumet, la finance – si elle ne déroge pas à ladite dichotomie entre *orthodoxie* et *hétérodoxie* – tend à majoritairement plébisciter la première approche plutôt que la seconde. C'est en tout cas de la sorte qu'elle a pris corps depuis la seconde moitié du XX^e siècle notamment, et qu'elle continue de déployer son arsenal théorique aujourd'hui¹²⁶. La modélisation du hasard précédemment présentée s'inscrit dans cette tentative orthodoxe de circonscrire un phénomène complexe au moyen d'hypothèses simplificatrices usuellement convoquées en sciences physiques. Elle illustre en outre l'influence du paradigme mécaniciste dans l'approche scientifique déployée et témoigne

¹²³ « *Ignoramus et ignorabimus* », dans [Du Bois-Reymond, 1872].

¹²⁴ Voir par exemple les travaux de Menger [1883].

¹²⁵ L'édifice conceptuel marxiste lui-même est tout entier empreint d'influence physicaliste, dans la vision pragmatique qu'il défend, comme dans les concepts épistémologiques qu'il mobilise.

¹²⁶ Il convient néanmoins d'observer que l'émergence concomitante des théories de la complexité n'a néanmoins pas été sans effet sur le déploiement d'approches scientifiques alternatives [Colander *et al.*, 2004].

d'un parti pris « réductionniste » implicite dont nous allons tâcher de rendre désormais compte en traitant de la question centrale de l'articulation entre hasard et prédictibilité au sein des systèmes économiques en général et de leur versant transactionnel financier en particulier. Pour ce fait, nous disserrerons en premier lieu des enjeux différenciés relatifs à la causalité au sein des systèmes déterministes (répondant essentiellement au paradigme mécaniciste susdit) et des systèmes dits « complexes » qui nous occupent.

2.2. Enjeux généraux de la causalité

2.2.1. Hasard et causalité

Dans sa *Physique*, Aristote¹²⁷ lie démarche scientifique et recherche des causes en toutes choses communes, causes dont il identifie quatre variétés : la cause matérielle (la matière dont les choses sont faites, la *hylè*), la cause efficiente (l'agent ou l'événement qui en est à l'origine, *è archè tèè kineseôs*), la cause formelle (l'essence même d'une chose, ce qu'elle est, son *eidos*) et la cause finale (ce à quoi la chose est destinée, *to hou eneka*). Si la cause finale est affaire de métaphysique, les trois autres causes sont bien du domaine du savoir scientifique selon Aristote.

« Puisque le fait de hasard n'est ni constant ni nécessaire, la démonstration ne s'y appliquera pas¹²⁸ » précise-t-il par ailleurs ; c'est ainsi que le hasard se voit rejeté en dehors du champ de l'appréhension logique. Le hasard ne relève pas pour autant d'une absence de cause pour Aristote, ce dernier concédant un espace légitime à la pratique de la science dans la recherche de celle-ci. Dans la lignée d'Aristote, les scolastiques considèrent que connaître, c'est être en mesure de saisir les *causes nécessaires* (non accidentelles), inscrivant de fait causalité et hasard dans une relation de conditionnement étroite. Toutefois, nombre de causes profondes étant inaccessibles à l'entendement humain, la science a très tôt privilégié la recherche de la *causa formalis* au travers de l'expression des « lois régissantes » de la nature¹²⁹.

Dans l'Appendice de la première partie de son *Éthique*, Spinoza [1677] développe et précise la conception aristotélicienne du hasard au travers d'un *topos* resté célèbre :

¹²⁷ ARISTOTE, *Physique* A 1, 184a, 10.

¹²⁸ ARISTOTE, *Seconds Analytiques*, I, 2, 15, éd. traduite et établie par TRICOT Jules, Paris, Vrin, 1970 et Aristote, *Seconds Analytiques*, I, 30, 25, *ibid.*, p. 146.

¹²⁹ À propos des opinions vraies, Socrate s'est ainsi entretenu avec MÉNON (PLATON, *Ménon* cité dans [Anderl et al., 2002]) : « celles-ci également, tant qu'elles demeurent, il faut se féliciter, car elles ne produisent que des avantages ; mais elles ne consentent pas à rester longtemps et s'échappent bientôt de notre âme, de sorte qu'elles sont de peu de valeur, tant qu'on ne les a pas enchaînées par un raisonnement de causalité. [...] Les a-t-on enchaînées, elles deviennent sciences. »

Car si par exemple, une pierre est tombée d'un toit sur la tête de quelqu'un, et l'a tué, c'est de cette manière qu'ils démontreront que la pierre est tombée pour tuer l'homme. En effet, si ce n'est pas à cette fin, et par la volonté de Dieu, qu'elle est tombée, comment tant de circonstances (il y faut souvent, en effet, le concours de beaucoup) ont-elles pu se trouver concourir par hasard ? Tu répondras peut-être que c'est arrivé parce que le vent a soufflé, et que l'homme passait par là. Mais ils insisteront, pourquoi le vent a-t-il soufflé à ce moment-là ? pourquoi l'homme passait-il par là à ce même moment ? Si de nouveau tu réponds que le vent s'est levé à ce moment-là parce que la mer, la veille, par un temps encore calme, avait commencé à s'agiter ; et que l'homme avait été invité par un ami ; de nouveau, ils insisteront, car poser des questions est sans fin, et pourquoi la mer s'était-elle agitée ? pourquoi l'homme avait-il été invité pour ce moment-là ? et c'est ainsi de proche en proche qu'ils ne cesseront de demander les causes des causes, jusqu'à ce que tu te réfugies dans la volonté de Dieu, c'est-à-dire dans l'asile de l'ignorance.

Opérant une régression à l'infini de la chaîne des causalités, Spinoza se voit contraint d'en revenir à la cause primordiale de toute chose : le hasard métaphysique d'ordre divin, lieu de l'inconnaissance *par essence*. La stratégie rhétorique dilatoire de Spinoza mène à une aporie évidente, en ceci que même si l'on peut exposer les causes de chacun des sous événements (la chute de la tuile et le passage de l'homme) qui ont conduit à l'accident relaté (l'événement fortuit que constitue la mort de l'homme, entraînée par la chute de la tuile), ce dernier n'en reste pas moins indéterminé quant à ses causes réelles. Il s'agit d'un « fait de hasard » issu de la rencontre contingente de deux séries d'événements certes causalement déterminables mais mutuellement indépendantes, au sens où l'on ne saurait identifier d'intersection de leurs chaînes causales, ou plus prosaïquement de cause commune¹³⁰. En écho à cette intuition spinoziste, Cournot considérera plus tard qu'il y a dans l'absence de solidarité entre diverses séries de causes – aussi bien établies dans leurs enchaînements soient-elles – amenées à se heurter un argument fondamental dans l'appréhension de ce qui fonde catégoriquement le hasard.

Analogiquement, n'est-ce pas là ce qui pourrait caractériser au premier abord une part de l'aléatoire porté par tout processus transactionnel ? Considérant que chaque échange économique émane de la rencontre temporellement ponctuelle de deux volontés particulières dissociées quant à ce qui les détermine, il semblerait en effet que le hasard à l'œuvre présente, en première approche, quelque conformité formelle à une conception de cet ordre. La causalité est donc affaire d'« interconnexité » des événements chez Cournot et Whitehead, ce dernier voyant dans

¹³⁰ On peut aussi penser cette indépendance comme l'absence de lien entre les deux séries d'événements, l'absence de l'une n'affectant pas les conditions de survenue de l'autre. Par ailleurs il faut noter que déploiement de l'une ou l'autre selon des modalités spatiales ou temporelles quelque peu différentes, aurait suffi à produire une issue radicalement dissemblable : la survie du passant par exemple.

l'amalgame de réalités disjointes en une « entité actuelle » nouvelle, une opération de nature causale fondamentale, qu'il nomme « condescence » [Andler *et al.*, 2002].

Adoptant une perspective plus positiviste et mécaniciste, Émile Boutroux envisage la causalité comme le déploiement de « lois de nécessité » et de « lois de changements », celles-ci pouvant être assimilées aux solutions des équations différentielles ou aux dérivées partielles du mouvement en mécanique classique, celles-là pouvant être entendues dans une perspective opérationnelle comme « lois de corrélations causalement nécessaires entre des grandeurs mesurables », ces lois « énon[çant] des dépendances fonctionnelles qui sont vérifiées à tout moment du temps » [Largeault, 1990]¹³¹. La doxa philosophique envisage le hasard en creux, comme « absence de causes ». Largeault [1990] considère plus précisément, et de manière plus satisfaisante, que le hasard est une « privation de cause formelle et de cause finale » – au sens aristotélicien des termes –, l'absence de lois établissant la déficience formelle, et la contingence (au sens de non-nécessité d'occurrence) dans la réalisation des événements liés au hasard réprochant tout argument d'ordre finaliste. C'est à notre sens cela qui permet de caractériser le hasard au regard de l'imprédictibilité qu'il recèle. Dans le cas de la théorie orthodoxe des processus de marché, il importe d'observer que des lois existent, mais uniquement sous la forme particulière de lois statistiques, du type de celles qui définissent le mouvement brownien utilisé pour décrire la marche de l'aléatoire à l'œuvre¹³². Elles sont d'une certaine manière assimilables à « des lois de nécessité » au sens où les variables observées (les prix) sont réputées asymptotiquement suivre la loi normale. Quant aux « lois du changement », elles existent aussi, en espérance, selon les termes définis par l'hypothèse d'efficience stipulant que le meilleur estimateur des prix futurs n'est autre que le prix actuel (au facteur de discount près). En revanche, hors peut-être du champ des heuristiques de l'analyse technique¹³³, il n'y a guère de loi « régissante » à laquelle seraient nécessairement soumis les faits se produisant au sein des systèmes financiers. Il s'agit là de lois qui intègrent par construction une composante aléatoire centrale. Par ailleurs, en théorie, l'indépendance temporelle des rendements se veut témoigner d'une stricte dissociation des événements les uns vis-à-vis des autres, incompatible avec la mise au jour d'une quelconque causalité.

¹³¹ *A contrario* de la critique épiphénoménaliste humienne (il est certes question de régularité et de répétition chez Helmholtz comme chez Hume, mais l'un n'y voit que contingence phénoménale là où l'autre considère la réalité ontologique du lien qui en est à l'origine [ainsi que le relève fort justement Bouveresse]) qui récuse l'existence même de telles lois, Helmholtz [2001] voit pour sa part dans la causalité l'expression de la « régularité présupposée de la nature », ou comme l'analyse Jacques Bouveresse, « le présupposé que la nature obéit à des lois¹³¹ ». Le principe de causalité qu'énonce, quant à lui, Schlick [1925] consiste à considérer qu'un effet doit se traduire par une cause, sans spécifier la nature de cette dernière, mais en affirmant que ce sont bien les lois de la nature qui lient les événements entre eux par un rapport de nécessité. En ceci, il fait écho à la vision de Boutroux et précise la conception de Helmholtz.

¹³² Nous verrons plus loin que d'autres « lois » s'applique en théorie orthodoxe des marchés, notamment celle relative à l'efficience, traduite mathématiquement par des propriétés de martingalité.

¹³³ Même dans ce contexte, il est question de propension et non de causalité stricte.

En effet, d'une manière générale, on peut considérer que la causalité doit pouvoir répondre à au moins l'un des quatre critères de nature analytique qui suivent : la contrefactualité, définie comme le fait qu'un événement c cause un événement e si la privation de c empêche la survenue de e ; la fréquentialité, correspondant à la variation de la probabilité d'occurrence de e quand l'occurrence de c est modifiée ; la processualité, considérant que c cause e s'il existe une transmission de type physique entre c et e ; et la manipulabilité selon laquelle certaines variables décrivant e se trouvent modifiées par une manipulation de c . Ces arguments sont éminemment liés aux conditions de réalisation d'observations de nature expérimentale, voire opératoire, des faits et événements dont on cherche à déterminer le lien de causalité. Ils relèvent de toute évidence d'une vision nomologique des soubassements intimes de la causalité, envisagée comme inscription temporelle d'un lien de nécessité entre événements [Andler, 02]¹³⁴. Si, dans une optique mécaniciste, ces critères suffisent à qualifier la causalité, il convient à notre sens de les enrichir afin de pouvoir rendre compte des phénomènes à l'œuvre au sein des systèmes complexes ; la notion de « causalité différentielle », s'appliquant au premier chef au domaine du vivant, nous semble devoir figurer au rang des raffinements nécessaires à la causalité *classique*.

2.2.2. Causalité différentielle et *enablement*

Si l'inertie et la stabilité correspondent à l'état *naturel* de la matière physique, au sens où cette dernière peut subsister indéfiniment dans le temps sans que « rien ne se passe », il en va tout autrement du vivant, qui n'est que parce qu'il naît, s'éteint, se transforme, se meut et évolue. L'*étant* du vivant dérive directement de la nécessité de sa survie propre et de la pérennité de ses descendance en matière de reproduction. Là où les trajectoires physiques suivent une géodésique d'énergie minimale dans un champ de force et un espace des phases donnés, les trajectoires phylogénétiques de la biologie ne font que *s'accommoder* de la contrainte de maximalisation du rendement de l'énergie déployée. Du fait de son activité et de sa plasticité, le vivant actualise à chaque instant l'enjeu fondamental triple de captation, de rétention et de consommation de l'énergie disponible dans son environnement – la possibilité d'une existence simultanée de plusieurs espèces concurrentes relevant en grande partie de la non-unicité de la solution au problème d'optimalité précédemment évoqué¹³⁵.

¹³⁴ La mécanique statistique a remis en cause la nécessité temporelle du lien de causalité, démontrant que nombre de phénomènes physiques réputés irréversibles ne le sont que relativement au mode d'observation sélectif de la méthode scientifique. À l'infini, il existe une probabilité non nulle pour que la réversibilité opère, défaisant ainsi certaines causalités établies. La causalité n'en est pas pour autant battue en brèche en tant que concept valide, elle est simplement relativisée dans une perspective fréquentiste englobante.

¹³⁵ De même les agents économiques en concurrence pour l'acquisition de ressources financières limitées au sein des écosphères adoptent-ils des stratégies d'action guidées par des enjeux de survie.

Plus précisément, en conséquence du principe d'exclusion réciproque de Volterra-Gause – qui stipule que deux espèces en compétition pour les ressources disponibles au sein d'un hypervolume de Hutchinson¹³⁶ donné, ne peuvent durablement subsister sur la même niche écologique [Gause, 1934] – il apparaît qu'une niche *convient* à un phénotype quand ce dernier y est mieux adapté que toute autre en concurrence (« niche fondamentale ») ou qu'elle se co-construit avec lui (« niche réalisée ») et lui permet de se déployer (notion d'*enablement* [Longo *et al.*, 2012a]). L'existence de « niches réalisées » relève d'une causalité particulière définie par *différence* avec ce que les caractéristiques de l'hypervolume considéré auraient été en l'absence de ce processus de co-adaptation. La causalité dont il est question est qualifiée de « différentielle », en ce sens qu'elle affecte l'espace des phases dans lequel l'espèce considérée évolue et en retour sa trajectoire phylogénétique elle-même : « Les causes affectent “seulement” la dynamique intrinsèque (par défaut) des organismes. Plus précisément [...] les causes différentielles modifient la structure de cohérence en perpétuelle reconstruction des organismes, des niches et des écosystèmes. L'*enablement* est affecté en conséquence : une niche peut ne plus être adaptée à un organisme, ou un organisme ne l'être plus à sa niche¹³⁷ » affirment Longo et Montévil [2013].

L'origine des espèces dépend d'un processus dual de « recombinaison développementale » à partir de l'expression différenciée d'un même patrimoine chromosomique au cours du temps et en fonction de l'environnement, voire de perturbateurs aléatoires exogènes d'une part, et d'accommodation par sélection et conservation des phénotypes adaptés présentant une composante génétique répliquable. West-Eberhard [2005] montre que la « recombinaison développementale » survient quand on peut constater la répétition d'un facteur isolé ou d'un ensemble de facteurs suffisamment *déterminant*. Ce processus ne nécessite pas qu'une mutation survienne dans la mesure où il peut procéder d'un simple réagencement de caractéristiques phénotypiques existantes sélectionnées du fait de leur adéquation à un contexte particulier. C'est notamment ce qu'illustre l'existence de « paires d'espèces parallèles », émergeant à partir d'une dissociation princeps non mutationnelle, mais permise ou contrainte par la différenciation des écosystèmes au sein desquels ces espèces évoluent. Un même matériau génétique conduira alors à des expressions ou des rétractations phénotypiques selon des processus de régulation hétérogènes vis-à-vis de l'environnement. Les contraintes et spécificités de l'environnement ne

¹³⁶ On définit un « n-hypervolume » d'Hutchinson comme un ensemble de points dans un espace de dimension n , chaque axe étant indépendant des autres et représentant une variable biologiquement pertinente pour l'espèce considérée relative aux caractéristiques biophysiques (pression, température, etc.) de l'environnement ou aux ressources qu'il offre (configuration géologique, nourriture disponible, etc.) [Hutchinson, 1957].

¹³⁷ Traduction personnelle de [Longo et Montévil, 2013], p. 14.

causent pas, ni ne déterminent les trajectoires phylogénétiques, mais elles co-conditionnent leurs variations et s'en trouvent modifiées en retour¹³⁸.

Le hasard qui opère au sein des écosystèmes biologiques est également affecté par cette dynamique particulière, et ce, à deux titres : en premier lieu parce qu'il se déploie dans un espace des phases instable et non pré-donné, en second lieu parce qu'il participe aussi à la co-constitution de l'écosystème qui le *contient*¹³⁹. Le niveau de hasard lui-même, en tant que dimension particulière potentielle de l'hypervolume, voit sa morphologie également affectée par ledit processus de co-constitution. Le hasard du vivant (et *a fortiori* celui du social) se dissocie de ce fait du hasard des systèmes physiques dont les espaces des phases, même lorsqu'ils abritent des changements dimensionnels, restent pré-qualifiables du point de vue de leurs observables. Les changements de phases de la physique, sont certes des processus limites, mais ils n'en restent pas moins descriptibles au sein d'une théorie donnée.

2.3. Déterminisme au sein des systèmes classiques

2.3.1. Déterminisme intégral et démon laplacien

« Tout ce qui devient, devient, par quelque chose et à partir de quelque chose, quelque chose¹⁴⁰ » : ainsi Aristote synthétise-t-il une certaine vision de la question du déterminisme, articulée autour des quatre types de causes précitées, dont la formulation presque tautologique renvoie néanmoins à l'intrication riche de chacune par rapport aux autres dans la construction de la réalité ontologique de l'enchaînement des faits du monde, et du lien qui les arrime ensemble. Les événements ont des causes qui les mettent en branle et les structurent fondamentalement. Mais Aristote reste là imprécis quant à ce « quelque chose » antérieur à partir duquel l'événement émerge, en vertu duquel ce qui doit advenir advient. Contrairement à la simple causalité, le déterminisme implique que chaque antécédent ait précisément un conséquent possible et bien défini. En outre, à la différence de la notion plus large de prédictibilité, qui tolère des implications d'ordre statistique, le déterminisme est affaire de nécessité [Pomian, 1990]. Il répond au principe kantien¹⁴¹ en vertu duquel « tout ce qui s'effectue (« *geschieht* ») présuppose quelque chose à quoi

¹³⁸ Avec Canguilhem [1966], nous dénonçons l'idée selon laquelle il puisse y avoir une « normalité » du vivant et plaidons pour lui substituer l'argument d'une « normativité » établie en regard des conditions d'épanouissement de morphologies naturelles.

¹³⁹ Le terme est ici à entendre selon les deux acceptions suivantes : en tant que « contenant-contenu » et « contention ». Nous développons cette dernière acception plus largement en Partie 6.3 – « 6.3. Contention et canalisation de l'aléatoire au sein des systèmes transactionnels ».

¹⁴⁰ Aristote, *Métaphysique*, ε, 7, 1072 b, 24.

¹⁴¹ KANT Emmanuel, *Critique de la Raison Pure*, 2^e analogie, 1781, Paris, Édition Germer-Baillière, 1869.

(« *worauf* ») ceci succède selon une règle », s'inscrivant de la sorte dans une perspective nomologique.

La vision *paradigmatique* du déterminisme se cristallise à partir des travaux de Newton et de Leibniz qui ont non seulement – comme nous l'avons précédemment indiqué – mis au jour les équations fondamentales du mouvement physique dans le cadre de la mécanique gravitationnelle, mais également développé les outils mathématiques adéquats pour les manipuler de manière à en tirer des lois universelles. De là commence à sourdre le sentiment de pouvoir atteindre une « théorie du tout » [Du Sautoy, 2017] en mesure de décrire l'ensemble des « rapports nécessaires qui dérivent de la nature des choses¹⁴² » ; autrement dit, de qualifier scientifiquement et philosophiquement le déterminisme dans sa forme « mécaniciste ». Laplace [1814] se fait le chantre d'un tel déterminisme dans un passage fameux de son *Essai sur les probabilités* :

Nous devons envisager l'état présent de l'univers comme l'effet de son état antérieur, et comme la cause de celui qui va suivre. Une intelligence qui, pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome : rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir, comme le passé, serait présent à ses yeux. L'esprit humain offre, dans la perfection qu'il a su donner à l'astronomie, une faible esquisse de cette intelligence. Ses découvertes en mécanique et en géométrie, jointes à celles de la pesanteur universelle, l'ont mis à portée de comprendre dans les mêmes expressions analytiques les états passés et futurs du système du monde. En appliquant la même méthode à quelques autres objets de ses connaissances, il est parvenu à ramener à des lois générales les phénomènes observés, et à prévoir ceux que les circonstances données doivent faire éclore.

Dans une optique laplacienne le déterminisme se présente comme total, au sens où il embrasse toutes choses (« rien ne serait incertain ») ; il hérite directement de la méthode newtonienne de définition de lois d'évolution temporelles et spatiales (« la même formule ») dans un espace des phases donné, bien caractérisé du point de vue de ses conditions initiales (« toutes les forces [...] et la situation respective des [choses] »). Au conditionnel, Laplace évoque l'« intelligence » d'un sujet réflexif capable non seulement d'appréhender l'étendue des caractéristiques d'un espace des phases qui serait intégral (incluant toutes les conditions initiales du passé, pour tous les observables pertinents¹⁴³), mais aussi de résoudre toutes les équations qui traduisent les lois en

¹⁴² C'est ainsi que Montesquieu [1748] décrit ce que sont les lois.

¹⁴³ La pertinence est ici à entendre au sens d'une inclusion en tant qu'élément observable d'une ou plusieurs lois.

jeu en termes mathématiques. Loin de constituer une apologie sans réserve du déterminisme, la proposition laplacienne laisse place au hiatus fondamental qui dissocie les potentialités infinies de la théorie des limitations du réel. La figure du « démon » synthétise maints enjeux majeurs relatifs à l'épistémologie de la causalité. Elle pose en premier lieu la question de la situation du « sujet pensant¹⁴⁴ », à la fois partie du monde qu'il analyse mais également en position de surplomb par rapport à lui – ce sujet semblant n'entrer dans nul processus en rétroaction, n'exercer aucun jugement sur le monde, comme s'il n'avait aucune *épaisseur ontologique*. En second lieu, elle interpelle quant aux obstacles majeurs qu'un tel « sujet pensant » devrait pouvoir outrepasser, en l'espèce ceux que Laplace récuse par hypothèse, considérant comme non avenues les limites épistémiques (postulat selon lequel rien ne saurait être indicible) et épistémologiques (tout événement dépend de lois, que la méthode mathématique peut manipuler à discrétion¹⁴⁵) qu'on pourrait lui objecter.

En des termes plus contemporains, notamment nourris d'une conscience des défis calculatoires induits par la question de la mise en équation du monde (et de la résolution mathématique de ce système descriptif), De Broglie [1941] soutient pour sa part la thèse d'un déterminisme global établi « par une sorte de convergence à la limite¹⁴⁶ » à mesure que les capacités relatives à la précision expérimentale atteignable s'accroissent¹⁴⁷.

L'argument de Laplace constitue un jalon essentiel dans le champ de la philosophie des sciences en ceci qu'il constitue une tentative de réponse à la question métaphysique, largement débattue depuis l'Antiquité, d'un déterminisme qui serait inscrit dans la nécessité même de l'ordre causal des choses¹⁴⁸. Si rien ne peut échapper à l'intelligence du démon laplacien, aucune destinée ne peut lui être étrangère, puisqu'elle dériverait *nécessairement* de l'enchaînement nomologique des causes à partir de leurs conditions premières. Cet argument enrichit le propos radical de d'Holbach¹⁴⁹ :

Dans un tourbillon de poussière qu'élève un vent impétueux ; quel qu'il paraisse à nos yeux, dans la plus affreuse tempête excitée par des vents opposés qui soulèvent les flots, il n'y a pas une seule molécule de poussière ou d'eau qui soit placée au hasard, qui n'ait

¹⁴⁴ Dans une perspective plus contemporaine, il serait opportun d'évoquer plus largement une « entité calculante » (mécanique, biologique ou hybride [interaction homme-machine]).

¹⁴⁵ L'une des conditions calculatoires nécessaires ici sous-entendue étant la résolution par approximation linéaire de tout système d'équation, que l'on sait dans les faits ne pas être établie.

¹⁴⁶ Louis DE BROGLIE, *Continu et discontinu en physique moderne*, 1941, dans [Brunold et Jacob, 1965].

¹⁴⁷ Au fait des limites fondamentales liées au Principe d'incertitude de la physique quantique, De Broglie traite ici de physique « classique ».

¹⁴⁸ Le *fatum* des Stoïciens a par ailleurs ceci de singulier qu'il est libérateur d'un point de vue moral, dans la mesure où la transcendance des causalités induit l'impératif de suspension de tout jugement moral de l'homme par l'homme, faute de ne pouvoir jamais accéder à la vérité téléonomique sous-jacente aux faits du monde.

¹⁴⁹ Paul Thiry D'HOLBACH, *Système de la nature*, 1770.

sa cause suffisante pour occuper le lieu où elle se trouve, et qui n'agisse rigoureusement de la manière dont elle doit agir. Un géomètre qui connaîtrait exactement les différentes forces qui agissent dans les deux cas, et les propriétés des molécules qui sont mues, démontrerait que, d'après les causes données, chaque molécule agit précisément comme elle doit agir, et ne peut agir autrement qu'elle ne fait.

On voit là comment a opéré la bascule épistémologique insigne depuis la conception du déterminisme teintée de métaphysique théologique de Leibniz [1714] (« cause suffisante ») et l'approche laplacienne fondée sur une appréhension *pré-positiviste*¹⁵⁰ de la problématique. Il est en outre intéressant d'observer que la vision proche défendue par Voltaire d'un univers qui se déploierait comme régi par un Grand Horloger nous paraît riche en intuition quant à la nature du monde du point de vue du déterminisme : « Examinez les situations de tous les peuples de l'univers ; elles sont ainsi établies sur une suite de faits qui paraissent ne tenir à rien, et qui tiennent à tout. Tout est rouage, poulie, corde, ressort, dans cette immense machine », écrit-il dans son *Dictionnaire philosophique*¹⁵¹. Ce qui importe ici, ce n'est pas le mécanisme trivial du schéma voltairien, mais le fait qu'il laisse le champ libre à une causalité à ce point large qu'elle semble en mesure de potentiellement relier toutes les choses du monde, en tolérant des effets de rétroaction, de résonance et d'entraînement croisés entre les parties des systèmes mis en branle. Certes, Voltaire récuse l'éventualité d'une a-causalité, même partielle, plaidant que « tout effet a évidemment sa cause », mais, affirmant que « le mouvement se perd et se répare », il reconnaît à l'inverse que certains événements sont neutres vis-à-vis de la causalité intégrale, en ce sens qu'il paraîtrait envisageable qu'ils n'y participent pas.

2.3.2. De la position pragmatique du déterminisme local

Rien ne doit pouvoir se soustraire à ce que l'« intelligence » du démon de Laplace peut embrasser ; autrement dit, en pensée, tout événement du futur serait prédictible et du passé, connaissable. Ce postulat implique une vision du temps singulière, où le jeu des enchaînements causaux, aussi subtil et complexe puisse-t-il être, agirait de telle sorte à projeter en chaque instant, par l'entremise du calcul, la temporalité totale des événements sur le point singulier du présent. De même la spatialité serait-elle « compressée » du fait de l'appréhension globale des enchevêtrements interactionnels par l'observateur omniscient. Pour autant, bien que philosophiquement actualisés, aucun des deux transcendants kantien que sont le temps et

¹⁵⁰ Nous employons ce terme à dessein afin de souligner la proximité entre l'approche positiviste et les thèses antérieures citées de Laplace et de d'Holbach.

¹⁵¹ VOLTAIRE, *op. cit.*, p. 186.

l'espace ne serait aboli ni même profondément altéré, car ni la rétroaction ni la pro-action¹⁵² ne sauraient être réductibles aux opérations de rétrodiction et de prédiction, dussent-elles s'avérer de portée globale comme dans l'expérience de pensée laplacienne. Que « la connaissance de l'effet dépend[e] de la connaissance de la cause et l'enveloppe » [Spinoza, 1677d], n'implique pas que l'on puisse actionner à nouveau les causes du passé ou par anticipation celles qui se produiront dans le futur pour en modifier les effets. Il existe une césure tenace entre le simulé et le réel, liée à l'irréductibilité fondamentale de la matière à l'information.

Si Bergson [1907] reconnaît une certaine portée au déterminisme, transparaisant dans la répétabilité des faits empiriques des sciences par exemple, il récuse toute idée de déterminisme intégral et revendique la nécessité de concevoir la notion de « durée » comme un temps permissif à l'inattendu. En écho à cette position, Prigogine estime que le déterminisme total ne peut être envisagé car il condamnerait sinon *de facto* toute possibilité d'émergence du nouveau : « à défaut de hasard acausal, il n'y aurait pas de nouveau, l'évolution ne serait que le déploiement de raisons séminales¹⁵³ ».

Dans *Science et religion*, Bertrand Russell [1935] envisage, pour sa part, une voie de conciliation à ce débat qui traverse l'épistémologie moderne :

Le déterminisme a un caractère double : d'une part, c'est une maxime pratique à l'usage des chercheurs scientifiques ; d'autre part, c'est une théorie générale quant à la nature de l'univers. La maxime pratique peut être bien fondée, même si la théorie générale est fausse ou incertaine.

Conscient de la portée métaphysique profonde de cette problématique du déterminisme, et des difficultés du positionnement philosophique spéculatif qu'elle implique¹⁵⁴, Russell prône une approche « conventionnaliste » et pragmatique à son endroit. Cette position permet d'envisager *a minima* une forme locale de déterminisme, de l'ordre de celle que tout scientifique postule dès lors qu'il procède à une expérimentation contrôlée¹⁵⁵. Suspendre son jugement au sujet de la question de l'absoluité du déterminisme ne constitue pas un obstacle dans l'acceptation d'un déterminisme contenu, localisé dans le temps et dans l'espace.

¹⁵² Par « rétroaction » et « pro-action », nous entendons ici très spécifiquement toute action temporellement située dans le passé et dans le futur (respectivement).

¹⁵³ Cité par Largeault [1990]. On retrouve le même argument défendu par Atlan dans [Pomian, 1990] : accepter le déterminisme absolu reviendrait à dénier l'irruption de la nouveauté, le « temps créateur ».

¹⁵⁴ Pour Renouvier [1901] par exemple, l'indémontrabilité des énoncés métaphysiques – catégorie dont relève la question du déterminisme – confine le sujet pensant à considérer ses positions à partir de croyances personnelles peu ou prou établies.

¹⁵⁵ L'observation de l'évolution temporelle des variables d'état d'un gaz parfait dans une enceinte adiabatique constituant un exemple paradigmatique de telles expériences.

L'intensité des interactions physiques fondamentales décroissant selon un rapport en puissance avec la distance, il est en pratique possible d'isoler un système causal particulier à la condition de pouvoir le soustraire dans l'espace à toute influence exogène sensible. On parlera alors d'un « système approximativement isolé¹⁵⁶ », sous réserve que les trajectoires dudit système ne présentent pas de sensibilités fortes (*a fortiori* infinies en présence de dynamiques chaotiques) à de petites perturbations. C'est d'ailleurs cet argument décisif de l'enjeu contraint de la « rupture [nécessaire] de causalité » que constitue le processus de fixation des conditions initiales dans tout dispositif expérimental dynamique qui amène René Thom à réviser son jugement (exprimé dans le contexte de la *Querelle du déterminisme* [Pomian, 1990]) lorsqu'il reconnaît « qu'on peut admettre le déterminisme local d'un système isolé (*S*) sans avoir à admettre le déterminisme global (théologico-métaphysique) de l'Univers ».

2.3.3. Déterminisme stochastique

L'objectivation en science opère au travers de cinq critères : la « puissance explicatrice », le « pouvoir de prédiction », la « fiabilité opératoire », la « convergence des preuves indépendantes » et le niveau de « confirmations réciproques » [Agazzi, 1988]. Les deux derniers critères mettent en jeu des arguments *métathéoriques* au sens où il s'agit de penser l'articulation de théories concurrentes entre elles, là où ceux qui les précèdent ont trait à l'adhérence entre théorie et événements. Nous nous intéresserons ici spécifiquement aux deux premiers, dont les enjeux se situent à l'interface entre le savoir et son substrat de réalité.

La puissance explicatrice dérive directement de la capacité d'une théorie à produire un discours de vérité portant sur les manifestations phénoménales de son champ d'application, et ce, avec la permanence la plus grande – tout recours à quelque ajustement *ad hoc* sapant la légitimité de l'édifice théorique considéré à sa base même. L'*hybris* épistémologique de la pensée positiviste a conduit à une vision paradigmatique de la science – qui perdure sous sa forme orthodoxe néo-classique en économie et en finance – fortement liée à la stabilité de son architecture nomologique. Autrement dit, pour être jugée scientifiquement pertinente, une théorie doit relever de lois pérennes quant à leur portée et leur formulation. Et de ce système de lois, on doit pouvoir établir (*prédire*) des vérités au sujet des phénomènes non encore réalisés, mais nécessairement déterminés (« pouvoir de prédiction ») : ainsi le propos scientifique doit-il être en mesure de permettre une actualisation discursive d'un futur rendu visible et intelligible à celui qui l'énonce.

¹⁵⁶ [Kojève, 1932], p. 96.

L'épistémologie défendue par René Thom [1990] considère, dans cette tradition, que la scientificité d'un modèle théorique requiert son déterminisme ; mais elle enrichit la conception positiviste en acceptant que le déterminisme dont il s'agit puisse être non seulement d'ordre différentiel (au sens « classique », c'est-à-dire permettant la connaissance d'effets univoques bien qualifiés à partir de causes connues dans un espace des phases M donné), mais également de nature stochastique. Dans ce cas, seul le formalisme requis se voit contraint d'être réévalué en intégrant une dimension supplémentaire et en voyant son potentiel de prédictibilité *affaibli* ; l'espace M' alors considéré est « plus grand : soit par le produit $P = M * Y$ de M par un espace Y de paramètres cachés, soit par l'espace $C(M)$ des distributions de probabilités sur M ». Pour Thom, loin d'être un échec épistémologique, le recours à « la statistique est fondamentalement une *herméneutique déterministe*¹⁵⁷ ». L'évaluation du pouvoir de prédiction d'une théorie serait dans cette perspective à entendre selon l'acception large d'une vérité hybride, puisque le déterminisme stochastique ne peut livrer autre chose sinon des prédictions relatives à des potentialités ; il produit des énoncés de vérité relatifs au futur en vertu des lois de probabilités auxquelles les phénomènes prédits devront se conformer en nature et en fréquence, l'espace des phases M' étant pour sa part bien défini.

En réalité, les résultats combinés de la mécanique statistique boltzmanienne et de la théorie quantique nous paraissent de nature à démontrer que toute théorie scientifique relèverait fondamentalement d'un déterminisme de type stochastique, impliquant *ipso facto* que le déterminisme local le mieux *contrôlé* ne serait autre qu'un sous-cas asymptotique¹⁵⁸ de déterminisme probabiliste.

2.3.4. Chaos et hasard sauvage : limitation du déterminisme local

Étudiant le problème de l'optimalité de la dynamique d'écoulement de particules massives sur une variété riemannienne (modèle de « flot géodésique sur une surface à courbure négative »), Hadamard [1898] démontre qu'une erreur, même minime, portant sur la définition des conditions initiales peut aboutir à des trajectoires extrêmement divergentes. Ce faisant, il confirme le résultat bien connu obtenu par Poincaré [1890] dans le contexte du problème des interactions mécaniques à N corps, et contribue à établir les bases d'une théorie des systèmes chaotiques, que Kojève¹⁵⁹ [1932] qualifiera plus tard en ces termes :

¹⁵⁷ René THOM, « En guise de conclusion », p. 141-142, dans [Pomian, 1990].

¹⁵⁸ À l'extrême, un tel déterminisme pourrait être conçu comme relevant d'une distribution statistique tendant vers un pic de Dirac.

¹⁵⁹ Citation p. 90. Nous notons que Kojève ne parle explicitement de chaos.

On peut fort bien s’imaginer un monde où les phénomènes identiques [...] évoluent d’une manière identique (structure causale exacte), et où les phénomènes « semblables » qui subissent des influences « semblables » ont néanmoins des évolutions totalement différentes (pas de structure causale approchée).

Dans la lignée de Poincaré, Rossler [1979] fixe plus rigoureusement ce qui définit le chaos, comme la conjonction de l’« hyperbolicité » (c.-à-d. l’instabilité) d’un nombre important de trajectoires périodiques couplée à une quantité non dénombrable de trajectoires non périodiques¹⁶⁰.

Par ailleurs, confronté à l’impossibilité de traiter ou de simplifier des ensembles d’équations non linéaires de la mécanique céleste, Poincaré a fait le choix de sacrifier leur intégrabilité temporelle pour une représentation qualitative statique des espaces des phases en « portraits de phases », dont le paradigme reste celui du plan hamiltonien *{position ; quantité de mouvement}* où de potentielles frontières de divergences et récurrences d’états peuvent être rendues manifestes par le biais de leur représentation.

Dans le cadre de systèmes déterministes dont les lois d’évolution sont parfaitement connues et les variables descriptives non stochastiques, lorsqu’une incertitude bornée (sur un intervalle) quant à ses conditions initiales se traduit par un intervalle homothétique fini de trajectoires possibles, Mandelbrot [1997] évoque un « hasard bénin » pour qualifier l’inconnissance partielle portant sur la dynamique sous-jacente à l’œuvre. Le hasard dont il est question est alors de nature calculatoire ; il présente des caractéristiques probabilistes qui permettent de l’appréhender tant sur les plans théorique (lois statistiques) que pragmatique (gestion des risques). Mais il importe de noter que le « hasard bénin » peut aussi se manifester dans le cadre de systèmes hébergeant des variables descriptibles stochastiques, quand leurs lois de distribution sont stables et bien connues. C’est notamment le hasard prévu par la théorie orthodoxe des processus de marché.

Les systèmes déterministes chaotiques relèvent pour leur part d’un hasard qualifié de « sauvage », difficile à contenir par la théorie ou la modélisation. S’il peut être partiellement observable d’un point de vue morphologique du fait de la périodicité de certaines de ses trajectoires¹⁶¹, il reste évanescant en raison de l’hyperbolicité d’une partie de ses réalisations. On peut considérer que l’instabilité incomplète du chaos fonde épistémologiquement cette forme de hasard particulière [Taleb, 2001] qu’est le hasard dit « sauvage », principalement caractérisé par l’importance relative de ses queues de distribution par rapport aux valeurs centrales (propriété

¹⁶⁰ Rössler présente l’apériodicité de certaines trajectoires comme la marque des dynamiques chaotiques. Il se réfère entre autres aux travaux de Li et York [1975].

¹⁶¹ C’est la présence de trajectoires périodiques qui permet une certaine forme de prédictibilité. Ce thème sera plus largement discuté en Partie 5.3 – « Trajectoires ».

qualifiée de « leptokurticité »). À notre sens, et comme le défend Taleb, il s'agit là du hasard qui a trait aux processus transactionnels réels. Le hiatus entre hasard réel et hasard modélisé relève en premier lieu des enjeux singuliers de la modélisation au sein des systèmes hébergeant la complexité ; il y altère en outre la prédictibilité accessible, ainsi que nous nous proposons de le montrer.

2.4. Intrication de modèles au sein des systèmes complexes

2.4.1. Premiers principes d'organisation

La théorisation de la notion de « système complexe » et la détermination de ses principes fondateurs au cours de la seconde moitié du XX^e siècle a contribué à la remise en cause du paradigme mécaniciste par la mise en avant des concepts fondamentaux d'« ordre et de complexité par le bruit » [Von Foerster, 1960] [Atlan, 1979] et d'autopoïèse [Maturana et Varela, 1979] notamment¹⁶². Ces avancées théoriques ont permis d'éclairer d'un jour nouveau l'étude de configurations d'éléments en interaction non coordonnée, dont *émergent* spontanément des structures phénoménologiques dites « complexes », c'est-à-dire à la fois stables, et relevant de dynamiques multiscalaires aux hiérarchies spatiales et temporelles imbriquées.

En sciences physiques, les structures globales observées résultent généralement de la propagation transitive d'interactions locales. En sciences du vivant et *a fortiori* en sciences sociales les systèmes considérés mettent souvent en jeu des enchevêtrements de sous-systèmes multi-agentiels ago-antagonistes (c'est-à-dire impliquant des forces agissant à la fois conjointement et en opposition¹⁶³) non seulement entre eux, mais aussi vis-à-vis d'un environnement qu'il contribuent à co-constituer.

Comme le souligne René Passet [2014] « l'indéterminisme au niveau des éléments se concilie avec le déterminisme du Tout » ; la logique d'ensemble d'un système résulte de l'articulation *libre* de ses éléments et ce, aux différents niveaux organisationnels de sa structure. La théorie des systèmes complexes inverse pour sa part peu ou prou cette logique en prônant la cohérence entre le déterminisme local des parties en interaction et l'indéterminisme du comportement agrégé du « Tout ». En un sens, la théorie des systèmes complexes actualise scientifiquement l'intuition bergsonienne développée dans *L'Évolution créatrice* d'un vivant dont la structure organisationnelle singulière constitue une « forme supérieure d'ordre » par rapport à celle que

¹⁶² Nous devons ces références au travail de recension proposé par Dupuy [1981].

¹⁶³ On pourra citer à titre d'exemple les dynamiques de conflit-coopération dans certaines relations sociales non médiées.

l'on connaît du domaine physicien de l'inerte. Bergson [1907] prône un *découplage* épistémologique du vivant et récuse tout réductionnisme physico-chimique du biologique. La vie transcende, selon lui, la vision mécaniciste d'une physique qui ne serait que « partielle » car elle s'insère en fait dans un réseau dense de relations systémiques avec « le tout de l'Univers ». Le primat de l'interaction sur l'objet fait écho au système du monde des Stoïciens pour qui l'unité de la *systema* procède intrinsèquement de la coordination même de ses éléments ; comme l'écrit plus tard Plotin [2010]¹⁶⁴ : « l'unité du tout vient de ce que les éléments concordent entre eux ». On retrouve là également une résurgence de la *Physique* aristotélicienne, qui privilégie la compréhension des (trans-)formations morphologiques, plutôt que la recherche idéale d'une stabilité pure des savoirs promue par l'école éléatique [Ruggiu, 1995]¹⁶⁵.

On doit à D'Arcy Thompson [1914] l'observation selon laquelle la taille d'un système affecte directement le niveau de complexité qui le caractérise. Dans une perspective combinatoire, on pourrait actualiser le principe de D'Arcy Thomson en considérant que la complexité d'un système croît avec le nombre de ses interactions, qui est lui-même *généralement* corrélé à la taille du système. L'ontologie des systèmes complexes implique la coexistence de niveaux de complexité en situation d'intrication ; de cette intrication dépend, non seulement la dynamique d'auto-organisation d'ensemble, mais aussi sa stabilité. Francis Bailly [1993] considère que ces différents niveaux de complexité relèvent de l'articulation mixte de « biolons » (assemblages génériques d'entités du vivant : cellules, organismes, individus, espèces) et « d'orgons » (catégorie « fonctionnelle » de biolons organisés : organes, populations). Selon cette terminologie, toute entreprise, tout marché organisé de valeurs mobilières pourraient être envisagés comme un *orgon social* particulier, méta-système complexe caractérisé épistémologiquement par les modes de fonctionnement agrégés des sous-systèmes dont il dérive, et présentant certaines interactions *supérieures* et singulières qu'il nous appartiendra de qualifier adéquatement.

Comme le note fort justement François Jacob [1970] les objets d'étude des sciences du vivant et du social répondent à des principes d'organisation et de conformation universels qui les qualifient plus généralement en tant qu'« intégrons¹⁶⁶ ». Au premier chef, on observera que dans

¹⁶⁴ Quatrième Ennéade, Traité 28.

¹⁶⁵ C'est d'ailleurs probablement ce qui permet à Todorov [2008] d'affirmer bien plus tard que « l'unité du Tout l'emporte sur la différence de substance ». Le navire des argonautes a certes vu toutes ses composantes (ses planches, ses voiles, ses cordages...) remplacées au cours de son long voyage, il n'en est pas moins resté l'Argo. Ce qui importe, c'est la qualité d'ensemble du système dans son entièreté, sa pérennité structurelle résidant en premier lieu dans la permanence des interactions en jeu. Canguilhem [1952] n'observe pas autre chose dans *La Connaissance de la Vie* : « Les formes vivantes étant des totalités dont le sens réside dans leur tendance à se réaliser comme telles au cours de leur confrontation avec le milieu, elles peuvent être saisies dans une vision, jamais dans une division » (cit. p. 14).

¹⁶⁶ Ainsi un couple de partenaires sexuels d'une espèce donnée constitue-t-il un intégron de niveau de complexité inférieur ou égal à un quelconque sous-population de la même espèce. On peut considérer que la catégorie des intégrons inclut ce que nous dissocions comme orgons et biolons.

l'un et l'autre cas, il est question de la gestion de la contrainte d'optimisation de l'énergie¹⁶⁷ consommée. Prenant l'exemple de l'animal et de la machine programmable dotée de capacité de rétroaction Jacob précise que « les deux systèmes ont ceci en commun qu'ils s'efforcent tous deux de maintenir l'entropie par l'intermédiaire de la rétroaction. Tous deux y parviennent en désorganisant le milieu extérieur », autrement dit, « en consommant de l'entropie négative¹⁶⁸ ». Ensuite, on notera que les systèmes du vivant et du social se déploient dans le temps fini, de manière auto-régulée, selon les lois de la sélection « naturelle¹⁶⁹ ». Enfin, on considérera l'importance centrale de l'intégration multi-scalaire, non pas uniquement de microstructures mais aussi de méso-structures bioloniques ou orgoniques, ces dernières étant elles-mêmes stables et de la sorte constituées. Le jeu des intrications des niveaux de complexité permet l'atteinte de nombreux états systémiques stables, dont la bascule peut parfois originellement dépendre de fluctuations infinitésimales [Bailly et Longo, 2008]¹⁷⁰.

Tout intégron présente en outre invariablement des propriétés de semi-fermeture spatiale (porosité membranaire de la cellule par exemple) vis-à-vis de son environnement ainsi que de finitude temporelle. Et comme nous l'avons précédemment évoqué, tout intégron évolue en situation d'autonomie homéostatique par le truchement des jeux ambivalents de régulation-déstabilisation endogènes. En conséquence la moindre entité biologique de cet ordre présentera-t-elle un niveau de complexité incommensurable à celui de tout phénomène physique.

Les propriétés susdites définissent conjointement la singularité du vivant. Elles précisent le concept-clé d'autopoïèse que Francisco Varela [1989] définit en tant qu'organisation d'un système comme :

[...] réseau de processus de production de composants qui (a) régénèrent continuellement par leurs transformations et leurs interactions le réseau qui les a produits, et qui (b) constituent le système en tant qu'unité concrète dans l'espace où il existe, en spécifiant le domaine topologique où il se réalise comme réseau. Il s'ensuit qu'une machine autopoïétique engendre et spécifie continuellement sa propre organisation. Elle accomplit

¹⁶⁷ En économie, cas particulier du social qui nous occupe, l'énergie est commensurable aux ressources tangibles déployées (travail, matières premières etc. dans une perspective productive). En finance de marché, elle se traduit par l'argent (ressource monétaire dans une perspective spéculative).

¹⁶⁸ Cit. p. 272.

¹⁶⁹ Nous mettons ici volontairement en exergue le terme « naturel », de manière à souligner qu'il convient de considérer son acception large. Sans adopter pleinement une posture théorique évolutionniste dans le champ du social et particulièrement en économie, nous estimons que des mécanismes de sélection sont – analogiquement à ce qui a lieu en biologie – à l'œuvre et ce, notamment en conséquence des processus et stratégies adaptatifs d'appropriation des ressources limitées de la part des orgons sociaux en concurrence. Ainsi, sans rejeter les acquis importants de la biologie évolutionniste, nous nous gardons d'en étendre abusivement la portée, rejetant la perspective par exemple prônée par Georgescu-Roegen [1971] selon laquelle « le processus économique n'est qu'une extension de l'évolution biologique et, par conséquent, les problèmes les plus importants de l'économie doivent être envisagés sous cet angle ».

¹⁷⁰ Dont celles que l'on considère d'ordinaire comme du *bruit*. Cet argument sera discuté en Partie 6.5 – « Le bruit comme facteur de viabilité ».

ce processus incessant de remplacement de ses composants, parce qu'elle est continuellement soumise à des perturbations externes, et constamment forcée de compenser ces perturbations. Ainsi, une machine autopoïétique est un système à relations stables dont l'invariant fondamental est sa propre organisation (le réseau de relations qui la définit).

L'autopoïèse relève d'une forme de finalisme que l'on peut qualifier de contingent, au sens de « non nécessaire » (un système autopoïétique donné peut exister en tant que tel, comme il peut ne pas advenir), dans la mesure où ses processus auto-générateurs clés tendent à en assurer l'intégrité conservatoire dans le temps et l'espace par le renouvellement incessant qui l'anime [Bailly et Longo, 2008]. L'autopoïèse à l'œuvre dans le domaine du vivant diffère en ce sens foncièrement des « structures dissipatives¹⁷¹ » que les sciences physiques peuvent étudier du fait même de ce finalisme particulier.

2.4.2. Intégration des modèles théoriques

Du point de vue de la modélisation, on distingue ordinairement deux types de complexités : une complexité dite « aléatoire » ou chaotique, correspondant à un ensemble de phénomènes, parfois aisément descriptibles, dont il est délicat voire impossible de déterminer la logique causale sous-jacente¹⁷², et une complexité « organisée », riche et foisonnante du point de vue de la quantité d'information requise pour la caractériser adéquatement [Delahaye, 2009]. Soit un système S engendrant une grandeur mesurable de sortie sous forme d'une variable aléatoire X , produite par l'action d'un certain processus P ; nous avons vu qu'il est possible de quantifier la K-complexité de P à partir de l'étude des séries numériques de X : plus les programmes générateurs de X (dont, en particulier, le plus court d'entre eux) seront syntaxiquement longs, plus le processus P sera considéré comme complexe au sens de Kolmogorov. On sait par ailleurs, qu'à la limite, c'est-à-dire lorsqu'il n'est pas possible de déterminer de programme plus court que la série arithmétique s considérée elle-même, le système est réputé aléatoire du point de vue de son processus P , au sens de Chaitin^{173,174}.

Une suite monotone de zéros est bien évidemment K-simple, comme l'est la suite des décimales du nombre Pi. Pourtant l'intuition mathématique la plus élémentaire saisit bien qu'il est question de deux simplicités différentes. La première relève de l'ordre le plus systématique qui soit et ne

¹⁷¹ Une telle structure maintient son intégrité par échange d'énergie et de matière avec son environnement ; elle peut héberger des phénomènes critiques spontanés (brisures de symétries).

¹⁷² C'est de cette complexité que traite la théorie physique des turbulences par exemple.

¹⁷³ Nous concédons ici un bref rappel de ce qui a déjà été énoncé en Partie 1.3 – « Hasard neutre des séries arithmétiques ».

¹⁷⁴ L'ensemble des suites binaires aléatoires selon ce critère forme en outre une partie dense dans \mathbb{R} , autrement dit l'aléatoire peut se manifester largement, potentiellement dans toute classe de phénomènes et de manière incirconscribable.

laisse aucune place à l'inconnaissance, tandis que la seconde se déploie selon une logique sous-jacente autrement plus complexe et de forme aléatoire, bien qu'exprimable par un programme analytique très compressible et calculable. Le concept de profondeur de Bennett permet de rendre compte de cette différence ; sa mesure $P(s)$ correspond, non plus à la longueur du programme minimal générant une suite s , mais au temps de calcul requis par ce même programme. Ainsi toute série monotone strictement redondante sera K-simple et peu profonde au sens de Bennett (son temps de calcul étant de l'ordre de $\log(n)$), alors que Pi sera certes K-simple mais profond car son développement décimal requiert de nombreuses opérations de calcul. Les systèmes qui nous intéressent, ceux des sciences humaines, et en particulier ceux qui appartiennent au champ de l'économie et de la finance, présentent la caractéristique commune d'être à la fois K-complexes et très profonds, ce qui contribue à les rendre généralement imperméables à toute tentative de modélisation fine¹⁷⁵.

Si la modélisation de ces systèmes est malaisée, l'expérimentation à leur endroit l'est tout autant : on doit à Niels Bohr l'analogie consistant à rapprocher ce que le réductionnisme physico-chimique implique pour l'étude scientifique du vivant¹⁷⁶ du concept de dualité quantique onde-corpuscule¹⁷⁷ : dans l'un et l'autre cas, non seulement la théorie cherche à concilier deux conceptions de la réalité mutuellement excluant, mais elle implique aussi similairement – dans le contexte de sa mise en œuvre expérimentale – une perturbation du comportement du système étudié. Plus précisément, à la suite de Bohr, il convient d'observer que le mode (au sens de méthode ou d'échelle) d'observation d'un phénomène a une influence sur le phénomène que l'on cherche à décrire. Ainsi la connaissance fine de l'état d'un système du vivant requiert-elle son isolement, voire dans certains cas, la dissection de son anatomie cellulaire¹⁷⁸, ce qui *de facto* entraîne sa destruction partielle ou totale, et *a minima* son altération. D'une manière générale, Perru [2001] note que la prise en compte de la complexité dans la modélisation du vivant se présente comme un obstacle majeur en raison de la difficulté à procéder sans dissocier à outrance¹⁷⁹.

¹⁷⁵ De surcroît, la propriété de sous-additivité (la sous-additivité correspond au fait que la complexité au sens de Bennett du système constitué par deux biolons est inférieure à la somme de chacune des deux complexités envisagées séparément) de la mesure de profondeur logique sied formellement à de tels systèmes, marqués par des régularités stabilisatrices à chaque niveau de leur organisation. Elle témoigne du rôle essentiel des corrélations et des ago-antagonismes qui se produisent au sein des écosphères. Nous serons toutefois amenés à rediscuter cet argument ultérieurement, à la lumière de notre analyse de l'ontologie des phénomènes critiques pouvant y survenir – nous précisons ce point en Partie 5.

¹⁷⁶ Qu'il soit envisagé dans une perspective biologique ou dans sa forme sociale.

¹⁷⁷ Voir à ce sujet le commentaire de De Broglie dans [Brunold et Jacob, 1965].

¹⁷⁸ Cela est notamment le cas en biologie à l'échelle microscopique.

¹⁷⁹ Cet écueil fait écho à la division en éléments simples promue par la méthode cartésienne afin de rendre la complexité « passible du critère d'évidence » ([Legay, 1997], cité par Perru [2001], p. 105).

Il s'agit de s'attacher à reconnaître les effets d'intégration et de régulation qui opèrent au travers de niveaux d'organisation stratifiés. Biolons et orgons, comme nous l'avons vu, se caractérisent par des imbrications de complexités à différentes échelles dont l'étude requiert le déploiement de processus successifs de « renormalisations conceptuelles¹⁸⁰ » [Bailly et Longo, 2008]. Les systèmes biologiques mettent en jeu des niveaux d'incertitude divers selon les échelles considérées, et des formes de hasard variables en nature comme en intensité. La manifestation d'un phénotype dépend en effet à la fois de l'expression mutationnelle stochastique des gènes codants, de l'aléatoire environnemental épigénétique à l'œuvre, et des altérations exogènes de l'écosystème macroscopique (p. ex. apparition d'une nouvelle espèce en position de concurrence écologique).

En outre, ces organisations multi-scalaires peuvent héberger des phénomènes particuliers de diffusion de perturbations émanant de niveaux microscopiques *infrastructurels* et pouvant avoir un impact, parfois décisif, sur les méso-structures, ainsi que leurs sur-intégrations macroscopiques. Ces mécaniques de transmission peuvent à leur tour induire des dynamiques de « couplages » entre différents niveaux [Longo *et al.*, 2011], conduisant à une complexité enrichie par ces corrélations particulières. Si la stabilité caractérise l'expérimentation *in vitro*, du fait du contrôle imposé au système étudié vis-à-vis de son environnement et de la *neutralité* réciproque de ce dernier, l'observation scientifique *in vivo* peut se voir *a contrario* affectée par une instabilité rémanente qui la contraint et qu'elle contribue elle-même à nourrir.

Modélisation et expérimentation peinent donc toutes deux à cerner la complexité des systèmes du vivant, autant que celles des systèmes anthropiques organisés. De cela découle la nécessité d'adopter une posture épistémologique privilégiant un « rationalisme raisonnable » [Canguilhem, 1952] dès lors que l'on traite scientifiquement des questions relatives au vivant biologique et à sa déclinaison sociale.

2.5. La prédictibilité mise en question hors du champ des sciences physiques

2.5.1. Chaos déterministe et limitations calculatoires à la prédiction

Le revirement thomien¹⁸¹ portant sur la question du déterminisme n'est pas sans évoquer celui de Poincaré [1908], ce dernier étant initialement convaincu que la marche de l'Univers est sous-tendue par des lois mathématiques qu'il suffirait de révéler pour en déduire son évolution tout

¹⁸⁰ Bailly et Longo plaident pour un *enrichissement* de « l'étendue » faite d'espace et de temps pour ce qui relève du vivant, du fait de l'hétérogénéité des facteurs de complexité internes et externes à ces systèmes particuliers.

¹⁸¹ Évoqué en Partie 2.3.2.

entière¹⁸². Confronté « au problème des trois corps » et au chaos déterministe qui en définit la dynamique, Poincaré reconnaît l'écueil en termes de prédictibilité longue qu'induit le phénomène de sensibilité extrême aux conditions initiales. Les travaux de Lorenz permettront plus tard de montrer que nombre de processus chaotiques exhibent certaines régularités quant aux morphologies de leurs trajectoires envisagées dans des espaces des phases adéquatement choisis [Lorenz, 1963]. De la même manière que Maxwell envisageait les limites de la prédictibilité au sein des systèmes thermodynamiques, en ce qu'elle était cantonnée à une connaissance d'états statiques post-transitionnels, les systèmes chaotiques peuvent-ils voir l'ensemble de leurs trajectoires décrites, sans que les trajectoires particulières effectivement parcourues ne puissent être déterminées *ex ante*.

Dans certains systèmes mécaniques simples de ce type, il suffit que peu de paramètres varient pour que des dynamiques infiniment complexes surviennent. Aussi tenue soit-elle, toute imprécision relative aux valeurs des conditions initiales des observables pourra y être à ce point intensifiée qu'elle conduira – tôt ou tard – à la formation d'un aléatoire de nature *épistémique* lié à l'extrême complexité calculatoire en jeu. Or la calculabilité effective est une condition de la stabilité opératoire de toute théorie mathématisée. On parle de système chaotique dès lors que les dynamiques d'amplification sont *a minima* commensurables à des lois de croissance d'ordre exponentiel¹⁸³. On parle de « divergence exponentielle » quand, pour un paramètre s'éloignant initialement de sa *référence* d'un écart noté Δ_0 , cette divergence se révèle de l'ordre de $\Delta_T \sim \Delta_0 \cdot e^{\lambda T}$ au bout d'une durée T et pour un exposant λ dit de Lyapounov¹⁸⁴. On qualifie communément de « temps caractéristique » d'un système S , la grandeur T_S correspondant à la durée à l'issue de laquelle un écart ε est accru d'un facteur multiplicatif de 10. Plus ce temps est court, plus le système étudié présentera de divergences calculatoires ; *a contrario* des valeurs élevées de T_S pourront donner l'illusion d'une stabilité à un observateur dont le temps d'observation sera très inférieur au temps caractéristique du système. Sachant par exemple que le temps caractéristique du système solaire est de l'ordre de 10 millions d'années alors que les plus vieux relevés astronomiques datent hypothétiquement du début du Paléolithique supérieur [Marshak, 1976], on peut aisément saisir comment et pourquoi la physique céleste a pu servir de support de choix à l'éclosion du paradigme mécaniciste dont nous avons précédemment fait état.

¹⁸² « Si nous connaissions exactement les lois de la nature et la situation de l'Univers à l'instant initial, nous pourrions prédire exactement la situation de ce même Univers à un instant ultérieur. »

¹⁸³ On trouvera de nombreuses précisions introductives utiles relatives aux enjeux de la calculabilité au sein des systèmes chaotiques dans [Ekeland, 1996].

¹⁸⁴ Dans un système dynamique, cet exposant quantifie le degré de séparation de deux trajectoires d'un même espace des phases, initialement infinitésimalement proches (dans des conditions de linéarisation suffisantes de la fonction de divergence).

Les travaux relatifs au chaos déterministe ont permis de rendre compte de phénomènes parfaitement déterminés du point de vue de leurs lois, mais rendus aléatoires et évanescents du fait de leur incalculabilité concrète. En somme, la connaissance précise des caractéristiques chaotiques d'un système et la mesure fine de ses observables ne renseignera que peu sur son devenir, mais nous rappellera chaque fois les limites épistémiques fondamentales auxquelles toute démarche scientifique rigoureuse à son endroit sera irrémédiablement confrontée. Ces écueils sont particulièrement prononcés au sein des systèmes anthropiques :

Même si ces variables collectives sont très nombreuses, on peut faire une approche systématique de cette dynamique. On établit la liste des paramètres les plus pertinents [...], puis on écrit leurs équations non linéaires d'évolution en tenant compte des interactions [...] À partir de ce que nous savons de la dynamique des systèmes chaotiques, une telle approche risque d'être assez décevante quant à ses résultats : nous en apprendrons très probablement que notre monde macro-économique a une instabilité intrinsèque et qu'il est impossible de faire des prédictions à long terme, en particulier à cause de la complexité du problème mais aussi de notre connaissance imparfaite de la situation de départ¹⁸⁵.

L'existence du chaos déterministe conduit à l'incalculabilité, mais n'est pour autant pas affaire d'inconnaissabilité, à la différence du hasard face auquel on peut toutefois adopter une stratégie probabiliste, souvent basée sur un ensemble de réalisations passées, ainsi que nous l'avons précédemment vu. C'est ce qui conduit Amsterdamski [1990] à affirmer que même si le principe du déterminisme était universel « la possibilité de construire des théories déterministes pour chaque classe de phénomènes ne serait pas encore établie¹⁸⁶ ». Dès lors nous pouvons considérer la question du déterminisme global à la manière d'un *pari laplacien*¹⁸⁷ : si le déterminisme universel n'est pas et que nous postulons son existence, nous aurons joui *a minima* d'une finalité naturelle à la recherche scientifique – celle de pouvoir expliquer et prévoir le monde tel qu'il est et tel qu'il sera ; c'est la position défendue par René Thom, faire « comme si » de toute manière, afin de poursuivre la tâche laborieuse de découverte des lois régissantes. Mais cette option du pari risque de nous conduire sur des chemins exploratoires sans issue, et nous empêcher de développer les concepts théoriques et métathéoriques pour en sortir¹⁸⁸ – en quelque sorte pour rien. Si, à l'inverse, le déterminisme universel existe et que nous postulons son existence, nous aurons certes conduit notre programme de recherche vers une finalité noble et justifiée, mais nous serons tout

¹⁸⁵ Pierre BERGE, Yves POMEAU, Monique DUBOIS-GANCE, *Des rythmes au chaos*, Paris, Odile Jacob, 1994.

¹⁸⁶ Stefan AMSTERDAMSKI, « Halte aux espoirs, silence aux accusations », dans [Pomian, 1990].

¹⁸⁷ Nous faisons ici bien sûr écho au pari pascalien de la métaphysique théologique.

¹⁸⁸ La « Querelle du déterminisme » illustre cet écueil.

de même très probablement et fondamentalement empêchés de le réaliser pleinement en raison des obstacles épistémiques liés à la complexité des systèmes en jeu. Dans le cas où le déterminisme universel serait un leurre et que nous le reconnaissons comme tel, nous aurions toujours la possibilité d'en user comme d'un instrument conceptuel puissant (au moins dans sa forme locale), tout en explorant d'autres voies théoriques et métathéoriques pertinentes et utiles. Enfin, si le déterminisme universel existe mais que nous le dénissons, il est fort peu probable que cela constitue un frein à la marche du savoir, tant les apports pragmatiques du déterminisme comme *hypothèse épistémologique* subsistent ; l'hétérodoxie méthodologique érigée en dogme n'empêchera probablement jamais l'orthodoxie de se déployer¹⁸⁹, la réciproque étant loin d'être chose acquise.

2.5.2. Conditions de prédictibilité au sein des systèmes anthropiques

Plus généralement, au sein des systèmes anthropiques qui nous occupent, l'existence même de causalités pleinement *accessibles* à la démarche analytique a longtemps donné lieu à controverse¹⁹⁰. Dans sa *Critique de la raison pratique*, Kant [1788] écrit :

On peut accorder que s'il nous était possible de pénétrer la façon de penser d'un homme, telle qu'elle se révèle par des actes aussi bien internes qu'externes, assez profondément pour connaître chacun de ses mobiles, même le moindre, en même temps que toutes les occasions extérieures qui peuvent agir sur eux, nous pourrions calculer la conduite future de cet homme avec autant de certitude qu'une éclipse de Lune ou de Soleil, tout en continuant de déclarer que cet homme est libre.

Tout en considérant que les jugements moraux puissent être déterminés comme les phénomènes de la physique, par un enchaînement de causes bien établies, Kant souligne d'une part l'extrême difficulté à circonscrire le fait anthropique par la méthode scientifique¹⁹¹ et réfute d'autre part tout déterminisme intégral en ce qui concerne la formation de la volonté des hommes, qui appartient selon lui à la catégorie des entités nouménales, des « choses en soi ». Il pose ainsi la condition de l'existence d'une *cause libre* et spontanée dans son expression, qui échapperait à la recherche rationnelle d'efficacités antécédentes et ce, dans un effort philosophique de conciliation entre

¹⁸⁹ Orthodoxie et hétérodoxie sont à entendre dans leur acception contemporaine : celle-ci caractérisant les approches plus spéculatives, celle-là ayant trait à la démarche positiviste néo-classique en sciences humaines. La ligne de démarcation entre ces deux voies est particulièrement marquée en sciences économiques.

¹⁹⁰ Si elle ne constitue pas une *terra semper incognita* pour Comte et l'école positiviste, elle s'avère *a contrario* constituer un leurre pour Cournot, du fait de l'impossibilité d'inscrire les causalités décelées dans un édifice logique de généralisation rigoureux.

¹⁹¹ Dans le passage cité, Kant fait état des éléments discriminants (conditions initiales, forces extérieures, lois, etc.) de l'enchaînement des causes mécaniques dans une perspective très newtonienne, et anachroniquement laplacienne.

l'implacable déterminisme mécaniciste de la nature et la foi métaphysique en un libre-arbitre souhaitable de l'homme^{192,193}.

À rebours, la théorie des systèmes complexes éclaire cette position, en qualifiant ce qui la fonde, non pas en tant qu'intuition philosophique, mais en tant que fait épistémologique. L'intuition dont il s'agit est ancienne ; elle s'est constituée concomitamment aux succès grandioses de l'approche mécaniciste en sciences physiques. Traitant de la nature des lois de l'économie, Condorcet [1773] l'exprime ainsi :

La quantité de marchandise universelle, celle d'une marchandise particulière, peuvent être approchées par des nombres ; mais l'envie d'acheter et celle de vendre ne sont susceptibles d'aucun calcul, et cependant la variation de prix dépend de cette quantité morale, qui dépend elle-même de l'opinion et des passions. C'est une belle idée de vouloir tout soumettre au calcul ; mais, voyez les plus grands géomètres de l'Europe, les D'Alembert et les Lagrange. Eh bien ils cherchent le mouvement de trois corps qui s'attirent : ils supposent que ces corps sont des masses sans étendue, ou des corps très peu différents d'une sphère, et cette question, toute limitée qu'elle est par cent conditions qui la facilitent, les a occupés depuis vingt ans et les occupent encore. L'effet des forces qui agissent sur la tête du commerçant le plus borné est bien plus difficile à calculer.

Cependant, avec Quetelet, il apparaît que les effets des forces qui agissent sur cent, mille ou un million de commerçants, se laissent plus aisément apprivoiser que celles prévalant dans l'esprit d'un seul car elles peuvent conjointement manifester des régularités et se voir décrites, macroscopiquement, en termes de valeurs moyennes et de variabilité. Ayant observé la distribution de données physiologiques (poids, taille, etc.) au sein de populations humaines, Quetelet [1835] relève l'apparition récurrente de « courbes en cloche », correspondant à une loi de Laplace-Gauss. Il formule alors la notion d'« homme moyen », estimant que la variabilité du vivant peut être adéquatement décrite via des lois statistiques appropriées. Dès lors, les « causes accidentelles » biologiques (non seulement physiologiques mais également psychologiques) ont-

¹⁹² Cette position n'est pas sans évoquer le *clinamen* des Épicuriens, déviation acausale et perturbation de tout système, permettant sa mise en branle originelle. Dans l'un et l'autre cas, il est question d'événements s'insérant *ex nihilo* dans les chaînes de causalités, et influençant ces dernières *ex abrupto*.

¹⁹³ En somme Kant prépare la critique de Cournot qui considérerait pour sa part que les sciences humaines excèdent amplement le champ du monde mathématique, de ses concepts et de ses objets. La philosophie contemporaine semble avoir opté pour une voie épistémologique médiane inspirée par une tradition kantienne selon laquelle il faudrait se résoudre à considérer que les vérités ayant trait aux systèmes humains seraient en fait dominées par des jugements d'ordre « esthétique » [Kant, 1790], ne laissant à la raison scientifique que des territoires épars de connaissances accessibles. Loin d'être un pessimisme, cette conception prudente relève selon nous d'un profond pragmatisme.

elles commencé à présenter un certain « ordre » quant au hasard dont elles dépendent¹⁹⁴. C'est dans cette optique que Quetelet a tôt fait d'afficher son aspiration à établir les lois et constantes d'une « physique sociale » dans la lignée de la Nouvelle École de Göttingen qui concevait l'histoire comme « la statistique en mouvement ».

Envisageant l'individu comme une « émergence¹⁹⁵ » issue de l'articulation de processus agentiels sub-personnels, les sciences cognitives ont plus tard permis d'étayer de nombreux résultats empiriques obtenus en psychologie expérimentale au cours du XX^e siècle. Dans son étude intitulée *Psychosemantics*, Jerry Fodor [1987] établit qu'il existe certaines régularités psychologiques suffisamment stables pour permettre une prévisibilité d'ordre statistique dans le comportement des individus, mais que le « bruit » qui accompagne la manifestation la plus élémentaire des états mentaux humains empêche toute analyse déterministe. On sait depuis Dennett et Churchland [1979] que les observables que constituent les expressions comportementales, notamment linguistiques, relèvent d'un rapport de projection surjective à partir d'un agrégat de motifs (*patterns*) cognitifs, agrégat par nature diffus et multidimensionnel.

Ainsi les biais statistiques en sciences humaines ne sauraient-ils pas être nécessairement considérés comme des aberrations à corriger, mais devraient être envisagés pour ce qu'ils sont, à savoir des inflexions d'ordre épistémiques, c'est-à-dire intrinsèques au champ des systèmes anthropiques eux-mêmes. Il faut se résoudre à voir la variabilité des comportements comme une composante inaliénable desdits systèmes. En conséquence, il semble ne pouvoir exister nul échantillon parfait en mesure de constituer une distribution de référence à partir de laquelle on pourrait calculer des écarts et quantifier lesdits biais. Ce qui est ici mis en cause, c'est l'éventualité même d'une circonscription expérimentale adéquate, à la fois en matière de confinement des objets observés et de représentativité des résultats.

Les systèmes anthropiques ont par ailleurs ceci de singulier qu'ils peuvent contraindre l'observateur à se prendre parfois pour objet de son étude. Ils se distinguent des systèmes physiques et de la biologie non sociale¹⁹⁶ également par l'immixtion en leur sein d'une forme

¹⁹⁴ Ce type de hasard – nous l'avons vu – peut être qualifié de « bénin ». C'est celui auquel le thermodynamicien fait face lorsqu'il étudie l'évolution d'un gaz dans une enceinte adiabatique par exemple. Les décennies qui suivront l'*Essai de physique sociale* montreront – avec la mécanique statistique – que l'inconnaissance des états idiosyncratiques d'un ensemble n'entraîne pas nécessairement celle de son état systémique : s'il est difficile, voire impossible, de qualifier précisément et à chaque instant ses états microscopiques, il est toutefois relativement trivial d'en prédire l'évolution macroscopique, dans la mesure où cette dernière présente certaines propriétés stationnaires statistiquement bien connues. Le hasard en jeu est « docile » et se soumet adéquatement à une décomposition analytique qui distingue la tendance globale du système de ses fluctuations constitutives (dont les effets tendent à se compenser sur le temps long).

¹⁹⁵ Nous précisons plus bas (Partie 2.5.3 – « Imprédictibilité des processus de marchés envisagés comme émergences ») certains des enjeux relatifs à la notion d'émergence au sein des systèmes complexes.

¹⁹⁶ Nous faisons référence au fonctionnement naturel des êtres vivants, hors de leurs formes d'organisations de groupe et de leurs interactions.

d'incertitude particulière liée à l'expression protéiforme de la *liberté* d'agir et de penser des hommes (cultures, émotions, attitudes paradoxales, etc.).

Pour autant, des « îlots de prévisibilité » subsistent¹⁹⁷ et c'est à leur découverte que la science économique s'est attelée dans son histoire moderne. La bascule épistémologique en micro-économie, depuis le mécanisme « de l'utilité et de l'intérêt personnel » de Jevons [1871] – mettant en jeu des agents dont la rationalité parfaite permettaient une approche normée de leurs comportements –, vers la conception plus *ouverte* d'une rationalité limitée [Simon, 1957], illustre l'effort de conciliation à l'œuvre entre un modèle très idéal à partir duquel il est aisé de produire des résultats opératoires, et une représentation plus *réaliste* des systèmes étudiés dont les dérivations théoriques sont techniquement plus délicates à établir. Comme le note Hayek [1946], tenter d'établir une hiérarchie et une quantification rigoureuses des utilités individuelles relève d'une gageure méthodologique car ces dernières sont, d'une part, incommensurables par essence, et procèdent d'autre part d'agrégats informationnels peu objectivables et disparates¹⁹⁸.

Néanmoins, c'est une première esquisse de ce qui fonde l'incertain des systèmes anthropiques que nous pouvons tenter d'établir à ce stade. Il apparaît que cet incertain dont il est question impose la nécessité d'établir un corpus d'hypothèses normatives réductrices *ad hoc* pour permettre l'obtention de résultats stables. Ces hypothèses viennent compenser certaines limites épistémiques fondamentales, dont celles relatives à l'inaccessibilité des connaissances subjectives individuelles vis-à-vis de l'objectivation théorique. En économie, la théorie du « *as if* », défendue par Friedman [1953], concède de sacrifier l'adéquation au réel d'un corpus d'hypothèses pour peu que ce dernier soit en mesure de produire des résultats prédictifs probants. Si cette approche a pu prévaloir jusque dans les années 1970 en économie, portée par l'illusion de sa capacité à cerner le réel, elle a néanmoins montré ses limites à partir de la remise en cause du paradigme fordiste, à la faveur du retournement du cycle de croissance qui a largement échappé aux constructions analytiques prévalant alors [Boyer, 2007].

2.5.3. Imprédictibilité des processus de marché envisagés comme émergences

Dans l'Antiquité, Aristote se regimbait déjà contre la position réductionniste des physiologues présocratiques¹⁹⁹ pour qui les réalités ontologiques ne peuvent relever que d'éléments matériels

¹⁹⁷ Pour Arendt [1958], ces derniers ne constituent pas qu'un maigre et superfétatoire pis-aller, ils sont absolument nécessaires à la conduite des affaires humaines. Arendt voit en l'avenir « un océan d'incertitude » (cit. p. 302) que la « faculté de faire » et de s'engager vis-à-vis d'autrui permet de contrôler en partie.

¹⁹⁸ C'est d'ailleurs sur la base de ce constat que Hayek plaide pour une attitude pragmatique visant à laisser les valeurs et préférences des agents s'exprimer, convaincu que leurs confrontations, dans un cadre libéral adéquat, aboutira naturellement à la réalisation du « bien-être général ».

¹⁹⁹ Empédocle et dans une moindre mesure Thalès par exemple.

(atomes, composés, vide, etc.) et de causes efficientes (attraction, répulsion, poussée, etc.). Pour Jean Largeault, la théorie contemporaine des systèmes complexes constitue à cet égard « un renouvellement de l'antiréductionnisme [par un truchement double] : refus de la nécessité (sous la figure du déterminisme), affirmation que les causes mécaniques ne rendent pas compte de tout²⁰⁰ ».

Dès le milieu du XIX^e siècle, Mill [1843] a proposé de distinguer effets « homopathiques » et « hétéropathiques », ceux-ci mettant en jeu une conjonction d'actions d'ordre mécanique dont la somme (algébrique ou vectorielle) est inférieure à l'effet total à l'œuvre au niveau du système, alors qu'elle lui est égale considérant ceux-là. Développant cette conception, Lewes [1879] introduit la notion plus générique d'« émergence » – aujourd'hui devenue centrale pour rendre compte de la singularité des systèmes complexes – qui qualifie tout effet non réductible à l'action des composants dont il émane²⁰¹. La non-réductibilité dont il est question peut être d'ordre gnoséologique (inaccessibilité du lien dans un cadre théorique donné) aussi bien que de nature intrinsèque (irréductibilité ontologique). De cela découle l'imprédictibilité des faits émergents relativement à la seule connaissance des actions induites par les éléments qui les sous-tendent. On sait ainsi qu'une morphologie émergente, au sens gestaltiste du terme, peut constituer dans le domaine du vivant un stimulus opérant affectant l'environnement et conditionnant en retour ses parties (notion de « rétro-causalité²⁰² ») [Beckerman, 1992].

L'émergentisme entendu comme « avènement de la nouveauté²⁰³ » a fortement inspiré le positivisme spiritualiste de Bergson de même que les travaux ultérieurs relatifs aux phénomènes naturels d'auto-organisation par conditionnements multiscalaires réciproques. Ainsi formulé, l'émergentisme postule en quelque sorte le primat de l'*eidos* sur la *hylè* tout en prônant le dépassement de la cause efficiente par la cause finale. Loin de constituer une négation stricte du réductionnisme, ce concept peut constituer une voie de conciliation du dilemme épistémologique séculaire entre réductionnisme et holisme²⁰⁴. Il permettrait en outre de contribuer à résoudre le paradoxe apparent que constitue l'immixtion de zones d'imprédictibilité au sein de systèmes mettant en jeu des lois et des observables parfaitement déterminés.

²⁰⁰ Jean LARGEAULT, *op. cit.* Largeault fait là précisément référence au programme de la « Nouvelle Alliance » promu par Prigogine et Stengers.

²⁰¹ A l'inverse, Lewes qualifie de « résultante » l'action homopathique.

²⁰² Beckerman parle de « *downward causation* ».

²⁰³ Dans Andler *et al.* [2002], chap. « L'émergence ».

²⁰⁴ L'exemple paradigmatique de l'eau illustre bien cette médiation conceptuelle : une molécule d'eau isolée n'est en soi pas humide, cette qualité ne pouvant émerger que de la mise en commun et de l'interaction particulière de multiples molécules semblables. La réalité physique « eau » dérive de cette émergence, l'ensemble de ses qualités unitaires spécifiques également (conductance, transparence, température, etc.).

Dans le champ de l'économie, Sunny Auyang [1998] affirme que le modèle néo-classique de Concurrence Pure et Parfaite²⁰⁵, considérant des agents interchangeable parfaitement rationnels et non coordonnés ne peut conduire qu'à des phénomènes résultants, là où la modélisation néo-keynésienne tolère des manifestations d'émergence de l'ordre de celle que l'on observe en situation de marchés réels. Pour pouvoir se manifester, l'émergence présuppose : une inhomogénéité de nature entre les échelles *microscopique* et *macroscopique*²⁰⁶, une ineffectivité de l'opération de décomposition de l'ensemble en éléments simples et une indépendance qualitative entre les propriétés macroscopiques et microscopiques. *A contrario*, on assiste à la formation de phénomènes résultants lorsque les échelles sont structurellement homogènes entre elles et que les éléments unitaires sont faiblement couplés, voire totalement indépendants les uns des autres.

Les situations d'équilibres statiques auxquelles parviennent les modèles néo-classiques de l'économie ne permettent pas de rendre compte des phénomènes émergents (paniques, assèchement de liquidité par exemple) effectivement constatés sur les marchés financiers. Lorsque de tels modèles sont ajustés de manière à les rendre dynamiques, c'est en outre souvent au prix d'hypothèses *ad hoc*, calibrées le plus généralement à dessein. L'illusion « consiste à croire qu'on pourra penser l'instable par l'intermédiaire du stable, le mouvant par l'immobile » écrivait Bergson²⁰⁷ [1907] ; c'est bien de cela dont il s'agit.

²⁰⁵ Cf. entrée « Concurrence Pure et Parfaite » de l'Addendum.

²⁰⁶ Ces deux termes étant bien évidemment employés dans une acception large de manière à rendre compte de l'opposition entre éléments et ensembles.

²⁰⁷ Citation p. 1014.

3. INSCRIPTION TEMPORELLE ET HISTORICITÉ DES SCIENCES DU VIVANT²⁰⁸

*J'appartiens à un pays vertigineux où la théorie
est une part essentielle du réel.
— José Luis Borges²⁰⁹*

Propos synthétique : Où nous développons le rapport essentiel au temps des systèmes étudiés par les sciences du vivant. Pour ce faire, nous détaillons dans un premier temps l'ahistoricité marquant la modélisation néo-classique orthodoxe en économie et ses formes particulières dans le cadre des processus de marché. Nous montrons ensuite l'inadéquation de tels partis-pris théoriques au travers des différentes « performativités » (croyances, auto-référentialités, auto-normativité, intentionnalité) à l'œuvre dans tout système anthropique organisé pour enfin pouvoir reconsidérer les enjeux de la prédictibilité en leur sein. Ce faisant, nous soulignons le rôle essentiel et constitutif de l'historicité au sein de ces systèmes.

3.1. Les formes d'ahistoricité de l'économie et de la finance

3.1.1. Ahistoricité statique du modèle néo-classique walrasien

La révolution marginaliste se produit à la fin du XIX^e siècle avec Jevons [1871] et Menger [1871]. En France, dans le même temps, l'ambition de Walras – nous l'avons vu – n'est autre que « de créer l'économie mathématique²¹⁰ », autrement dit, d'établir les bases scientifiques rigoureuses d'une méthode scientifique à part entière, libérée de « toute littérature vague²¹¹ ». Le programme de son *Économie politique pure* consiste à bâtir « la théorie de la détermination des prix sous un régime hypothétique de libre concurrence absolue », ladite théorie ayant vocation à embrasser toutes choses matérielles ou immatérielles²¹² *rare*s, c'est-à-dire « à la fois utiles et

²⁰⁸ Le « vivant » est à entendre dans son acception la plus large, depuis les processus biochimiques microscopiques jusqu'aux organisations humaines.

²⁰⁹ José Luis BORGES, « La loterie de Babylone », dans *Fictions*, Paris, Gallimard, 1957, p. 88.

²¹⁰ Léon WALRAS, *Notice autobiographique*, 1893.

²¹¹ Antoine A. COURNOT, *Recherches sur les principes mathématiques de la théorie des richesses*, 1838.

²¹² Ainsi le travail se trouve-t-il également mis en marché comme bien immatériel correspondant à une offre effective de disponibilité productive.

limitées en quantité ». Par le truchement du marché, lieu et vecteur de l'échange transactionnel, n agents cherchent chacun à maximiser leurs utilités particulières en décidant à chaque instant de la meilleure allocation (rétention, acquisition, cession) entre les n_m marchandises substituables qu'ils détiennent ou souhaitent obtenir. Le modèle néo-classique marginaliste suppose l'absence d'interaction réelle autre que transactionnelle, envisage une médiation réalisée uniquement par les prix sans appel à la monnaie autrement qu'en tant que numéraire²¹³, et considère des agents parfaitement rationnels mais dénués de toute capacité stratégique²¹⁴.

Influencé par la lecture des *Éléments de statique*²¹⁵ de Poincaré, Walras conçoit son modèle économique comme un vaste système d'équations mettant en jeu les variables de demande (consommation) et d'offre (production) mises en regard par la condition d'égalisation de la demande par l'offre (et par ajustement réciproque) sur chaque marché établi, sous hypothèse de maximisation des fonctions d'utilité des agents. Walras entrevoit et pense le mécanisme – opérant par itérations successives – de confrontation des offres et des demandes ainsi que leur modulation par les prix, et a l'intuition qu'un tel système doit aboutir à un *équilibre général*²¹⁶, sorte d'équivalent des états statiques de la physique, stables parce qu'ils mettent en jeu des sommes de forces contravariantes qui s'annulent vectoriellement, et des optimums d'énergie potentielle :

Nous supposons toujours les données fondamentales du problème économique, soit les quantités possédées des capitaux et les utilités des produits et services consommables et du supplément du revenu net, invariables, de façon à avoir, en économique, l'analogie de ce qu'on appelle en mécanique un régime établi. Nous supposons, en outre, la phase des tâtonnements préliminaires terminée, autrement dit, l'équilibre établi en principe, et la phase de l'équilibre statique inaugurée, autrement dit, l'équilibre s'établissant effectivement²¹⁷.

S'il reconnaît l'existence de « tâtonnements » nécessaires à l'ajustement interdépendant des variables de prix, d'offres et de demandes, Walras ne décrit pas, pour autant, un système dynamique mais vise bien à caractériser un équilibre statique. En ce sens, les itérations sont au pire de nécessaires artefacts, au mieux des états transitoires constitutifs de la réalisation de l'équilibre par le système de prix en situation de Concurrence Pure et Parfaite [Bouleau, 2013].

²¹³ Dans sa *Théorie de la Monnaie*, Walras [1886] définit la monnaie en tant que numéraire, en établissant qu'elle « est une marchandise en laquelle on crée les prix des autres marchandises ou la valeur de laquelle on rapporte les valeurs des autres marchandises ».

²¹⁴ Au sens de la compréhension des intentions d'autrui et de la formation de croyances relatives à ces informations intrinsèquement incertaines et inaccessibles. Nous aurons l'occasion de développer ce thème en Partie 3.2.

²¹⁵ Louis POINCARÉ, *Éléments de statique*, 1803, 8^e éd., Paris, Bachelier, 1842.

²¹⁶ À la différence d'un équilibre partiel qui ne concerne qu'une marchandise particulière échangée sur un marché (dans ce cas on postule *ceteris paribus* d'éventuels autres biens non analysés), l'équilibre général caractérise un état stable et optimal au sens de Pareto dans le cas où n marchandises font l'objet de transactions.

²¹⁷ [Walras, 1874].

Comme dans le cadre de la physique mécaniciste classique, le temps n'a, dans l'approche néo-classique, pas de valeur opératoire réelle. Il est un substrat neutre, une sorte *d'infra-numéraire* fondamental ; il est, en creux, ce qui permet aux grandeurs physiques mesurées d'exprimer leur invariabilité une fois les équilibres recherchés atteints. L'agent économique walrasien baigne dans cette forme particulière d'atemporalité ; il est dépeint par Veblen à la manière d'un « calculateur de plaisirs et de peines, rapide comme l'éclair qui [...] oscille sous l'impulsion de stimulants qui le promènent dans l'espace sans l'altérer. Il n'a ni passé ni avenir. Il constitue une donnée humaine isolée et immuable, en équilibre stable, sauf sous l'action de forces qui le déplacent²¹⁸ ». La répartition initiale des biens et richesses est simplement négligée dans sa dimension historique ; elle apparaît en tant que sous-paramètre de l'utilité, là où l'économie politique traditionnelle en fait au contraire un enjeu central de nature politique et sociale.

Ce qui est ici en jeu, c'est une sorte d'*ἐπιτομή* méthodologique ; Walras ne nie pas le temps, il en suspend l'usage, le jugeant accessoire, voire superfétatoire compte tenu du résultat conclusif qu'il vise à établir et dont l'atteinte constitue l'un des postulats majeurs de sa théorie. Ce faisant il fait fi du processus pour ce qu'il est phénoménologiquement, afin de se focaliser sur sa finalité : l'état stable auquel doit aboutir l'amortissement du régime transitoire, nonobstant le fait que ce soit l'existence de cette finalité que la théorie qu'il construit doit pouvoir mathématiquement démontrer²¹⁹. La modélisation néo-classique réalise une épure du monde phénoménal par le biais d'hypothèses simplificatrices. Une telle opération de réduction procède d'une démarche scientifique classique en sciences physiques ; elle conduit ainsi à concevoir les systèmes économiques sous une forme hautement mécaniciste, anhistorique et atomiste, dont le calcul bien ordonné doit pouvoir rendre compte. Les trajectoires (ici des prix) ne subissent que des perturbations non invasives, et ne valent que par le *lieu* où elles aboutissent. Elles sont en outre le fruit de *dynamiques d'ajustements transitionnels* obéissant à des causalités d'ordre déterministe (puisqu'il s'agit de la satisfaction ou de l'insatisfaction d'agents conditionnées par leurs fonctions d'utilité stables et bien circonscrites). À la manière de gaz dont les chocs particuliers endogènes unitaires conduisent à l'équilibre thermodynamique – sous réserve qu'il soit suffisamment préservé de son environnement –, les « collisions²²⁰ » répétées d'offres et de demandes *doivent* aboutir à une homogénéisation stationnaire du marché tout entier.

²¹⁸ Thorstein VEBLEN, « Why Is Economics Not an Evolutionary Science? », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 12, 1898, p. 373-397.

²¹⁹ Nous rappelons que Walras, à l'issue de sa démonstration, ne parvient pas à démontrer l'existence et *a fortiori* l'unicité des vecteurs solutions de son système d'équation. En somme, s'il en a l'intuition analogique, Walras ne peut conforter son hypothèse fondatrice d'équilibre général médié par les prix.

²²⁰ Lucrèce évoquait déjà l'analogie entre collisions d'atomes et mouvements des poussières rendues visibles par des rais de lumière.

3.1.2. Pseudo-anhistoricité analytique à la Arrow-Debreu

Nous l'avons vu, Walras ne parvient pas à prouver formellement que son système admet une solution, donc que l'équilibre général dont il pose le primat puisse exister dans le cadre de la théorie qu'il fonde. S'il faut attendre Wald [1933] pour en obtenir une première preuve satisfaisante²²¹, on attribue volontiers la paternité de la démonstration historique à Arrow et Debreu²²² [1954], ultérieurement raffinée par Debreu [1959].

Arrow et Debreu considèrent un marché de n marchandises que s'échangent consommateurs et producteurs sous hypothèse de Concurrence Pure et Parfaite, marché intermédié par un « secrétaire de marché » chargé de confronter offres et demandes et d'ajuster les prix de manière à réaliser l'égalisation des unes par les autres²²³. Un tel cadre est supposé ne pas permettre l'existence de « points de saturation », c'est-à-dire qu'aucun vecteur de consommation ne peut être, dans l'absolu, supérieur à tous les autres. En outre, il ne tolère pas d'excès durable de la demande sur l'offre (et réciproquement de l'offre sur la demande), sans quoi, dans un sens l'ajustement par les prix à la hausse entraînerait sa disparition, et dans l'autre sens la convergence des prix vers 0 opérerait de manière à réduire à la fois l'offre productive et à accroître significativement la demande initialement déficitaire.

Dans cette modélisation d'« économie abstraite », les agents rationnels ne gagnent pas en *épaisseur historique* par rapport à l'approche walrasienne. En revanche, ils baignent dans un présent particulier qui intègre les potentialités du futur en les actualisant par le système même des prix. Arrow et Debreu considèrent en effet que la mise en marché d'une marchandise M_{t+1} disponible à un instant $t+1$, envisagée du point de vue de son prix à un instant t , revient à considérer une nouvelle marchandise à part entière dont on peut décider du prix $P_{M_{t+1}}$ en t pour n'en disposer qu'en $t+1$. Ainsi seule l'effectivité transactionnelle est-elle différée, alors que le mécanisme de fixation du prix de M_{t+1} reste strictement homogène à celui de M_t aussi bien que de toute autre marchandise. Et les fonctions d'utilité concernées de différer d'un bien à l'autre et de permettre l'expression de l'ajustement *demande-offre-prix*, ainsi que de l'établissement subséquent d'un équilibre qualifié d'« intertemporel ».

On retrouve cette manière de procéder chez Marshall [1890] lorsqu'il préconise le recours à l'emploi de la clause *ceteris paribus* de manière à pouvoir éviter de se prononcer quant aux interdépendances et influences réciproques des marchés entre eux – comme sur l'asymétrie des

²²¹ Wald démontre en outre l'unicité d'un tel équilibre.

²²² On trouvera un compte rendu détaillé de cette période historique dans [Cot et Lallement, 2006].

²²³ On retrouve là l'essentiel des hypothèses de base déjà posées par Walras. Cette intermédiation disparaîtra dans le modèle proposé ultérieurement par Debreu [1959].

systèmes étudiés dans le temps²²⁴ ; l'équilibre partiel sur un marché unique *confiné* devient alors un objet pur d'étude, certes théorique, mais néanmoins manipulable, dont l'usage en tant que modèle justifie à rebours la procédure employée.

Le modèle à temps discret d'Arrow-Debreu conçoit donc un marché de n marchandises à un instant t (certaines disponibles immédiatement, d'autres dans le futur) dont les prix s'ajustent à l'instant $t+1$ dans un espace des phases stable et pré-donné (ni les marchandises, ni les agents, ni leurs fonctions d'utilité ne varient). Nulle place ici pour l'immixtion de la créativité du temps bergsonien, nul espace pour l'irruption du soudain ; comme dans le schème laplacien, tout est ici ordonné selon des lois de préférence immuables et établies de telle sorte qu'elles aboutissent implacablement à la réalisation nécessaire d'un enchaînement de causes logiquement ordonnées. Dans cet espace singulier des prix, le futur n'est en fait pas véritablement disjoint du présent. En théorie, il lui est même arrimé lorsqu'il est envisagé à partir de lui, notamment parce que sa mise en marché le rend parfaitement déterminable – à partir du moment où un prix est fixé et qu'une contractualisation a lieu dans le présent, cette dernière a valeur de nécessité, elle fixe l'avenir de l'actif considéré, non pas pour le marché tout entier mais du point de vue des parties contractantes –, mais aussi parce qu'il lui est lié par une sorte de nécessité garantie par la relation d'arbitrage. Le marché crée en quelque sorte un ensemble de sous-partitions déterministes des états du monde, auquel l'univers ne saurait bien sûr se réduire, mais qui le constitue. Là où Walras fondait son approche sur la base d'une anhistoricité établie par suspension de la variable « temps » (paradigme statique), Arrow et Debreu réhabilitent le temps mais le *neutralisent* en quelque sorte au moyen d'arguments de nature analytique, fixés dans l'axiomatique même de l'approche modélisatoire qu'ils défendent. L'anhistoricité statique cède ainsi le pas à ce que nous qualifions de *pseudo-anhistoricité*²²⁵ *analytique*. Avec l'avènement des marchés organisés dans leur forme *moderne*, le rapport de la théorie au temps évolue encore, dans le sens d'une *anhistoricisation active*, processus singulier mis en branle par la mise en marché du risque décomposé (réplication dynamique).

3.1.3. Anhistoricisation active par la mise en marché

Les théoriciens néo-classiques placent le marché au cœur de la médiation entre les consommateurs et les producteurs, chacun étant *dans son camp* en concurrence avec tous les

²²⁴ Nous ajoutons cette précision, non explicite chez Marshall, mais découlant de l'approche méthodologique qu'il défend.

²²⁵ Le préfixe « pseudo » se veut témoigner de l'absence de négation du temps (que l'on retrouve dans l'approche statique walrasienne)

autres. Ainsi le marché acquiert-il une sorte de symétrie qui n'existait pas de la sorte dans le paradigme de l'économie classique, ce dernier posant le primat de l'offre²²⁶ comme déterminant de la dynamique transactionnelle. La Concurrence Pure et Parfaite opère en effet selon quatre principes majeurs : l'égalité des tous les agents dans l'échange (dont celle relative à l'accès à l'information), la liberté de procéder à l'échange²²⁷, l'atomicité des agents, et l'homogénéité des marchandises échangées, dans le temps comme dans l'espace (forme de stationnarité) [Guerrien, 1999].

Sur cette base paradigmatique, la finance s'est progressivement établie au cours du XX^e siècle en tant que champ des savoirs à part entière. Là où la science économique se préoccupe avant toute chose de la marchandise²²⁸ envisagée comme substrat fondamental des utilités individuelles et en fait son objet d'étude, la finance adopte pour point focal le déploiement du risque dans le temps ; en ce sens, elle s'affiche comme « science de l'incertain » [Orléan, 2011] au sein d'espaces des phases très homogènes, puisque les *objets* qu'elle manipule sont considérés comme réductibles en nature les uns aux autres.

La vision économique héritée du marginalisme conçoit l'appétence des agents à acquérir une marchandise comme la manifestation d'une utilité incrémentale qui quantifierait le plaisir ou l'intérêt des individus à jouir d'un bien ou d'un service particulier. Lorsque les utilités sont satisfaites, ainsi que nous l'avons vu, s'instaure un régime d'équilibre optimal du point de vue de la théorie des jeux. Le modèle théorique d'Arrow-Debreu, notamment dans les développements que lui accordera Debreu [1959], s'attache à penser les conditions de l'établissement d'un équilibre inter-temporel. La généralité des marchandises est telle qu'elle permet d'inclure dans ce cadre théorique les actifs contingents financiers dont la valeur finale dépend pourtant de la réalisation de certains états du monde dans le futur²²⁹.

Intuitivement, cela ne semble pas induire d'écueil méthodologique majeur, car il s'agit certes de biens intangibles, mais toutefois parfaitement déterminés quant à leurs caractéristiques formelles de nature contractuelle, et quantifiables en prix sans « ambiguïté » apparente ; ces biens sont *produits* par ceux qui les offrent et peuvent être échangés immédiatement ou de manière différée avec leurs *consommateurs*. Pour autant, le fait de pouvoir réaliser des transactions sur ce type de marchandise n'est pas sans conséquence sur l'historicité en jeu. À la différence d'un bien physique dont la production dépend d'un processus de conception et de réalisation inscrit dans le

²²⁶ Il s'agit de l'offre de travail par les « ouvriers » et de l'offre en marchandises par les producteurs.

²²⁷ Si l'échange ne peut être effectivement contraint dans le cadre de l'approche néo-classique, il relève tout de même d'une certaine automaticité dans la mesure où il est foncièrement déterministe, une fois les utilités fixées.

²²⁸ Le terme de « marchandise » étant à entendre dans son acception large de biens ou de services échangeables dans le cadre d'un rapport de nature économique.

²²⁹ Une option d'achat ou de vente de maturité $t+N$ (N représentant un nombre de jours fixé à l'avance) entrera ainsi dans le cadre de la théorie, au même titre qu'un bien matériel échangeable physiquement à l'instant t .

temps, l'actif contingent peut être créé *ex nihilo* et *ex abrupto* par la simple manifestation de la volonté d'un vendeur et le truchement de l'écriture. Il s'apparente, selon ce critère, à un service dont la contractualisation opère dans le présent, mais dont la réalisation s'insère dans un futur envisagé au moment de la transaction. Il reste néanmoins un service singulier, ayant trait à un engagement bilatéral asynchrone d'échange d'actifs financiers selon une temporalité généralement bien connue mais parfois elle-même sujette à la contingence des réalisations d'états du monde dans l'avenir²³⁰. Fondamentalement, ce qu'échangent alors les contractants, c'est un risque, c'est-à-dire une certaine quantification (établie ou à fixer) de l'incertain, ladite quantification étant rendue possible par la modélisation particulière de l'aléatoire, sous forme de processus stochastiques browniens, autrement dit de suites de variables aléatoires dépendant d'états particuliers du monde et indexées par le temps. Formellement il s'agit d'applications mesurables de l'espace multidimensionnel formé par le temps et par l'ensemble des états du monde, ce dernier se définissant comme « l'espace probabilisé fondamental muni d'une σ -algèbre et d'une mesure de probabilité » [Portait et Poncet, 2012]. La σ -algèbre ou tribu dont il est question décrit le « système d'information » connu à chaque instant et *s'enrichissant* sans cesse en s'auto-incluant. L'emboîtement généré de la sorte forme une « filtration » par rapport à laquelle toutes les variables aléatoires sont mesurables : on parle alors de processus « adapté » pour évoquer leur suite temporelle.

On considère que de tels processus présentent à la fois une propriété d'instantanéité (leurs valeurs successives sont connues sans délai) et de *cécité* vis-à-vis du futur : la modélisation fixe donc à chaque instant un présent gros de tout son passé mais aussi parfaitement dissocié de son avenir. Le caractère markovien du mouvement brownien précise même que le passé est tout entier projeté sur le présent dans la mesure où sa connaissance n'enrichit pas la capacité d'un observateur à prédire le futur. L'état du monde prévalant à un moment donné contient *tout ce qu'il y a à savoir* du monde car il en comporte toutes les traces pertinentes d'un point de vue gnoséologique.

Dans ce contexte, échanger une prime d'option contre l'espérance d'un intervalle de réalisation des états du monde ne présente rien de particulier si ce n'est la manipulabilité de la notion même « d'intervalle » ; c'est en effet la possibilité de *sélectionner* positivement (par inclusion) ou négativement (par exclusion) à l'avance une *partition* de l'avenir quant au risque auquel on souhaite être ou ne pas être exposé, qui fonde en grande partie la singularité des opérations financières portant sur des instruments optionnels. Pour l'acheteur d'une protection à la baisse

²³⁰ Ainsi fonctionnent par exemple certains produits à « maturité flottante », en fonction d'une ou plusieurs conditions portant sur des paramètres de marchés : les options *Timers* cessent d'exister une fois un certain « budget » de variance historique atteint, les produits « interruptibles » (*autocallables*) échoient lorsque le rendement de leurs sous-jacents atteint un niveau donné.

(option de vente), dont le seul risque princeps se situe dans la diminution de la valeur d'un actif qu'il détient au cours du temps (ce qui est le cas de tout agent stockant sa production physique), avoir la possibilité d'être *indemnisé* dans cette éventualité à la hauteur précise du préjudice financier qu'il pourrait subir – quel que soit l'état du monde avéré au moment de la maturité de l'option contractée –, revient à se défaire de l'incertain qui le menace. En d'autres termes, ce *consommateur* d'option achète dans le présent le pouvoir de déléguer à autrui (en l'espèce l'offrant, le vendeur de l'option) l'intégralité du risque qui le concerne. Le temps se voit alors comme parfaitement suspendu par l'opération de *couverture* qu'il a réalisée.

Pour le vendeur de l'option nue la situation semble inverse²³¹ : la transaction lui fait perdre sa neutralité initiale au temps et l'expose *ipso facto* aux risques susceptibles de s'y déployer. Cependant, depuis Black et Scholes et la méthode de couverture dynamique, on dispose d'une véritable heuristique garantissant le fractionnement du risque et son annihilation, si bien qu'en première approche on peut considérer que le vendeur d'option qui le souhaitera pourra lui aussi se défaire de toute incertitude qu'il jugerait dommageable. En réalité, il transférera à son tour le risque au marché, mais sous une forme remaniée par les opérations de couverture. Si le processus de couverture est bien inscrit dans le temps, le déterminisme qu'il garantit quant à son issue (à savoir la parfaite compensation du risque optionnel), procède ici encore d'une profonde déshistoricisation de la position économique des parties en présence. Ce qui opère là n'est rien de moins qu'un transfert depuis le *temps figé* du contrat vers le *temps dynamique* du processus de couverture.

3.1.4. La réplique dynamique comme forme d'ahistoricisation par le contrôle du risque

Conformément au modèle de « diffusion » [F1], le hasard inhérent à tout processus de marché est retranscrit au moyen du terme stochastique σdW qui le modélise en tant qu'homothétie (dont le facteur est égal au niveau de volatilité) d'un processus de Wiener standard (marche aléatoire). S'il est possible de le qualifier statistiquement *en moyenne* (du fait de sa forme gaussienne), en anticiper une réalisation future particulière reste hors de portée. En ce sens, comme nous l'avons vu plus haut, l'aléatoire est certes partiellement « contenu », mais perdure fondamentalement.

Pour un intervenant de marché détenant un actif coté, ce hasard se présente comme un risque précisément lié aux caractéristiques de la trajectoire d'évolution de l'actif considéré. Ce risque porté par l'acquéreur d'un actif est d'ordre directionnel : tant que le prix de marché de l'actif est

²³¹ Nous évoquons bien sûr la situation d'un vendeur net de risque (p. ex. un *market maker*), pas celle d'un agent cherchant lui-même à couvrir une position inverse.

inférieur à son prix d'achat toute revente se soldera par une perte financière (et réciproquement par un gain pour le vendeur du même actif, l'opération globale étant à somme nulle du point de vue de l'opération). Bien que l'espace des phases considéré puisse être plus large dans le cas de produits dérivés dont le rendement dépend de certaines réalisations de paramètres relatifs à un ou plusieurs actifs sous-jacents, il n'en va fondamentalement pas autrement. Même lorsque le paramètre observé n'est pas le prix de l'actif lui-même, mais un paramètre de *second ordre*²³² (la volatilité pour un contrat d'échange de variance²³³ (*Variance Swap*), la corrélation pour un *Call contre Call*²³⁴, etc.), ce qui importe *in fine*, c'est bien la directionnalité du paramètre et donc des caractéristiques d'évolution temporelle de la trajectoire de la grandeur sous-jacente observée.

Confronté à un risque de réalisation de cet ordre, l'intervenant de marché voit plusieurs opportunités stratégiques s'offrir à lui. Il peut adopter une attitude passive dite « de portage » qui consiste à ne rien faire ; il accepte dans ce cas le risque, voire le recherche. Il peut à l'inverse en réaliser une défaisse totale, c'est-à-dire prendre simultanément une position directionnelle contraire (à l'instant $t_1 \geq t_0$ l'acheteur d'un actif A à un prix $P_A(t_0)$ revendra le même actif au prix $P'_A(t_1)$). Enfin, lorsque cela n'est pas possible (absence de contrepartie par exemple), ou non souhaité (considérations de rentabilité de l'opération), il s'agira pour lui de se prémunir contre une partie du risque. Ainsi, un opérateur de marché pourra choisir de conserver une exposition à la volatilité réalisée d'une option mais pas à la directionnalité de l'actif sous-jacent. Il procédera alors à une opération de couverture, qui consistera à insensibiliser uniquement sa position en Delta²³⁵.

Comme le souligne fort justement Ayache [2004] et *a contrario* de ce qu'une certaine doxa académique affirme, la révolution « scientifique » qu'a constitué le modèle de Black et Scholes²³⁶ n'est pas l'obtention d'un prix par une méthode analytique pour les instruments dérivés simples que sont les options d'achat et de vente, mais la technique systématique de couverture que ce modèle a permise. L'usage d'instruments dérivés, linéaires comme optionnels, est ancien : Jonker et Gelderblom [2005] en attestent l'existence dès le XVI^e siècle²³⁷. Il apparaît par ailleurs que des

²³² En tout rigueur il conviendrait de distinguer paramètre d'ordre deux au sens de « pouvant s'exprimer comme une fonction du prix d'actif » (p. ex. la volatilité) de paramètre de degré deux en référence au niveau de dérivation auquel il correspond dans l'Équation aux Dérivées Partielles (le *Gamma* est ainsi un paramètre de degré deux en tant que dérivé seconde du prix d'actif et dérivé première du *Delta*).

²³³ L'acheteur d'un contrat d'échange de variance de maturité T et de strike K pour un nominal N reçoit à terme la valeur algébrique $N*(V_{r,T}-K)$, $V_{r,T}$ étant calculée comme la variance réalisée sur la période T (dite variance historique).

²³⁴ L'acheteur de *call contre call* acquiert une option d'achat sur un panier équipondéré d'actifs et revend simultanément une quantité nominale équivalente de *calls* individuels portant sur chacun des actifs.

²³⁵ Cf. entrée « Delta » de l'Addendum.

²³⁶ MacKenzie [2003] précise la coïncidence entre l'avènement de la méthode de gestion des risques héritée de Black et Scholes et l'essor de la période néo-libérale en Occident, ces deux moments historiques étant de toute évidence inter-corrélés.

²³⁷ Par les négociants en grains d'Amsterdam.

heuristiques cohérentes de répliation aient été mises en place bien avant que la théorie ne les intègre en son sein. Haug [2007] identifie par exemple chez Higgins [1902] et Nelson [1904] les prémices d'une gestion dynamique du *Delta* d'options d'achat et de vente européennes essentiellement émises à la monnaie. Haug et Taleb [2010] mentionnent en outre que Thorp et Kassouf présentent, dès 1967, des stratégies de gestion du risque mettant en œuvre des couvertures dynamiques en *Delta*. La modélisation du prix d'options est par ailleurs peu ou prou connue depuis les travaux de Bachelier ; elle est en outre également atteignable en temps discret par l'approche binomiale proposée par Sharpe [1978] et formalisée par Cox, Ross et Rubinstein²³⁸ [1979]. En revanche, il aura bien fallu attendre les travaux de Black, Scholes et Merton pour disposer d'une approche complète, quantifiée et systématique de couverture par un portefeuille simulant.

Ce qui s'est joué avec Black et Scholes relève de la *crystallisation* d'un « changement de rationalité²³⁹ » [Bouleau, 2000] dans la mesure où, jusqu'aux années 1970, le jugement prospectif et statistique des experts prévalait dès lors qu'il fallait évaluer l'opportunité d'une prise de position risquée sur les marchés. L'établissement d'une méthode systématique de couverture permettant d'insensibiliser certains portefeuilles de produits financiers à toute évolution des actifs sous-jacents a partiellement substitué une *technè* particulière à l'*épistémè* généralisée qui prévalait, et a en outre rendu possible l'émergence des marchés de dérivés qui ont pris une place conséquente au sein du système économique contemporain²⁴⁰. Jusqu'alors, tout agent économique souhaitant par exemple se prémunir contre la baisse d'un actif à un horizon de temps donné par le biais de l'acquisition d'une option d'achat devait trouver un agent tiers ayant une vision contravariante de l'état futur du monde ou disposé à prendre un risque d'ordre spéculatif moyennant une prime de risque jugée suffisamment conséquente au regard des scénarii d'évolution jugés les plus probables²⁴¹. Avec la répliation dynamique, il s'est avéré non seulement possible de déterminer la prime exigible de manière non ambiguë, mais on s'est également doté d'une manière de ne pas avoir à former de vision du monde puisque la *technè* bien appliquée doit garantir, ni gain, ni perte à celui qui la met en œuvre. Abandonnant une rationalité princeps d'ordre interprétatif, les marchés financiers ne sont ainsi pas devenus irrationnels mais en fait partiellement a-rationnels²⁴². Cependant, du point de vue des processus de choix agentiels

²³⁸ Cf. entrée « CRR » de l'Addendum.

²³⁹ Plutôt que d'un simple changement de rationalité, comme la littérature financière le considère usuellement.

²⁴⁰ Il est à noter que nous entendons « système économique » dans son acception la plus large. En 2017, le seul marché européen des dérivés représente un engagement notionnel de 660 000 milliards d'euros (source : ESMA). La démesure de ce chiffre donne régulièrement lieu à des abus argumentatifs, par ignorance de leur véritable signification ou à dessein, afin de dénoncer l'emprise des marchés financiers. Ils n'en restent pas moins conséquents, au point d'avoir un impact sur le tissu social dans son entièreté.

²⁴¹ En d'autres termes, la contrepartie de marché opérait un pari informé, au sens *ludique* du terme.

²⁴² Nous livrons ici en première approche une vision orthodoxe de la naissance des marchés financiers de dérivés simples. Cette vision sera enrichie et critiquée tout au long du présent exposé.

activés à chaque instant en leur sein, l'hypothèse d'absence de rationalité ou de non-irrationalité ne saurait tenir ; elle bute sur la performativité des décisions humaines, cette dernière étant intrinsèquement inscrite dans le temps.

3.2. Les performativités²⁴³ : déterminants de l'inscription historique des systèmes anthropiques

3.2.1. Connaissance du passé et appréhension de l'avenir

Cournot [1861] entrevoit l'histoire à la manière d'un processus sans cesse renouvelé du point de vue de ses enjeux et de ses déterminants ; il réfute toute idée d'une marche de l'histoire répondant à des lois invariantes, de l'ordre de celles que l'on peut observer en sciences de la nature. Toutefois, s'il admet un rôle à l'aléa, il conçoit aussi que les effets de structures puissent jouer un rôle déterminant. La vision de Cournot fait en un sens écho au principe métaphysique de raison suffisante.

Jamais rien n'arrive sans qu'il y ait une cause ou du moins une raison déterminante, c'est-à-dire qui puisse servir à rendre raison *a priori* pourquoi cela est existant plutôt que non existant et pourquoi cela est ainsi plutôt que de toute autre façon,

écrit Leibniz dans son *Théodicée*²⁴⁴, là où Cournot considère qu'en tout événement du monde il s'agit de dissocier la cause de la raison, celle-ci rendant compte de l'événement considéré alors que celle-là n'a que contribué – en totalité ou en partie – à sa production. Ainsi à l'apparition d'un organe du vivant trouvera-t-on souvent comme cause une mutation chromosomique spontanée ou environnementale, alors que la raison sous-jacente sera plutôt affaire d'avantage sélectif en matière de survie. On retrouve là, sous une forme réactualisée, l'ancienne partition aristotélicienne entre *cause efficiente* et *cause finale*.

Le déterminisme classique tolère que seules les causes efficientes soient connues, puisqu'à elles seules elles suffisent à définir, par le truchement des lois et l'emploi du calcul, l'évolution précise d'un système. Or, lorsqu'il est question de systèmes du vivant et *a fortiori* de systèmes anthropiques, les causes microscopiques importent moins que les raisons, au sens de Cournot [1872] : « L'histoire philosophique, la grande histoire, s'arrête peu à ces causes

²⁴³ Nous employons ce terme dans sa perspective la plus large, afin de traiter d'une pragmatique portant non seulement sur les instanciations langagières au sens d'Austin [1962] mais aussi sur les situations et configurations agentielles dans le cadre des dynamiques d'échanges économiques [voir p. ex. Callon [2007]].

²⁴⁴ [Leibniz, 1710], I, § 44.

microscopiques. Elle cherche une raison suffisante des grands événements c'est-à-dire une raison dont l'importance se mesure à l'importance des événements²⁴⁵ ».

Si les sciences physiques adoptent un temps neutre comme substrat, les sciences du vivant et *a fortiori*, de l'homme sont « faites de temps » [Anderl, 02] ; elles sont fondamentalement historicisées, ainsi que l'affirme Bergson [1907] : « Comme l'univers pris dans son ensemble, comme chaque être conscient pris à part, l'organisme qui vit est chose qui dure. Son passé se prolonge tout entier dans son présent, y demeure actuel et agissant²⁴⁶ ». Dans cette perspective, appréhender le présent et envisager l'avenir requièrent une forme d'accès au passé, dont la connaissance renforce la prédictibilité générale.

Parce que le passé est nécessairement « cristallisé », qu'il « a pris sa forme définitive », il est possible d'en détecter des traces dans le présent, traces qui nous renseignent sur la manière dont ce passé est advenu [Broglie (De), 1941]. Dans le cas de systèmes physiques parfaitement déterministes, la trace est en quelque sorte *complète* puisqu'elle constitue les conditions initiales du présent ; le temps quantifié des équations différentielles du mouvement est une variable algébrique, exhibant des propriétés de symétrie fortes. Dès lors que le système est – même infinitésimalement – dissipatif, la reconstruction de sa trajectoire effective peut s'avérer limitée par des phénomènes de divergences²⁴⁷ (ici *rétrogrades*) analogues à ceux qui nuisent à la prédictibilité au-delà des temps caractéristiques. Du fait de l'instabilité de leurs observables, les systèmes du vivant subissent l'irruption indéterminée du nouveau avec une acuité bien supérieure, ce qui les rend encore plus évanescents vis-à-vis de la rétrodiction. Cela ne signifie pas pour autant que cette dernière soit nécessairement vaine ; elle se situe parfois au cœur même de la démarche de preuve scientifique au sein des sciences anthropiques. La rétrodiction peut en effet être employée en tant que méthode de vérification d'une théorie prédictive à partir de paramètres passés bien connus vis-à-vis de phénomènes advenus que l'on cherche à simuler. On applique là à des événements passés une théorie non existante alors pour écarter notamment les biais d'auto-réalisation, autrement très délicats à éviter²⁴⁸.

Cournot [1851] considère que si le présent peut être empli de futur, en tant que potentialité actualisée via les lois de la nature, il n'en va pas de même pour le passé. Si dans un cas, on peut

²⁴⁵ COURNOT Antoine A., *Considérations sur la marche des idées et des événements dans les temps modernes*, 1872, IV^e section, § 3, dans *Œuvres complètes*, tome V, Paris, Vrin, 1979, p. 173-176.

²⁴⁶ *Op. cit.*, p. 70.

²⁴⁷ Dans *La Nouvelle Alliance* Prigogine [1979] évoque la dynamique réversible (symétrique par rapport au temps) des systèmes conservatifs qui ne se vérifie pas dans les systèmes dissipatifs ($f(t) \neq f(-t)$).

²⁴⁸ Cette méthode permet par exemple de contourner le risque de « sur-calibration » (*overfitting*) fréquent en finance. Sur ce sujet, on peut se remémorer la citation malicieuse et fort à propos d'Enrico Fermi (dans [Mayer et al., 2010]) : « Je me souviens de mon ami Johnny von Neumann qui avait coutume de dire, qu'avec quatre paramètres il pouvait simuler la forme d'un éléphant, et qu'avec cinq, il pouvait lui faire remuer la trompe » (traduction personnelle).

considérer que « toutes les phases subséquentes sont implicitement déterminées par la phase actuelle, sous l'action des lois permanentes ou des décrets éternels auxquels la nature obéit », dans l'autre on doit en effet accepter qu'il y ait eu « dans le passé des phases dont l'état actuel n'offre plus de traces, et auxquelles l'intelligence la plus puissante ne saurait remonter ». L'inaccessibilité historique *a posteriori* de certains mécanismes de dissipation ou de rupture systémique limite la reconstruction des faits du passé à partir de leurs traces dans le présent. Ainsi, trivialement, doit-on se résoudre à ce que l'étude du simple état d'un pendule au repos ne nous permette pas d'inférer de ce qu'il en a été des caractéristiques de son mouvement dans le passé, après sa mise en branle, sauf à avoir intentionnellement mesuré avec une infinie précision ses coordonnées généralisées et déterminé avec une minutie au moins égale les conditions de tous les observables en interaction environnementale (p. ex. les forces moléculaires de frottement) de l'espace des phases, à un moment précis du passé. Le passé des systèmes du vivant est pour sa part d'appréhension autrement plus complexe, car il est constitué d'un entrelacs de faits fortuits, détachés du déterminisme physique ; nombreuses sont ses ramifications abruptement éteintes et irrémédiablement rendues inaccessibles à la connaissance : toute intention humaine non réalisée, toute espèce disparue sans laisser de marque paléontologique peuple le vaste cimetière des savoirs éteints. La reconstruction des trajectoires des observables du vivant peut s'avérer bien plus malaisée que la prédiction de leur évolution dès lors que l'*Ursache*, la cause originare, est irrémédiablement isolée du présent gnoseologique ; pour Schlick [1925], lorsque les conditions initiales advenues ne sont pas connues et émanent d'un phénomène aléatoire, toute analyse étiologique est condamnée à rester spéculative ou incomplète. Et de cet aléatoire princeps historique dérive justement une forme particulière de hasard épistémique dans le présent.

C'est aussi pourquoi les tentatives les plus abouties en matière de modélisation des évolutions historiques du monde achoppent sur ces déterminants *extra-théoriques* : la probabilisation des facteurs observables dans l'approche de Cioffi-Revilla [2014], visant à définir une axiomatique des événements politiques critiques (conflits armés, krachs financiers, etc.), constitue certes une tentative louable de circonscrire l'incertain, mais n'en reste pas moins foncièrement limitative, faute de ne pouvoir d'une part réaliser de réelle calibration statistique au passé, et de ne parvenir d'autre part à circonscrire ce que la temporalité recèle d'innovations. Dans le champ particulier de l'économie, Knies [1853] réfute toute possibilité de subsumption des phénomènes relatifs aux interactions marchandes à des lois, critiquant « l'absolutisme de la théorie » en la matière : « les états de la vie économique, écrit-il, – de même que la théorie économique elle-même [...] – sont un résultat du développement historique ». C'est également l'argument que nous tâchons de défendre et d'étayer, à la lumière de ses développements contemporains.

3.2.2. Anticipations et croyances

S'il est malaisé, l'accès et l'énonciation des faits du futur n'en restent pas moins possibles²⁴⁹. Robert Nadeau [1999] définit la prédiction comme l'opération par laquelle un énoncé (*explanans*) est inféré par anticipation à partir de l'hypothèse de vérité d'une proposition tierce (*explanandum*). Toute prédiction porte donc sur un *explanans* qualifiant un état du monde futur dont on ne pourra constater la légitimité autrement qu'*ex post*²⁵⁰. La prédiction est un élément discursif dont la valeur de vérité est singulière en raison de la dimension temporelle qu'elle recèle. Dans une approche positiviste des sciences, la prédiction repose sur la connaissance des causes et des lois en jeu, cette connaissance constituant l'*explanandum* à partir duquel – sous réserve que le déterminisme soit (au moins localement) établi – il devient possible de dériver des énoncés vrais quant à un futur par essence non advenu. Nous l'avons vu²⁵¹, le critère de prédictibilité constitue même, à rebours, l'un des arguments fondant l'objectivation du discours scientifique.

Dans sa forme « faible », la prédiction peut se faire probabiliste, voire purement spéculative lorsqu'elle s'établit à partir de convictions, de croyances, voire d'intuitions. Toute prédiction opère différemment selon qu'elle traite de systèmes anthropiques en capacité de l'intégrer ou de systèmes naturels vis-à-vis desquels elle reste parfaitement exogène. À la différence de l'économie, la biologie²⁵² est ainsi parfaitement *insensible* aux discours de prédiction, quels que soient leur portée, leur validité ou leur contexte ; il en va *a fortiori* de même lorsque les objets considérés sont inertes (sciences physiques). Au sein des systèmes anthropiques, l'acte de prédiction peut en outre lui-même produire des observables pertinents de nature discursive, non seulement en vertu de leur potentialité à être crus, mais également en raison du potentiel de réactivité des agents vis-à-vis de leur réception.

Initialement étudiée par la psychologie, la question des prédictions au sein de tels systèmes occupe une place essentielle dès lors que l'on s'intéresse aux critères fondant la complexité épistémique de ces derniers. La science économique traite notamment de cette question par l'étude du concept central d'« anticipation », qui n'est autre que la vision que forment les agents au sujet des réalisations possibles de l'avenir, ainsi que de leur répartition statistique probable. Pour Myrdal [1933], le hiatus entre l'*ex ante* incertain et l'*ex post* univoque, se trouve même à l'origine des dynamiques constatées dans le champ de l'économie. L'approche néo-classique de cette problématique a d'abord considéré l'identité *statique* entre prédiction et réalisation, afin de

²⁴⁹ Tout du moins partiellement et sans assurance de vérité.

²⁵⁰ Sauf s'il s'agit bien sûr d'une proposition tautologique ou plus globalement logiquement nécessaire.

²⁵¹ Cf. Partie 2.3.3 – « Déterminisme stochastique ».

²⁵² Dont on aurait expurgé l'homme dans sa dimension sociale.

garantir l'hypothèse de rationalité : de tels modèles considèrent que les agents également informés, en situation de Concurrence Pure et Parfaite, établissent des prévisions identiques (homogénéité inter-agentielle), conformes (coïncidence de la prédiction à ce qui advient) et stables dans le temps (les prédictions ne sont pas révisées tant qu'une nouvelle information décisive n'est pas diffusée). L'hypothèse de rationalité implique donc, dans cette perspective, une forme de cohérence inter-temporelle, dont elle est garante.

Ces modèles sont de nature extrapolative dans la mesure où la seule information pertinente provient du passé et se cristallise dans le présent. Ils sont à ce titre en cohérence avec la représentation paradigmatique markovienne des processus de marché. Pour autant, la théorie économique n'a pas manqué d'enrichir sa conception de l'anticipation pour la rendre adaptative (les agents révisent leurs prévisions en fonction des écarts constatés), régressive (la vision du futur est anti-corrélée au passé en vertu d'une présupposition de *moyennage* des événements sur le long terme), voire mixte²⁵³. Le cas de l'enrichissement adaptatif induit la prise en compte de phénomènes d'auto-référentialité généralement traités par la théorie au tout premier ordre, de manière foncièrement déterministe : à chaque instant l'agent est en mesure d'actualiser la valeur de sa « fonction » d'écart qui devient un nouveau paramètre d'entrée de sa fonction d'utilité. Il y a là une forme faible de récursivité itérative au sens où cette dernière reste « bénigne » du point de vue des complexités qu'elle peut impliquer puisqu'elle ne tolère nulle déformation réelle de la fonction d'écart envisagée (seulement de ses paramètres d'entrée), nulle boucle infinie, nul paradoxe d'auto-référentialité²⁵⁴. C'est à de telles complications épistémiques que Don Patinkin [1990] faisait référence en qualifiant le thème de l'anticipation de « boîte de Pandore » théorique.

Nous l'avons vu, l'intuition de Bachelier portant sur la non-anticipabilité des marchés a été promptement confortée par les travaux séminaux de Cowles et Jones [1937] sur l'absence de régularité statistique exploitable²⁵⁵ ou de Kendall [1953]. Pour autant il est acquis que les agents, considérés individuellement comme envisagés conjointement, développent en permanence des jugements liés à l'avenir, et que de ces jugements sans cesse actualisés émanent leurs décisions d'investissement ou de couverture. Toute micro-modélisation raisonnable des dynamiques transactionnelles devrait par conséquent en considérer les enjeux théoriques induits. La non-prédictibilité des marchés n'est pas incompatible avec le fait que les agents procèdent par

²⁵³ Nous suivons ici la synthèse proposée par Christian de Boissieu. Voir par exemple « Quelques éléments sur la formation des taux d'intérêt en France », *Économies et Sociétés*, 14, 1980.

²⁵⁴ Nous développerons ce thème en Partie 3.2.3 – « Auto-référentialités ».

²⁵⁵ Nous verrons plus loin que ces résultats ont été discutés, voire partiellement remis en cause, notamment dès lors que l'on s'est intéressé à des paramètres d'ordres supérieurs à la simple directionnalité. Voir p. ex. la partie 6.4 – « Émergence de motifs et arbitrabilité ».

anticipation : en premier lieu parce qu'à ce stade nous avons rendu compte d'une vision essentiellement autorégressive – inspirée de Cowles, c'est-à-dire basée sur la répétition des tendances historiques observées (*momentum*) ou au contraire sur leur inversion (*retour à la moyenne*) – de la prédiction et que l'analyse du passé est loin d'être l'unique élément permettant l'anticipation, ensuite parce que les agents empiriques envisagés isolément ne sont pas rationnels et peuvent de ce fait mal évaluer l'information disponible, enfin parce que chaque agent inclut dans son évaluation du futur ce qu'autrui pourra isolément décider en situation d'incertitude. Le marché met en commun et confronte ainsi des anticipations non seulement disjointes mais rationnellement limitées, selon des limitations propres aux agents considérés.

Le paradoxe bien connu, dit de Saint-Pétersbourg²⁵⁶, formulé par Nicolas Bernoulli, met en évidence une situation où seule la non-rationalité (au sens orthodoxe néo-classique du terme) des anticipations d'un agent peut expliquer son comportement empirique. L'hypothèse de résolution du paradoxe proposée par Daniel Bernoulli [1738]²⁵⁷ repose sur le constat de la limite de la notion d'espérance, supplantée par celle d'utilité, qui explique pourquoi un agent refuserait d'entrer dans un jeu présentant une espérance de gain infinie ; ce que cherche en effet à optimiser un agent *réel* en première instance, ce n'est pas son espérance *stricto sensu* mais l'espérance de son utilité propre.

Ramsey [1931] et les subjectivistes estiment pour leur part que la connaissance même des probabilités à l'œuvre peut être problématique dans la mesure où l'évaluation de chaque agent répond à une « logique de croyances partielles » et idiosyncratiques en partie liée à son passé propre²⁵⁸. Nous savons par ailleurs que, dans une perspective alternative, strictement fréquentiste, la fixation de la valeur juste de l'espérance d'une utilité se heurte au problème de la classe de référence. Dans un cas comme dans l'autre, au premier ordre, il serait en conséquence plus juste de considérer que les agents maximisent – comme ils le peuvent – ce qu'ils estiment être l'espérance de leur utilité implicite. La logique alors convoquée procède de probabilités imprécises dont traite notamment la théorie des fonctions de croyance²⁵⁹.

En outre, parce qu'elle implique une forme particulière, généralement plurivoque, de traitement et de cristallisation de l'information au cours du temps, toute croyance est le produit d'une

²⁵⁶ « Pierre lance une pièce et la relance jusqu'à ce qu'elle montre " face " quand elle est au sol. Il convient de donner à Paul un ducat s'il tire " face " au premier jet, deux ducats s'il tire " face " au second jet, quatre au troisième, huit au quatrième et ainsi de suite, de telle manière qu'à chaque jet supplémentaire, soit doublé le nombre de ducats qu'il doit payer. Supposons que nous voulions déterminer l'espérance de Paul. [...] Bien que le calcul habituel indique que la valeur de l'espérance de Paul est infiniment grande, il y a lieu [...] d'admettre que toute personne à peu près raisonnable serait contente de céder sa chance pour vingt ducats. », Nicolas Bernoulli cité par Daniel BERNOULLI, « Exposé d'une théorie nouvelle sur l'évaluation du risque », 1738, traduit de l'anglais dans *Revue de statistique appliquée*, vol. 19, n° 3, 1971, p. 5-18.

²⁵⁷ Bernoulli [1738] mentionne lui-même que dès 1728 Gabriel Cramer a su aboutir à une solution très proche de la sienne.

²⁵⁸ « The subject of our inquiry is the logic of partial belief » écrit Ramsey, *op. cit.*

²⁵⁹ Cette théorie a été tardivement introduite par Dempster [1967] et développée par Shafer [1976] ; elle vise à établir une méthode mathématique permettant la synthèse de propositions de preuves distinctes dans l'évaluation d'une probabilité. Elle étend la théorie des fonctions subjectives en généralisant l'inférence bayésienne classique.

conformation historique particulière, à la fois individuelle et collective, qui la structure. Elle est en outre *restituée* par le truchement de l'interprétation [Phelps, 1987], cette dernière relevant elle-même de représentations conditionnantes. Schelling [1960] considère ainsi que toute décision consciente impliquant – même indirectement – des agents tiers et prise sans concertation (hypothèse atomiste) repose *a minima* sur « quelque vision du monde », c'est-à-dire sur un corpus d'hypothèses tacites, de références implicitement partagées. Cette vision du monde est nécessairement le produit, sans cesse actualisé, d'interactions physiques ou symboliques survenues au cours du temps. Elle est en outre singulière à chaque individu et relative à son historicité propre, nonobstant le substrat commun sur lequel elle s'établit.

Malgré tout, cette forme de *savoir partagé*²⁶⁰ présente comme vertu de rendre possible une rationalité d'ordre paramétrique, mettant en jeu une coordination non concertée, de l'ordre *apparent* de celle que l'on peut observer dans le cadre des dynamiques de marchés. Sans avoir à échanger, la simple observation du paramètre de référence que constitue le prix permet à chaque agent d'établir une décision consciente et explicitable. Mais, comme l'a mis en évidence André Orléan [2011], il suffit que le halo informationnel qui environne le prix soit asymétriquement connu par les agents pour que s'active une toute autre rationalité, d'ordre stratégique cette fois, autrement plus complexe à appréhender et à circonscrire par l'analyse. À ce stade, la rationalité paramétrique que nous évoquons est à entendre au sens large, comme catégorie générique intégrant les biais et l'incomplétude, voire l'ambiguïté de l'information disponible (dont le comportement d'autrui) : chaque agent cherche *en un sens* à maximiser ses choix du point de vue du bénéfice qu'il en retirera, sans pour autant y parvenir nécessairement. Frydman [1982] a notamment démontré qu'il n'est pas vérifié que les inférences des agents convergent vers les projections théoriques auxquelles devraient conduire des choix rationnels et adéquatement coordonnés.

De surcroît, la simple considération de la potentialité d'occurrence d'anticipations mettant en jeu un système de croyances dans le choix des agents peut constituer une source d'incertitude extrinsèque à même de modifier en profondeur les dynamiques théoriques. Déjà, dans sa *Théorie Générale de l'Emploi, de l'Intérêt et de la Monnaie*, Keynes expliquait la variabilité de l'investissement par les « esprits animaux » des entrepreneurs, c'est-à-dire rien de moins que leur « besoin instinctif d'agir », entretenu par un « enthousiasme naturel ». Plus tard, les travaux

²⁶⁰ La littérature anglo-saxonne parle communément de « *Common Knowledge* » (CK) que Jean-Pierre Dupuy [1989] définit en ces termes : « une proposition P est CK dans une communauté de sujets connaissants si : 1) elle est vraie ; 2) elle est connue de chacun ; 3) chacun sait que les autres la connaissent ; 4) chacun sait que chacun sait que les autres la connaissent, etc., jusqu'à l'infini. La plupart des analyses de la théorie des jeux postulent, le plus souvent de façon implicite, que sont CK : les données du problème, la rationalité des joueurs, les stratégies jouées à l'équilibre (cette dernière hypothèse étant particulièrement théorique dans le cas fréquent d'une multiplicité d'équilibres).

fondateurs d'Azariadis [1981] et leurs développements par Woodford [1986] montreront comment de telles croyances contribuent à l'établissement d'une incertitude de nature stochastique quant à des valeurs de paramètres d'équilibres théoriquement établies à l'extérieur du système (Équilibres Stationnaires à tâches Solaires²⁶¹). À la démonstration par Shiller [1981] de la non-commensurabilité des variances historiques des marchés d'actions aux références théoriques, Kleidon [1986] oppose la nécessité de considérer le fait que c'est justement la vision qu'établissent les agents vis-à-vis de l'évolution future de certains paramètres par essence incertains²⁶² qui introduit dans les dynamiques de marchés une part d'aléatoire, sans incompatibilité avec l'hypothèse modélisatoire fondamentale d'anticipation rationnelle des agents²⁶³. Même s'il ne s'agit pas de la vision que nous défendons, il importe de saisir les nombreux efforts théoriques visant là à garantir la validité de la modélisation néo-classique.

3.2.3. Auto-référentialités

Sur la base du postulat de symétrie informationnelle²⁶⁴, l'orthodoxie néo-classique fait fi de toute rationalité d'ordre stratégique²⁶⁵. Or, le seul jeu des croyances induit des biais entre agents dans la manière dont l'information est reçue, interprétée, voire complétée lorsqu'elle est ou paraît lacunaire, ainsi que nous l'avons évoqué précédemment. Tirole [1996] montre comment les représentations stéréotypiques que forment les individus au sujet de leurs pairs, considérés isolément ou en tant que groupes homogènes du point de vue de l'un ou de plusieurs critères particuliers, conditionnent non seulement leur vision du monde, mais aussi par voie de conséquence, leurs comportements économiques. Ces représentations sont en outre marquées par la caractéristique notable de répondre à des dynamiques d'hystérésis, c'est-à-dire qu'elles sont persistantes dans le temps, bien après que la *perturbation* qui en est à l'origine est amenée à disparaître. Lorsqu'elles sont suffisamment établies, elles peuvent même devenir des saillances cognitives (au sens de Schelling) qui sont autant de nouveaux vecteurs implicites de coordination et de développement d'anticipations conditionnées.

²⁶¹ Le modèle ESS fait référence aux travaux de Jevons [1878] établissant l'influence des cycles d'apparition des taches solaires sur les cycles économiques à partir de la covariance et de la coïncidence de leurs séries quantitatives. Cass et Shell [1983] qualifient d'équilibres à tâches solaires les situations où la variation de paramètres de marchés (prix, volumes alloués, etc.) est décorrélée des déterminants économiques et semble dériver de variables aléatoires extrinsèques, la simple croyance en une telle relation suffisant à permettre l'atteinte d'un équilibre effectivement ainsi conditionné.

²⁶² C'est le cas des dividendes d'entreprises cotées lorsque l'analyse financière ne permet pas d'anticipation concordante, soit parce qu'il s'agit d'occurrences lointaines dans le temps, soit parce que l'activité des entreprises considérées subit des changements endogènes (p. ex. changement de stratégie managériale) ou exogènes (p. ex. crise sectorielle) rendant incertaines les corrélations usuelles avec des « comparables » (entreprises du même secteur à capitalisation proche) ou avec le passé.

²⁶³ Ces références sont citées par Phelps [1987].

²⁶⁴ En vertu duquel les agents partagent la même information.

²⁶⁵ Cf. *supra*.

L'analyse par Schelling des saillances qui permettent la synchronisation non paramétrique et non médiée d'agents isolés fait état d'une rationalité singulière, de nature autoréférentielle [Orléan, 1999], dans la mesure où elle se prend elle-même pour objet et que de la manière dont elle se déploie dépendent également les conditions de son effectivité. Il s'agit là d'une expression stratégique ne relevant pas du cadre paradigmatique de la théorie des jeux, car c'est bien en dehors du jeu lui-même, dans son substrat historique infrastructurel, que les agents puisent les éléments auxquels ils se réfèrent, de manière peu ou prou consciente. Si deux agents parfaitement rationnels dans un cadre de Concurrence Pure et Parfaite doivent convenir de la valeur d'une grandeur entière (sur un échantillon fini de taille N) parfaitement inconnue de chacun, *ex abrupto* et sans pouvoir se concerter, la théorie prévoit qu'ils n'obtiendront la même estimation qu'avec une probabilité $1/N$ donnée par une loi de probabilité homogène. Si N est infini (choix de n'importe quel entier), il leur est alors impossible de converger vers une valeur similaire. En vérité, la situation opère tout à fait différemment du fait de l'existence de saillances qui orientent et sélectionnent les choix possibles *ex ante* et de ce fait modifient intégralement le champ des stratégies rationnellement envisageables, en le réduisant drastiquement autour de valeurs pivots [Schelling, 1960]. Quant aux critères de fixation de ces valeurs, on sait qu'ils peuvent dériver de charges symboliques (le chiffre 13), de considérations d'économie stratégique (le chiffre 1), de rémanences historiques (pratique d'un « jeu » similaire), d'inférences portant sur les conventions d'autrui (choix de la valeur maximale N), voire d'une appréciation purement auto-référentielle (hypothèse de similitude d'« intuition » autour d'une valeur x quelconque ou signifiante *intuitu personæ*), soit autant de racines décisionnelles dont on peut rendre compte mais qui échappent souvent à l'anticipation raisonnée²⁶⁶.

Keynes [1936] envisage la situation bien connue du « concours de beauté » comme analogue à certaines situations autoréférentielles observées sur les marchés, qu'il énonce en ces termes :

[...] la technique du placement peut être comparée à ces concours organisés par les journaux où les participants ont à choisir les six plus jolis visages parmi une centaine de photographies, le prix étant attribué à celui dont les préférences s'approchent le plus de la sélection moyenne opérée par l'ensemble des concurrents. Chaque concurrent doit donc choisir non les visages qu'il juge lui-même les plus jolis, mais ceux qu'il estime les plus propres à obtenir le suffrage des autres concurrents, lesquels examinent tous le problème sous le même angle. Il ne s'agit pas pour chacun de choisir les visages qui, autant qu'il en peut juger, sont réellement les plus

²⁶⁶ Les travaux de Metha et Ali (cités par Orléan [2011]) mettent en évidence les conditions d'émergence de « croyances conventionnelles » parfois collectivement biaisées.

jolis ni même ceux que l'opinion moyenne considérera réellement comme tels. Au troisième degré où nous sommes déjà rendus, on emploie ses facultés à découvrir l'idée que l'opinion moyenne se fera à l'avance de son propre jugement. Et il y a des personnes, croyons-nous, qui vont jusqu'au quatrième ou au cinquième degré ou plus loin encore.

La théorie néo-classique ne considère que des croyances « primaires » fondamentalistes²⁶⁷, là où les dynamiques observables de marchés mettent en œuvre des niveaux supérieurs de l'ordre de ceux que Nagel [1995] a mis en évidence : si certains agents démontrent un tel niveau de raisonnement stratégique (niveau dit L_0), la plupart forment des hypothèses quant à ce que les autres agents pensent, certains quant à ce que les autres pensent qu'ils pensent, *et cætera, ad infinitum* (niveaux L_1, L_2, \dots, L_n). Il faut néanmoins observer que dans le cas des marchés, la binarité des décisions d'achat-vente réduit la cardinalité de l'ensemble $\{L_n\}$: soient deux agents A et B indépendants et agissant sur le même marché M , si A investit uniquement en fonction de sa conviction propre $L_0(A)$ relative à l'évolution de M , alors vis-à-vis de lui B pourra soit faire de même en ne se souciant pas de $L_0(A)$ ou intégrer $L_0(A)$ à son choix (dans ce cas $L_1(B)$ est une fonction de $L_0(A)$), il peut aussi estimer que A émet des hypothèses de premier ordre à son endroit et dans ce cas, B fondera son jugement $L_2(B)$ sur sa représentation de $L_1(A)$, et ainsi de suite aux ordres supérieurs.

Et même si, contraints par leurs capacités cognitives et par la décroissance marginale de l'intérêt à élever leur niveau de raisonnement stratégique, la plupart des agents n'excèdent pas le niveau L_3 , il importe de ne pas négliger ces phénomènes *spéculaires* dans le façonnement des anticipations empiriques [Orléan, 2011].

Par ailleurs, on pourrait considérer l'imitation, non pas comme un « comportement déviant » ainsi que la conçoit généralement l'orthodoxie économique²⁶⁸, mais comme une forme particulière de rationalité en situation d'incertitude (au sens de Knight) [Orléan, 1986]. Cette stratégie *frugale* (puisque'elle ne suppose pas d'analyse raisonnée) permet – dans les faits – de compléter une information jugée parcellaire, erronée ou manquante, comme le mentionnait déjà Keynes [1937] :

Sachant que notre propre jugement individuel n'a que peu de valeur, nous nous reposons sur celui du reste du monde, qui est peut-être mieux informé que le nôtre. Ainsi, nous

²⁶⁷ Les travaux de John Burr Williams [1938] sur la valeur intrinsèque ont été parmi les premiers à poser le primat de l'analyse fondamentale comme soubassement des prix. Nous développons la question de la valeur « fondamentale » en Partie 7.2. – « Apostasie de l'hypostase de la valeur ».

²⁶⁸ La plupart du temps, elle se contente de l'éluder, puisque les agents qu'elle considère ne prennent que des décisions pleinement ou partiellement rationnelles isolées les unes des autres.

tendons à nous conformer au comportement de la majorité ou de la moyenne. La psychologie d'une société d'individus copiant les autres relève de ce que l'on pourrait rigoureusement qualifier de jugement *conventionnel*²⁶⁹.

La prise en compte de phénomènes d'imitation permet de rendre compte de trois types distincts de dynamiques de convergence : dans une optique fondamentaliste, l'imitation *guide* les tâtonnements princeps vers la valeur juste, correctement estimée par les agents les mieux informés ; lorsque qu'aucune valeur cible ne trouve un consensus suffisant, l'imitation peut entraîner *a contrario* une fixation autour de points de références aléatoires ou incertains et amplifier des errances d'évaluation, jusqu'à la crise dans les cas les plus instables ; enfin, si une majorité d'agents parvient à former des visions homogènes du monde sur la base d'une convention, aussi irrationnelle puisse-t-elle être, l'imitation peut garantir une stabilisation vers cette référence singulière. Dans ce dernier cas, il s'agit de la manifestation d'une « convention keynésienne » que l'on rencontre en économie dès lors que l'on a affaire à la mise en œuvre de méthodes d'évaluation en situation d'incertitude [Orléan, 1986].

3.2.4. Auto-normativité performative

Évoquant les sociétés humaines, Karl Jaspers [1958] envisage leur singularité en ceci que « l'[leur] pensée de l'entendement invente et crée. Ses prescriptions peuvent être exécutées et multiplier ses réalisations en les répétant indéfiniment. Il en résulte une organisation du monde dans laquelle quelques cerveaux construisent des machines, créant pour ainsi dire un second univers dans lequel par la suite les masses servent en tant qu'agents d'exécution²⁷⁰ ». Par le jeu de l'entendement, tout système anthropique est en mesure d'engendrer des construits conceptuels endogènes qui peuvent constituer autant de *media* référentiels, potentiels supports à une modification de la pragmatique opératoire des agents dudit système. Cet argument est notamment défendu par Heidegger [1957] lorsqu'il énonce qu'« en même temps que l'information informe, c'est-à-dire renseigne, elle in-forme, c'est-à-dire dispose et dirige. »²⁷¹. L'information se fait alors *dispositif* actif de domination de l'homme sur le monde, sur lui-même et sur ce qu'il institue. Cette capacité – propre aux systèmes anthropiques – à générer une information non seulement pertinente *per se* mais également conditionnante vis-à-vis d'une partie de la masse

²⁶⁹ « *Knowing that our own individual judgment is worthless, we endeavor to fall back on the judgment of the rest of the world which is perhaps better informed. That is, we endeavor to conform with the behavior of the majority or the average. The psychology of a society of individuals each of whom is endeavoring to copy the others leads to what we may strictly term a conventional judgment* » (traduction personnelle).

²⁷⁰ Cité par [Bouleau, 2013].

²⁷¹ *Id.*

informationnelle subséquentement produite constitue une particularité décisive quant au déploiement de ces systèmes dans le temps.

Nous nous intéresserons ici spécifiquement à l'information relative à l'anticipation des agents dans le cadre des systèmes économiques de marché²⁷². On peut y envisager trois modalités de production de discours ayant trait à l'avenir : la prévision, qui consiste en la description de l'évolution d'un système²⁷³ à partir d'un modèle dont on connaît les conditions de la dynamique à l'œuvre ; la prospective ayant pour objet la détermination de l'ensemble des états du monde futurs susceptibles de se déployer à partir d'une configuration contextuelle donnée ; la prophétie, qui repose sur l'énonciation d'une *vision* de l'avenir par un agent qualifié [Dupuy, 2012]. La complexité modélisatoire et la part d'imprédictibilité intrinsèque inhérentes à l'édifice théorique en sciences économiques et financières favorisent naturellement une forme particulière d'expression prophétique reposant sur le savoir d'experts, et qui trouve généralement la source de sa potentialité prescriptive dans sa légitimité technique. Nous la qualifions de proprement *auto-normative* dans la mesure où elle relève d'une « capacité statutaire » établie de manière endogène au système, en vertu d'une contextualisation théorique et d'un assentiment d'ordre psycho-social, ce dernier étant renforcé par le « capital symbolique » – c'est-à-dire la reconnaissance octroyée à un agent de la part d'un groupe – dont l'expert bénéficie [Bourdieu, 1991].

Les trois modalités discursives susdites participent de l'émergence de phénomènes d'« auto-réévaluation des anticipations » [Merton, 1948] produits par les systèmes anthropiques et agissant en leur sein même. La confiance que les agents placent en un tiers fonde la légitimité de son discours, et définit subséquentement sa portée opératoire en tant que *signal de coordination*. Ainsi une « prophétie », même invalide, peut-elle isolément générer des comportements d'agents qui lui sont conformes, renforçant en retour son niveau de crédibilité et accroissant *ipso facto* le niveau d'adhésion qu'elle suscite. Popper [1957] comme Merton ont chacun décrit avec pertinence ces mécanismes fondamentaux de « prophéties auto-réalisatrices » à même d'entraîner des évolutions structurantes, indépendamment de leur rationalité réelle.

Plus largement encore, il convient d'observer que de tels phénomènes de rétroaction caractérisent une partie de la singularité insigne de la complexité observée au sein des systèmes transactionnels. Cette dernière trouve son origine dans ce qu'Orléan [2011] qualifie d'« hypothèse mimétique » et qui correspond à l'ajustement continu des fonctions d'utilité des agents par le

²⁷² La plupart des systèmes sociaux humains hébergent des phénomènes de performativité, d'auto-référentialité et d'auto-normativité. Cependant, les effets induits par ces phénomènes divergent en nature et en intensité selon les systèmes considérés. Nous restreignons notre analyse aux systèmes de l'économie et de la finance.

²⁷³ Ou de certaines de ses sous-parties les plus saillantes.

truchement dual d'une médiation *externe* de l'ordre de celle que nous venons de traiter au sujet de la vision d'expert et d'une médiation *interne* résultant des différentes interactions directes entre les agents. Du postulat aristotélicien selon lequel « l'homme diffère des autres animaux en ce qu'il est le plus apte à l'imitation²⁷⁴ », René Girard dérive son concept de désir mimétique, pour rendre compte de configurations où le comportement d'un agent dépend avant toute chose de celui d'autrui, l'un conditionnant l'autre par le simple jeu de la spécularité. La *mimèsis* des systèmes économiques favorise l'endogénéité de certaines de leurs dynamiques spécifiques et agit comme « levier d'autonomisation » par rapport à l'information environnante ; elle se déploie de façon évidente dans les configurations auto-réalisatoires. Elle constitue une forme de rationalité dont l'objet – de nature éminemment sociale et conventionnelle – peut même s'autonomiser de toute considération fondamentaliste²⁷⁵. Il s'agit bien de cette spécularité que Keynes évoque en affirmant que les prix reflètent avant tout ce que les agents croient être les anticipations des autres, elles-mêmes établies selon une logique de croyance partiellement mimétique [Keynes, 1936].

Elle sous-tend le phénomène de « suivisme » (*herding*) [Ariely, 2011], qui se traduit par le constat d'une influence de l'histoire et des représentations ou perceptions d'autrui sur l'estimation ou l'acceptation par les agents de la valeur des biens qu'ils échangent. À partir de l'étude des fonds d'investissements français, Aroui *et al.* [2013] montrent à cet égard que le suivisme se manifeste par exemple sur les marchés de petites capitalisations (*small-caps*) : il se traduit par une corrélation significative des stratégies directionnelles – particulièrement prononcée à la hausse. Lorsque des fonds souverains investissent sur des marchés extra-européens, cet effet est encore plus marqué, ce qui tendrait en outre à conforter l'hypothèse d'une influence importante de la rareté de l'information sur ce phénomène.

La science économique, en tant que domaine d'exercice très balisé de l'entendement humain, revêt une dimension performative singulière en ceci que le déploiement de ses principes peut modifier son objet d'étude même, et de manière récursive les propres conditions de son effectivité. Cette performativité peut en outre se rendre *conformative* lorsqu'elle conditionne les comportements d'agents ainsi que la nature de leurs relations [Callon, 2006]. Certains des quasi-axiomes sur lesquels se fonde l'économie (loi d'ajustement de l'offre et de la demande, rationalité des agents, efficacité des marchés, etc.), et par dérivation la finance, présentent une valeur duale, à la fois normative – puisqu'ils se trouvent constitués en tant qu'énoncés atemporels vrais dans un cadre théorique donné – et répondant peu ou prou à une nécessité descriptive, qui se traduit par un corpus de lois et hypothèses partiellement adaptatives et mouvantes.

²⁷⁴ Aristote, *Poétique*, IV.

²⁷⁵ « La rationalité spéculative a pour objet la croyance des autres, mais elle-même est vide de toute croyance spécifique sur l'économie » [Orléan, 1999].

Cialdini²⁷⁶ [2004] évoque deux modalités distinctes de conditionnement des agents par les normes qui les environnent : d'une part, une forme de normativité descriptive consistant en une explicitation des facteurs qui affectent les décisions des autres agents, autant que leur phénoménalité ; d'autre part, une normativité de nature prescriptive. Ainsi en est-il très tôt allé de l'économie positiviste, qui dès Jules Dupuit a vu certaines de ses hypothèses simplificatrices devenir des conditions, voire des injonctions d'ordre politique vis-à-vis de la bonne marche des systèmes transactionnels [Coutard, 1997]. À partir de sa critique des postulats à l'origine de la formulation du résultat paradigmatique de Black, Scholes et Merton, Taleb [2007] observe une normativité du même ordre en théorie des marchés. Nonobstant un corpus d'hypothèses éloigné du réel, le modèle BSM s'est imposé parmi les praticiens, étayé par une très large diffusion au sein de la communauté des experts, garante d'une forme faible de vérité épistémique²⁷⁷. C'est d'ailleurs ce qui conduit Walter [2013] à considérer le modèle BSM comme une « prénotion » au sens de Durkheim²⁷⁸ [1894], c'est-à-dire une « représentation schématique et sommaire [...] formée par la pratique et pour elle²⁷⁹ ».

La science économique ne se contente pas d'observer le fonctionnement de l'économie, comme la biologie le ferait des systèmes du vivant, « elle la rend effective, la modèle et la formate » selon Callon [1998]. Elle actualise la notion de vrai en lui substituant un critère pragmatique d'échec ou de succès opératoire, tout en intégrant en son sein la possibilité de la simple énonciation d'une telle évaluation *a priori* suffise à établir les conditions suffisantes de sa réalisation. En outre, estime Callon :

alors que la notion de prophétie auto-réalisatrice explique [ces] succès et échecs en termes de croyances uniquement, le concept [plus large] de performativité transcende les esprits humains et se déploie sur toutes les matérialités dont les agencements sociotechniques, qui constituent le monde au sein duquel les agents sont plongés : la performativité laisse ouverte la possibilité d'occurrence d'événements en contradiction, voire même en totale indépendance, avec ce que les humains croient ou pensent²⁸⁰.

²⁷⁶ Cité par Tirole [2016], p. 199.

²⁷⁷ Il est par ailleurs entendu que le modèle BSM tire également une grande partie de sa légitimité de sa commodité opératoire, puisqu'il permet d'obtenir une formule analytique simple à manipuler fixant les prix d'option d'achat et de vente, ainsi que les valeurs des « grecques » de réplcation, que les agents ont appris à ajuster de manière à compenser les approximations du corpus d'hypothèses. Ainsi que l'énonce MacKenzie [2003] : « la finance mathématisée est une composante à part entière de l'infrastructure du monde moderne. Les techniques développées à partir du programme de recherche de Black, Scholes et Merton continuent de fonctionner parfaitement bien pour des millions de transactions quotidiennes ; penser à les abandonner serait une impensable gageure » (traduction personnelle). Mais comme nous le mettrons en évidence à la suite de Taleb, la robustesse du modèle BSM ne doit pas masquer ses lacunes en situations de marchés *extrêmes*.

²⁷⁸ Durkheim emprunte lui-même ce terme à Bacon et considère qu'il s'agit de « la base de toute méthode scientifique ».

²⁷⁹ Nous soulignons.

²⁸⁰ « *Whereas the notion of a self-fulfilling prophecy explains success or failure in terms of beliefs only, that of performativity goes beyond human minds and deploys all the materialities comprising the sociotechnical agencements that constitute the world in which these agents are plunged: performativity leaves open the possibility of events that might refute, or even happen independently of, what humans believe or think* », Michel Callon, cité par Leclerc-Olive [2011] (traduction personnelle).

De telles boucles endogènes de rétroaction émergent ainsi parfois d'anticipations *antirationnelles*, voire *extra-rationnelles*²⁸¹, qui peuvent échapper au jugement des agents mais auxquelles ces derniers sont néanmoins en mesure de souscrire librement.

3.2.5. Intentionnalité et apodicticité transcendantale des lois de marchés

« La connaissance ou pure “représentation” n’est qu’une des formes possibles de ma conscience “de” cet arbre, écrit Sartre²⁸², je puis aussi l’aimer, le craindre, le haïr, et ce dépassement de la conscience par elle-même, qu’on nomme “intentionnalité”, se retrouve dans la crainte, la haine et l’amour. » D’une manière plus générale encore, la conscience qu’ont les hommes de leur capacité à saisir comme objet de connaissance et de sensation les objets de leur monde environnant qualifie l’intentionnalité qui les anime. Cette intentionnalité est parfaitement absente des systèmes de la physique et pose question dans ceux du vivant²⁸³ – *a minima* pourrions-nous nous accorder sur la portée limitée de leur prégnance. Elle est *a contrario* décisive dans la compréhension des systèmes anthropiques transactionnels.

Toute forme d’intentionnalité met en branle un ensemble de valeurs inscrites dans l’histoire individuelle autant que collective des agents comme *rétenion*, et se déploie dans le temps, en tant que *protension*, au sens husserlien²⁸⁴ du terme [Levinas, 1949], c’est-à-dire en actualisant sans cesse l’*attention* inscrite dans le présent de tout ce qui constitue le « flux de conscience ». La survie du vivant est conditionnée à l’articulation juste entre *mémoire* et *protension*, soit deux modes de captation du temps passé et à venir afin de guider l’action présente. La *protentionnalité* des formes de vie les plus simples est surtout protensive²⁸⁵ : Merleau-Ponty [1953] l’assimile à la « motilité », c’est-à-dire à la capacité de *porter sa volonté*²⁸⁶ vers un élément exogène à soi. À des niveaux de complexité supérieurs, elle se traduit par la confrontation de

²⁸¹ Nous faisons là référence aux fausses croyances, aux évaluations erronées, aux biais, etc.

²⁸² [Sartre, 1939], p. 31.

²⁸³ Ainsi par exemple Dominique Guillo [2017] défend-il « l’idée selon laquelle les êtres vivants doivent être considérés comme des êtres dotés d’une forme de “consistance” réelle sur deux plans. Tout d’abord, l’intentionnalité individuelle qui peut leur être prêtée n’existe pas seulement dans l’œil humain : son existence et sa nature dépendent fondamentalement des possibilités ouvertes par le type de relation fonctionnelle qu’ils peuvent entretenir avec leur environnement écologique – lequel peut toutefois changer de façon contingente. Ensuite, les collectifs qu’ils peuvent former – y compris les collectifs interspécifiques – n’existent pas davantage uniquement dans l’œil humain : ils ont une consistance réelle – certes flottante et susceptible de s’actualiser suivant une large palette de modalités pratiques – conférée par leurs possibilités d’ajustements mutuels, par les prises qu’ils s’offrent mutuellement, au cours de leurs interactions concrètes ».

²⁸⁴ Selon Husserl la perception du monde opère dans le flux du temps au travers de la synthèse sans cesse actualisée de la rétention, du présent immédiat et de la protension, cette dernière correspondant à l’anticipation de l’instant à venir.

²⁸⁵ Même si l’on sait qu’au niveau des organismes pluricellulaire basiques du point de vue de leur organisation biologique, il existe déjà un conditionnement de la *protension* aux stimuli passés (modification de la réactivité motrice, altération du matériel chromosomique, etc.)

²⁸⁶ Plus les organismes sont simples, plus cette « volonté » est bien entendue stéréotypée car réflexe

visions stratégiques idiosyncratiques intrinsèquement inscrites dans le temps et prenant pour matériau l'information, mais établies selon ces mêmes modalités universelles que sont la *rétension* et la *protension*. Pour l'agent économique, la donnée informationnelle la plus *utile* à la formation d'une anticipation rationnelle constituera-t-elle ainsi la matière première de ce flux, au même titre – au second ordre – que la conscience peu ou prou explicite de ce flux, ou que toute croyance subjective ayant trait aux représentations similaires chez les autres agents.

Comme nous l'avons précédemment envisagé, les anticipations agentielles peuvent induire des complexités systémiques de nature autoréférentielle et se déploient selon une logique autonormative protéiforme. Cette dernière est le fruit d'une combinaison à la fois tacite et explicite d'intentionnalités dirigées, situées dans le temps. Il en résulte la confrontation de rationalités idiosyncratiques – à la fois mutuellement conditionnées et implicitement coordonnées –, d'où peut émerger une forme d'ordre d'ensemble au niveau macroscopique des marchés constitués. Se manifeste de la sorte une anthropologie *créatrice de normes*, pendant de l'épistémologie particulière du vivant décrite par Canguilhem [1966], définissable par sa capacité de production morphologique. En résulte une sorte d'« ordre créatif » bergsonien agrégé, établi en dehors du champ effectif de la prévision, « expression de la liberté humaine et de l'imprévisibilité de la durée » [Bergson, 1907]²⁸⁷.

Quant à Hayek²⁸⁸, il ne conçoit pas que le simple agencement *naturel* des rationalités parfaites des agents walrasiens soit en mesure de réaliser l'équilibre de coordination permis par la théorie ; il considère plutôt que ce qui est à l'œuvre, ce sont « les forces aveugles [d'un] processus social²⁸⁹ ». La complexité sensible desdites forces rend leur action difficilement descriptible et témoigne de leur indocilité nomologique, laissant *a minima* un espace vacant à un aléatoire d'ordre épistémique. Considérant la marche du social, Rousseau [1762]²⁹⁰ aspirait à des lois régissant la cité avec autant d'inflexibilité et d'extériorité que celles de la nature, garantes d'une liberté équitablement dispensée et fondamentalement juste, car autonomisée vis-à-vis des volontés « capricieuses » de certains hommes à l'endroit de tous les autres. Pour Hayek, les lois des marchés réalisent la vision rousseauiste en ceci qu'elles apparaissent comme éminemment apodictiques du fait même de la « complexité sociale » qui leur est corrélative, et qu'elle agirait en conséquence comme un critère majeur de détermination ontologique, largement inaccessible à

²⁸⁷ [Bergson, 1907], note 26.

²⁸⁸ Voir Friedrich HAYEK, *Collected Works: The Market and Other Orders*, vol. XV, Br. Caldwell (éd.), Chicago, University Press of Chicago, 2014.

²⁸⁹ Cité par Dupuy [2012].

²⁹⁰ « Les passions et les vices mettent les hommes en conflit ; la vie sociale amène une inégalité nouvelle, excessive et douloureuse. Or, si l'homme pouvait rester libre en cédant à des lois universelles et inflexibles, il devient nécessairement esclave, et souffre de sa sujétion, lorsqu'il doit obéir à des maîtres capricieux et volontaires qui l'utilisent comme un instrument en vue de fins qui lui sont étrangères. » [Rousseau, 1762], page 16.

toute velléité de manipulabilité²⁹¹. En somme, les lois du marché procéderaient d'une transcendance garante de la liberté d'action des individus, prémunis contre un arbitraire détenu et exercé par autrui.

3.3. Une théorie des jeux imparfaite

L'exemple keynésien paradigmatique susdit du « concours de beauté », où il s'agit pour les agents en présence d'effectuer des choix, non pas sur la base rationnelle de l'information disponible, mais à partir de ce qu'ils estiment être les décisions des autres, entraîne des dynamiques cognitives singulières et complexes. Comme nous l'avons précédemment vu, elles mettent en œuvre des mécanismes d'auto-référentialités agissant – parfois à l'insu des consciences agentielles mêmes – selon des modalités diverses et enchevêtrées.

Observant qu'il existe des situations où, par construction, une partie de l'information disponible est inaccessible aux agents, et que de ce fait, ces derniers sont contraints de formuler des *conjectures* à propos des situations et des intentions subséquentes de chacun de leurs pairs afin de pouvoir eux-mêmes décider de manière optimale, Von Neumann et Morgenstern [1944] ont établi les bases fécondes d'une « Théorie des jeux » destinée à traiter de ces configurations innombrables à l'interface entre déterminisme et indéterminisme, qu'ils nomment « situations conditionnées²⁹² » :

[il s'agit de] situations qui peuvent se dénouer d'un grand nombre de manières possibles, selon des lois qui ne sont prévisibles ni par le calcul des probabilités, ni par le calcul algébrique ordinaire, mais qui ne sont cependant pas « quelconques », car elles sont limitées par un certain nombre de conditions fixes, *insuffisantes pour les déterminer, suffisantes pour les circonscrire*²⁹³.

Comme Fourastié le précise ici, les situations « coordonnées » débordent le cadre strict de la ludicité probabiliste traditionnelle et peuvent décrire de nombreuses classes de phénomènes : du *simple* jeu de bridge à la situation « du chef d'État recherchant le maximum d'efficacité pour la nation », ou du dirigeant d'entreprise souhaitant établir une stratégie de maximisation de ses profits espérés.

²⁹¹ On peut retrouver cette analyse chez Dupuy [2009].

²⁹² Ainsi que l'observe fort justement Fourastié [1951], on retrouve également chez Pierre Vendryès de nombreuses convergences analytiques avec les travaux de Von Neumann et Morgenstern. Voir par exemple [Vendryès, 1942].

²⁹³ [Fourastié, 1966], p. 160, les exergues sont de l'auteur.

Il n'est pas anodin que la démonstration historique de l'existence d'un équilibre économique en situation de marché complet par Arrow et Debreu se fonde, pour partie, sur un résultat majeur de la théorie des jeux – en l'espèce, l'optimum de Pareto. Le cadre modélisateur d'« économie abstraite » considéré par les auteurs est envisagé comme un « jeu » à part entière, dans la mesure où, au niveau de chaque agent et vis-à-vis de tous les autres, de toutes décisions potentielles et de leurs réalisations effectives pourra dériver une conformation de marché particulière, imprédictible du point de vue d'un observateur extérieur, mais néanmoins descriptible.

Si la théorie des jeux, dans sa forme paradigmatique, s'avère formellement anhistorique du fait de la staticité dont elle est empreinte²⁹⁴, elle ne saurait l'être du point de vue de son champ d'application empirique. Toute stratégie comporte une part de rétention mémorielle à la fois tacite et explicite, et de protension intentionnelle ; l'une et l'autre affectent les choix effectifs de manière non prédictible, chacune étant conditionnée par un faisceau de traces historiques au sein du système considéré [Longo, 2017]. C'est pourquoi Michel [2018] souligne que les prix de marché « demandent à être interprétés en fonction de schèmes interprétatifs, en fonction des circonstances et des situations, [et] en fonction du « stock social de connaissances » accumulé par les agents²⁹⁵. »

Il ne peut y avoir d'équilibre dans un contexte où les agents sont, au moins partiellement, libres de leurs actes et rationnellement stratégiques, qu'à condition qu'un optimum puisse être atteint. Dans le cadre de l'approche néo-classique, il est supputé que, pour y parvenir, les utilités doivent être objectivables, c'est-à-dire déterminées et unitaires²⁹⁶ – donc stables et convexes²⁹⁷ – de manière à garantir l'absence de phénomènes *extrêmes* de nature à déstabiliser la dynamique du système considéré [Orléan, 2011]. Cependant, prenant pour hypothèse le comportement maximisateur des agents vis-à-vis de ces utilités, Sonnenschein [1972]²⁹⁸ a pu montrer qu'il est impossible de dériver de quelconques résultats quant à l'unicité et à la stabilité de l'équilibre atteint dans le cadre modélisateur – pourtant très restrictif – susdit. Ce résultat se voit de surcroît affermi si l'on adopte une théorie moins simplificatrice substituant à l'utilité cardinale néo-classique son acception ordinale teintée de subjectivité, inspirée de la théorie parétienne de la

²⁹⁴ Il existe une approche dynamique de la théorie des jeux, considérant notamment des récurrences ou successions de situations d'équilibres en sous-jeux [Selten, 1975].

²⁹⁵ Cit. p. 6.

²⁹⁶ Les adaptations récentes du modèle néo-classique tolèrent une forme de spécularité dans l'établissement des utilités. Ainsi « Sussangkarn and Goldman [1983] représentent le sentiment d'envie comme externalité négative, en supposant que l'utilité des agents décroît lorsque la richesse d'autrui est supérieure à la leur. Plus généralement, la notion d'utilité relative, qui tient compte des comparaisons de richesse, est développée dans plusieurs modèles micro-économiques qui conservent la structure néo-classique de la théorie de la valeur et de l'utilité » [Pignol, 2012].

²⁹⁷ Orléan mentionne la nécessité de l'hypothèse de décroissance des utilités marginales qui nous semble limitée aux premiers travaux marginalistes, mais que les auteurs néo-classiques du XX^e siècle ne requièrent pas, comme l'observe fort justement Claire Pignol [2012]. La démonstration relative à l'équilibre général en situation de marché parfait se fonde en effet sur une ophélimité et non sur une généricité objective des utilités. L'ophélimité, terme proposé par Pareto [1896], correspond à l'utilité particulière, contextuelle et subjective d'un individu vis-à-vis d'un bien. En ce sens, elle est à rapprocher de la notion de valeur d'usage.

²⁹⁸ Les travaux princeps de Sonnenschein ont été enrichis [Sonnenschein, 1973] puis généralisés par Mantel [1974] et Debreu [1974]. En vertu du théorème de Sonnenschein-Mantel-Debreu, on ne peut établir d'équilibre macro-économique unique sur la base de la conjonction des rationalités individuelles.

valeur d'usage et qui « exprime le rapport de convenance par lequel une chose satisfait un besoin ou un désir, légitime ou non²⁹⁹ ».

On sait en outre, qu'en vertu du théorème de Lancaster et Lipsey [1956], dès lors que les conditions de Concurrence Pure et Parfaite ne sont pas garanties, l'optimum parétien ne peut être atteint. De plus, et c'est là l'un des enseignements majeurs de ce résultat, l'accessibilité d'un « optimum de second rang³⁰⁰ » n'est envisageable qu'au prix du remaniement d'autres conditions opératoires du système, c'est-à-dire qu'à la condition que certains observables soient redéfinis. Ainsi, trivialement, en présence de phénomènes de « distorsions » de marché liés par exemple à l'existence d'externalités, rien ne permet de définir *a priori* les conditions résiduelles qui garantiront la réalisation d'un état d'équilibre de second rang. L'existence d'une distorsion peut même paradoxalement, dans cette optique, entraîner le fait que l'introduction d'autres déformations environnementales (« naturelles » ou « institutionnelles » au sens de Lancaster-Lipsey) renforce la *stabilité* parétienne secondaire du système. Même théoriquement, l'analyse locale *fragmentaire* d'un système complexe de marché nécessite de considérer les autres marchés environnants³⁰¹ et de considérer l'équilibre dans une perspective générale. En pratique la modélisation estime que lorsqu'un marché est suffisamment *isolé* de son environnement, l'approche fragmentaire peut s'appliquer, sous condition [Davis et Winston, 1967]. Nous verrons à la suite de notre exposé³⁰² en quoi une telle configuration ne saurait que marginalement s'appliquer en situation de marché financier. De ce fait, toute théorie des jeux dont il pourra être question sera intrinsèquement *imparfaite*.

²⁹⁹ [Pareto, 1896].

³⁰⁰ Désigne, en économie, le deuxième état du système le plus favorable quand l'*optimum* ne peut être atteint.

³⁰¹ On parle alors de rejet de la « *piecemeal policy* » [David et Whinston, 1967].

³⁰² Voir notamment la Partie 4.3 « Régime de percolation et criticité transitionnelle », où nous montrons l'importance de la connectivité dans les *réseaux* de la finance.

4. VERS UNE ONTOLOGIE DES CRISES

La nature procède le plus communément par imitation et répétition mais elle a aussi ses innovations, ses caprices, ses initiatives. Dans ce cas elle agit avec une extrême vigueur.

— Charles Maurras³⁰³

Propos synthétique : Où, après avoir établi un parallèle entre bifurcations morphogénétiques au sein des biosphères et manifestations critiques au sein des écosphères, nous proposons d'analyser les crises en tant que « brisures de symétries », ces dernières survenant à la manière des phénomènes physiques de percolation au sein des réseaux inter-orgoniques. Cette analogie nous permettra de rendre compte du phénomène singulier de « panique » et d'envisager ses effets résolutoires (notion de « métastabilité »). Enfin, nous tenterons de qualifier le rôle décisif des événements rares en économie de marché avant de présenter certaines des limites et défaillances des différentes stratégies de modélisation courantes en théorie financière, communément destinées à enrichir la modélisation « standard » (linéarisation, processus à sauts, dépendance au sentier, etc.). À partir de ces écueils méthodologiques, c'est bien la complexité épistémologique insigne du phénomène de crise que nous mettons en exergue.

4.1. Bifurcations morphogénétiques au sein des biosphères et des écosphères

Les objets inertes, « lesté[s] de géométrie », évoluent dans une temporalité réversible et eschatologiquement neutre. *A contrario*, l'ontogénèse du biologique s'insère dans une historicité constitutive, permissive à un « jaillissement ininterrompu de nouveauté³⁰⁴ » [Bergson, 1907] et téléologiquement orientée, ainsi que nous l'avons précédemment vu. Pour autant, le vivant ne se déploie pas selon la logique du déterminisme, mais dans un espace imprédictible de potentialités dont la diversité a, pour Bergson, valeur de loi quant au développement de la vie. Certes le mécanisme de reproduction des espèces assure-t-il une certaine permanence d'ordre

³⁰³ Charles MAURRAS, *Mes idées politiques*, Paris, A. Fayard & Cie, 1937.

³⁰⁴ Selon des modalités que nous détaillerons ci-après.

morphologique – dont le code génétique est le garant de la pérennité – mais cette forme de stabilité n'exclut pas que « pour chaque individu le programme résulte d'une cascade d'événements, tous contingents » [Jacob, 1970]. Ce qui est à l'œuvre, ce n'est pas la réalisation d'un « plan général³⁰⁵ », mais bien l'action sans cesse actualisée d'un entrelacs de ruptures structurelles, au sein même des organismes, comme au niveau des espèces qu'ils constituent. Vouloir penser la vie dans la perspective d'un continuum théorique est un leurre : « la nature fait des sauts », et de ses « hiatus manifeste[s]³⁰⁶ » dépend même la survivance du biologique.

Plus précisément, pour Boussinesq [1922], le vivant se distingue de l'inerte par ses « bifurcations de voies » que traduit mathématiquement « une certaine indétermination des intégrales ». Au niveau phylogénétique, la rupture pertinente est primordialement opérée par le processus de mutation³⁰⁷, qui, selon De Vries [1909] survient non seulement subitement, mais paraît affecter durablement la destinée des espèces et sans que celles-ci ne présentent « aucune tendance à retourner graduellement à [leur] forme originale³⁰⁸ ». Le régime naturel de la mutation est celui du soudain, de l'aléatoire et du discontinu. Mais nous le verrons, il n'est pas le seul mécanisme à affecter les trajectoires phylogénétiques.

On sait par ailleurs, avec Dendrinos et Sonis [1990], que les systèmes anthropiques auxquels nous nous intéressons « sont généralement assez étendus et assez puissants pour présenter *d'eux-mêmes* des comportements dynamiques instables et complexes, et cela, *quels que soient les facteurs retenus pour leur étude* ». Les auteurs soulignent là le fait que « des processus itératifs simplement déterministes [sont] capables d'engendrer des phénomènes turbulents et chaotiques, [mettant] en question l'idée selon laquelle les systèmes socio-économiques seraient stables et calmes ». Nous considérons que nombre des manifestations critiques affectant ces systèmes proviennent de tels mécanismes. Toutefois ces derniers ne sont pas nécessairement radicaux et massifs ; ils peuvent s'avérer contenus quant à leur portée, mais se voir magnifiés par la dynamique interne du système même, auquel cas, d'une inflexion limitée en amplitude peut dériver une bifurcation singulièrement divergente dans ses effets induits.

Les marchandises (biens et services, tangibles ou financiers, échangeables sur un marché permettant la *libre* interaction entre acheteurs et vendeurs) considérées dans leur ensemble constituent les unités fondamentales des « écosphères » [Koppl *et al.*, 2015] que l'on peut, à notre sens, considérer à profit d'un point de vue épistémologique comme des structures présentant

³⁰⁵ Comme soutenu par Goethe [1837].

³⁰⁶ Georges CUVIER, « Mémoire sur les Céphalopodes et sur leur anatomie », dans *Mémoire pour servir à l'histoire et à l'anatomie des Mollusques*, Paris, Déterville (éd.), 1817, p. 21.

³⁰⁷ Nous ne développerons pas ici les conséquences de l'évolution par « recombinaison développementale », par souci de simplification du propos. Voir à ce sujet [West-Eberhard, 2005].

³⁰⁸ Cité par Jacob [1970], p. 241.

de nombreuses et fécondes analogies avec les écosystèmes du vivant (biosphères). Un certain degré de *similarité* phénoménologique entre ces ensembles nous paraît en effet digne d'étude, ne serait-ce qu'en vertu des résultats limitatifs que nous pourrions tenter de transposer de l'un à l'autre.

Il nous semble ainsi que l'innovation en économie puisse être analogiquement mise en regard de la mutation en biologie. L'une et l'autre se traduisent *a minima* par la trace d'un point critique affectant au moins un paramètre d'ordre du système considéré, singularité non analytique pour les trajectoires d'évolution à son voisinage. D'un point de vue strictement mathématique, la non-analyticité, c'est-à-dire l'impossibilité de linéariser les équations de « mouvement » par un développement de Taylor approprié constitue bien souvent un obstacle lourd à la prédictibilité. Si la science économique a longtemps traité des équilibres, c'est notamment pour éviter ce *point aveugle* épistémique que constitue la criticité. Pour les sciences physiques elles-mêmes, l'investigation des systèmes *loin de l'équilibre* ne s'est constituée en tant que champ d'étude que tardivement, et son arsenal théorique et modélisateur donne encore lieu à de vifs débats³⁰⁹.

Au sein des éconosphères, l'innovation constitue un *point pivot* à partir desquels peuvent s'opérer des bifurcations systémiques. Le champ de l'économie permet deux types d'innovations : les innovations endogènes dont l'action est centrifuge, qui concernent les objets du système et influent sur l'environnement, et les innovations externes centripètes qui émanent de l'extérieur du système mais en affectent les déterminants.

Ainsi au XVIII^e siècle le système de Law a-t-il été marqué par un niveau d'innovation financière important, introduisant notamment de nouvelles modalités d'investissement, dont des « primes » à effet de levier assimilables à des options d'achat. Cette frénésie innovationnelle interne a induit des phénomènes de sur-spéculation dont l'issue a irradié la société dans son organisation politique tout entière (action centrifuge), comme le relate Murphy [2010]³¹⁰ : « le coût du système sur le long terme fut immense car la confiance dans le système financier et l'État avait été minée [...] L'effondrement du système donna naissance à une certaine animosité envers l'innovation financière, ce qui restaura et renforça le pouvoir de la classe financière, qui allait emprisonner l'économie française jusqu'à la Révolution ». On assiste en 1907 à une nouvelle crise de confiance économique liée à un emballement spéculatif dérivant directement de l'innovation financière interne qu'ont constitué les « trusts », ces entités à risque idiosyncratique élevé, sous-régulées et sous-capitalisées [Chavagneux, 2011] ; on peut aussi considérer que la titrisation des

³⁰⁹ La première formulation mathématique générale du « Principe de grandes déviations » étudiant le comportement asymptotiques des queues de lois statistiques date des travaux de Cramér dans les années 1930 (voir par exemple [Varadhan, 2008]).

³¹⁰ Cité par Chavagneux [2011].

subprimes en 2007 a joué un rôle similaire de ferment d'une rupture systémique³¹¹. L'histoire économique est pleine de ces innovations affectant les observables mêmes de l'éconosphère. Les illustrations que nous avons proposées présentent le versant « destructif » de l'irruption de la nouveauté, mais il est entendu que les exemples abondent quant aux innovations endogènes s'étant avérées – au moins partiellement – vertueuses : le développement des marchés de dérivés de couverture (futurs ou options) est au nombre de celles-là³¹².

En 1972, paraissent les travaux du Club de Rome³¹³, visant à établir une projection *centrale* de l'état socio-économique du monde sur un horizon temporel de plusieurs décennies. Pour ce faire, l'étude a simulé la progression des variables de quantification des ressources alimentaires, de la situation environnementale (facteur de pollution), de la démographie, des ressources naturelles et de croissance de la production industrielle. Se prétendant démontrer la nécessité d'anticiper la limitation de la croissance économique afin d'éviter une crise de surconsommation, cette étude historique pêche de ne pouvoir justement prendre en compte l'immixtion de l'innovation – que cette dernière soit endogène ou exogène – dans la mesure où, de sa survenance peut dépendre la divergence de la trajectoire du méta-système tout entier.

Une innovation sera donc réputée « exogène » lorsque ses racines s'établissent en dehors du système qu'elle affecte. Tout marché financier organisé peut voir sa marche profondément affectée par une rupture technologique ou épistémique : lorsque les États-Unis commencent à expérimenter à grande échelle la méthode de fracturation (*fracking*) des sous-sols pour en extraire du gaz et du pétrole de schiste, c'est une *innovation* de nature exogène qui modifie irrémédiablement un marché de l'énergie alors en proie aux menaces de l'appauvrissement irrémédiable des ressources en hydrocarbures (*peak oil*). L'action de l'innovation est dans ce cas clairement dirigée du *monde physique* vers le système financier d'échange de matières premières ; en ce sens, on peut considérer son effet comme centripète. Agissant dans l'intérêt de la *survie* et de la pérennité du système en tant que tel, il peut en outre être perçu comme « vertueux ».

La mutation biologique relève pour sa part d'un aléatoire *contenu* et *canalisé* par l'environnement, mais néanmoins libre de se manifester³¹⁴, au sens où il échappe très largement à la prédictibilité, du fait de la sensibilité physico-chimique élevée du matériau génétique, de la multiplicité des causes efficientes possibles (dont certaines, à un niveau atomique, réputées

³¹¹ Notamment au regard de l'impact prudentiel majeur qu'elle a induit.

³¹² Le jugement que nous portons ne comporte pas de dimension morale et ne tient pas compte des externalités socio-historiques de ces innovations. Il se fonde là sur l'impact de l'innovation citée vis-à-vis de la pérennité et du développement du système économique.

³¹³ Également connus sous la dénomination de « Rapport Meadows » en référence à son initiateur.

³¹⁴ Les développements théoriques et expérimentaux relatifs à l'influence des agents mutagènes ont permis la mise au jour de nombreuses causes certes efficientes, mais non nécessaires, à l'apparition des variations « spontanées » au sein du génome [Rossignol *et al.*, 2004].

intrinsèquement acausales³¹⁵) et – comme l'énonce notamment West-Eberhard [2005] – de la sensibilité extrême des réalisations phénotypiques à de subtiles variations génétiques. La mutation n'est pas le seul mécanisme à l'origine du nouveau en biologie ; il faut notamment se garder de négliger le rôle crucial des recombinaisons développementales³¹⁶ opérant à partir d'un matériau préexistant mais dont l'expression est assujettie à la pression écosystémique.

L'innovation des systèmes socio-économiques survient à la fois à des niveaux méso-, macro- et méta-macroscopiques, et dérive de ce fait d'agrégations phénoménales nécessairement complexes du point de vue des déterminants conditionnant leur formation. Par ailleurs, Witt [2009] a pu mettre en évidence l'importance du « régime combinatoire » dans la formation de nouveauté : nombre d'innovations n'émergent pas *ex nihilo*, mais proviennent de recombinaisons particulières d'*inputs* conceptuels ou institutionnels.

Comme le note Braudel [1967], l'immixtion du particulier peut avoir des conséquences majeures et déterminantes sur l'évolution d'un système dans son ensemble. Les seuls choix de la culture du riz en Extrême-Orient et du blé en Occident, du fait de l'appréciation différenciée de quelques volontés *dominantes*, ont induit de profonds équilibres et antagonismes civilisationnels, stratégiques et économiques qui ont structuré une partie de l'histoire des sociétés humaines. Ces orientations constituent des innovations, au sens où elles se sont constituées en tant que ruptures vis-à-vis de pratiques plus anciennes, nonobstant leur conditionnement partiel par le faisceau de contention épais qui les a sous-tendues (contraintes climatiques, proximité aux savoir-faire transmis, disponibilité des sols, etc.). Pour ces raisons, il est entendu, selon les mots de Passet [2014], que « l'économie ne saurait se satisfaire de la dérivée mathématique en guise de représentation du temps, elle doit s'inscrire dans les réalités concrètes de l'histoire événementielle³¹⁷ ». Autrement dit, *il se passe des choses* dans l'histoire des hommes, et de ces choses peut sourdre l'événement décisif.

4.2. Des crises envisagées comme brisures de symétries

Les lois de la physique ont ceci d'universel qu'elles présentent des propriétés intrinsèques d'invariance – en condition standard – vis-à-vis du substrat spatial sur la base duquel elles se déploient ; toutes leurs caractéristiques sont conservées lorsqu'on procède notamment à des opérations de translation sur le référentiel par rapport auquel on les envisage. Les lois

³¹⁵ L'échelle microscopique considérée rend le matériau génétique particulièrement vulnérable à des sauts d'états quantiques, par nature imprédictibles.

³¹⁶ Concept précisé en Partie 2.2.2. – « Causalité différentielle et *enablement* ».

³¹⁷ *Ibid.*

fondamentales de la relativité, de l'électromagnétisme dans le vide ou de la gravitation restent ainsi formellement inchangées quelles que soient les directions de l'espace envisagées. Ces invariances topologiques permettent une certaine « objectivité théorique » en sciences physiques, par l'absence de contrainte et de biais d'observation qui les caractérise [Longo et Montévil, 2011]. Rompant avec la tradition épistémologique *classique*, à la suite de Weyl, Van Fraassen [1989]³¹⁸ considère que ce qui fonde la science, ce n'est pas la notion de loi³¹⁹ mais la symétrie elle-même, du fait de sa généralité. Au sein d'un système donné, les symétries traduisent les lois de conservation des observables pertinents (la charge électromagnétique, l'énergie totale, etc.) du point de vue du cadre théorique préfixé.

On dit d'une symétrie qu'elle est brisée lorsque l'évolution d'un système entraîne une rupture d'invariance topologique de ses observables. Une symétrie peut-être « explicitement » brisée quand sa loi sous-jacente est modifiée, notamment par des altérations sensibles de son espace des phases³²⁰ ; elle peut en outre l'être « spontanément » quand un ensemble de réalisations particulières n'exhibe plus les mêmes caractéristiques en termes d'invariance, comme c'est le cas des matériaux ferromagnétiques qui acquièrent des propriétés de polarisation magnétique du fait de la variation d'un paramètre exogène continu (en l'espèce, la température³²¹). À basse température, chaque réalisation phénoménale pourra conduire à une direction d'aimantation propre, trace de l'isotropie originelle. Tout se passe dans cette situation comme si la loi sous-jacente se cristallisait de façon imprédictible, l'agrégation des réalisations particulières, statistiquement distribuées pour ce qui est de leurs directions, permettant de *reconstruire* l'invariance princeps.

La science physique distingue les grandeurs « extensives », exprimables comme sommes de sous-composantes et quantitativement sécables (le volume, la masse, etc.) des grandeurs « intensives » (pression, température, etc.) commensurables en tout point d'un système homogène, et indépendantes des quantités de matière en jeu³²². Si la dérive d'un paramètre d'ordre extensif peut rester neutre au niveau macrosystémique, on observe des larges classes de phénomènes critiques induites par la discontinuité d'un paramètre d'ordre intensif : la masse volumique lors d'une transition gaz-liquide à basse pression, l'aimantation locale lors d'une transition ferromagnétique/paramagnétique ou encore la température lors d'une transition

³¹⁸ « Ce qui gît au plus profond de l'activité théorique, c'est-à-dire au niveau de la construction des modèles, est la recherche des symétries » [Van Fraassen, 1989], p. 355 – cité par Michel GHINS, « Bas van Fraassen : les lois et la symétrie », *Revue Philosophique de Louvain*, Quatrième série, t. 95, n° 4, 1997, p. 738-754.

³¹⁹ Par trop chargée de métaphysique, voire de nominalisme subjectiviste.

³²⁰ On parle par exemple de brisure explicite de symétrie en électromagnétisme lorsque le champ n'agit plus dans le vide mais est affecté par une perturbation magnétique ou électrique qui rompt l'isotropie originelle observée.

³²¹ Pour de plus amples développements, voir par exemple [Earman, 2002].

³²² Avant même d'être théorisée par les sciences physiques, cette distinction a été proposée dans le cadre de la philosophie transcendantale kantienne : « J'appelle grandeur extensive celle dans laquelle la représentation des parties rend possible la représentation du tout (et par conséquent la précède nécessairement) » – Emmanuel KANT, *Critique de la raison pure*, « Logique transcendantale », 1781.

nématique/smectique au sein d'un cristal liquide. Dans ce dernier cas, la symétrie de translation du système est brisée à mesure que le paramètre température évolue, l'état smectique présentant des re-corrélations directionnelles moléculaires caractéristiques à l'échelle microscopique, et affectant radicalement ses propriétés physico-chimiques³²³ [De Gennes, 1974].

Baignant dans un flux temporel, substrat à la formation de leur historicité, les systèmes biologiques comme les systèmes anthropiques sont structurés par des brisures incessantes de symétries [Longo, Montévil et Pocheville, 2011]³²⁴, de nature explicite (p. ex. mutation génétique dans la biosphère, innovation au sein de l'écosphère) et spontanée (p. ex. adaptation écosystémique).

Si la vie se déploie à partir de centres directeurs, « l'acte d'organisation a [quant à lui] quelque chose d'explosif » écrit Bergson dans *L'évolution créatrice*³²⁵. L'existence d'un équilibre précaire et sans cesse réactivé par le jeu des dynamiques complexes de rétroactions et de stabilisations intrasystémiques, que l'on peut identifier au sein des *biolons* et des *orgons*, nous paraît de nature à pouvoir nous autoriser à redéfinir en des termes épistémologiques nouveaux et plus rigoureux le vitalisme, jadis essentiellement métaphysique. Le mécanicisme déterministe promu par Claude Bernard semble³²⁶, au vu de ce que nous énonçons, définitivement caduc.

4.3. Régime de percolation et criticité transitionnelle

Le développement des concepts centraux d'énergie et d'entropie au cours du XIX^e siècle³²⁷ a permis de jeter un pont épistémologique entre les sciences physiques de l'inerte et la science biologique du vivant [Jacob, 1970]. Il nous semble qu'au travers de la notion fondamentale d'information, il soit possible d'établir une jonction du même ordre entre certaines des notions importantes de la biologie et celles qui pourraient nous permettre de mieux comprendre les systèmes anthropiques organisés. Par là nous ne prétendons pas à la transativité réductionniste des lois, mais à l'extension et à la composition de résultats essentiellement limitatifs quant aux phénoménologies imbriquées dont nous traitons. C'est de la sorte que nous entendons pouvoir

³²³ Des caractéristiques aussi fondamentales que les propriétés élastiques, hydrodynamiques ou optiques du matériau sont ainsi modifiées.

³²⁴ Nous soulignons ici le fait que les auteurs ne mentionnent pas explicitement le champ de l'économie.

³²⁵ *Op. cit.*

³²⁶ Claude Bernard [1865] propose, en opposition au vitalisme bergsonien, de décomposer l'organisme comme une machine de manière à mettre en évidence ses articulations déterministes.

³²⁷ Si Leibniz et Huygens montrent dès le XVII^e siècle – sans la nommer ainsi – la conservation de la grandeur $m.v^2$ et que Lagrange établit, un siècle plus tard, l'invariance de la somme de ce que la théorie identifiera plus tard comme énergie potentielle et énergie cinétique, c'est bien au XIX^e siècle que l'énergie est considérée en tant que concept à part entière et « grandeur universelle » [Balian et Bonnet, 2009].

justement rendre compte des formes d'imprédictibilité au sein des systèmes complexes dotés d'intentionnalité.

La science économique mathématisée a longtemps cherché à identifier les conditions d'atteinte et de maintien d'équilibres sous contraintes, comme la science physique *classique* a procédé avant elle, dans le cadre plus large des évolutions mécaniques inertielles. L'étude des dynamiques économiques temporelles s'est ensuite développée tout au long du XX^e siècle³²⁸ selon une approche simplificatrice d'inspiration néo-classique, du fait de la sophistication des outils mathématiques et computationnels autrement requise. En effet, dès lors que l'on quitte le champ des équilibres, l'introduction des cinétiques accroît considérablement le niveau de complexité des systèmes étudiés par l'immixtion possible de phénomènes proches des turbulences, écoulements, ou viscosités de la physique et susceptibles d'induire des perturbations significatives bien que potentiellement imprédictibles au niveau des systèmes considérés [Bouleau, 2013]. Ainsi par exemple la modélisation au sein de la biosphère de dynamiques de type « proie-prédateur » par un couple d'équations non-linéaires simples du premier ordre de type « Lotka-Volterra » entraîne-t-elle la mise en évidence de fonctions de survie cycliques et irrégulières, non analytiquement exprimables, du fait même de la récursivité en jeu [Volterra, 1928].

Dans sa tentative de compréhension des phénomènes sociaux de nature économique, Granovetter [2000] s'est attaché à appréhender la dynamique de formation d'un comportement collectif émergent à partir d'individus rationnels en interaction et soumis à des choix simples, de l'ordre de ceux que l'on peut rencontrer en théorie des marchés (p. ex. binarité de la décision d'achat-vente³²⁹). Par le truchement de l'analyse des réseaux interpersonnels, Granovetter essaye de concilier l'infra-phénoménalité « microscopique » (décisions individuelles) avec les cinétiques sociales « macroscopiques ». Définissant la « force » d'un lien entre deux agents comme la résultante d'interactions quantifiables sur chacune des dimensions temporelle, émotionnelle, transactionnelle et intime, il parvient à mettre au jour l'existence de « liens forts » et de « liens faibles », ces derniers permettant à une information de transiter loin dans un réseau, là où les premiers correspondent à des zones denses de focalisation des échanges [Granovetter, 1973]. Si de tels paramètres sociaux peuvent importer en économie, là où nombre de processus restent socialement conditionnés, la distanciation instaurée par le marché semble, en première approche, exclure la finance du champ de cette modélisation théorique. Celle-ci n'en est à notre sens pas rendue stérile *ipso facto*. En effet, elle permet d'établir selon nous – au prix d'une expurgation idoine – certaines des conditions de survenue d'événements de nature critique. Observant que

³²⁸ Bouleau [2013] cite en guise d'illustration les travaux historiques de Ramsey [1928], Hotelling [1931] ou de Solow [1956].

³²⁹ Plus précisément le choix de l'agent économique est ternaire puisque le fait de ne pas investir est aussi à élément de choix.

c'est la variation des préférences et des normes des agents et non leur niveau statique qui détermine l'évolution fine et agrégée du système qui les héberge, Granovetter met en évidence l'existence de seuils à partir desquels certains des observables pertinents peuvent significativement diverger. L'auteur enrichit singulièrement les résultats stables donnés par la théorie des jeux, par la prise en compte du rôle central de l'historicité. Ainsi, « en expliquant ces résultats paradoxaux comme le produit de processus d'agrégation, les modèles de seuil font que « l'étrangeté » souvent associée au comportement collectif ne paraît plus résider dans l'esprit des acteurs, mais dans les dynamiques des situations³³⁰ » [Granovetter, 1978]. L'atomisme et le staticisme néo-classique se voient ici rejetés en bloc faute de pouvoir adéquatement décrire certains des phénomènes « limites » observés au sein des biosphères et des écosphères.

Ce qui se joue lors des transitions critiques affectant de tels systèmes nous paraît relever de dynamiques proches de celles observées en régime de percolation, l'information transitant par les « sites » du réseau interindividuel comme la matière pourrait le faire au sein de structures physiques inertes et susceptibles d'entraîner – sous certaines conditions ayant trait à l'activation de ces sites en interaction active ou passive – des phénomènes de nature critique.

La criticité se caractériserait alors non seulement par une variation très sensible d'un paramètre d'ordre du système, mais aussi par de fortes corrélations à l'échelle macroscopique ; c'est ainsi que l'on observe certaines réponses adaptatives de groupe chez les animaux sociaux (comme l'esquive d'un prédateur par un banc de poissons), à même de faire émerger des reconfigurations imprédictibles et immédiates sans coordination préétablie, mais adéquates compte tenu du dessein poursuivi [Calovi *et al.*, 2015]. Dans cette optique, on peut également considérer que la divergence de la longueur de corrélation du système considéré traduit une transition critique. En d'autres termes, une structure « globale » de cohérence multiscalaire se constitue et sous-tend la manifestation phénoménologique de la criticité [Longo et Montévil, 2011] ; cette divergence s'accompagne en outre d'un accroissement de la corrélation entre les états locaux des sous-ensembles en interaction et la situation globale du système [Bailly et Longo, 2008].

Au sein des systèmes économiques, de tels phénomènes de re-corrélation sont non seulement permis mais également *facilités* par la mise en réseau « institutionnelle » – via les marchés notamment – des agents. En effet, celle-ci amplifie le phénomène de « petit monde » mis en évidence par Watts et Strogatz [1998] dans la mesure où, si des liens inter-agentiels peuvent préexister, le déploiement d'un marché comme point pivot de mise en relation diminue

³³⁰ « By explaining paradoxical outcomes as the result of aggregation processes, threshold models take the "strangeness" often associated with collective behavior out of the heads of actors and put it into the dynamics of situations. », p. 1442.

drastiquement la distance moyenne (exprimée en termes de transmission d'information et de capacité transactionnelle) au sein du réseau³³¹. On retrouve là un écho du résultat essentiel de Granovetter sur la prépondérance des liens faibles dans les dynamiques d'interconnexion réticulaires et un éclairage supplémentaire relatif aux possibles modalités d'occurrence de phénomènes de percolation au sein des systèmes anthropiques.

À la différence des « petits mondes » de Cournot³³², qui ne sont autres que des zones de déterminisme local, les « petits mondes³³³ » des éconosphères sont loin d'être des îlots de prédictibilité causalement isolés les uns des autres. Par le truchement de la mise en marché et de l'équivalent *général* que constitue la monnaie, les marchandises présentent diverses corrélations dont l'intensité varie à chaque instant, se déformant généralement lentement en dehors de manifestations critiques re-corrélantes et brutales. Par ailleurs, si l'interaction mécanique décroît de manière standard avec le carré de la distance, il n'en va pas de même pour l'information qui, d'une part peut se déformer en nature (déperdition de signal) et d'autre part se maintenir en intensité, ce qui constitue un facteur supplémentaire contribuant à diminuer drastiquement l'isolement des agents ou des groupes d'agents au sein des éconosphères.

4.4. Métastabilité et phénomènes de panique

Il n'est de système complexe parfaitement stable dans la nature, même lorsque des états d'équilibre sont atteints. À quelque échelle, on pourra y déceler une perturbation, qui, pour infime qu'elle soit, serait en mesure d'influencer potentiellement le sort du système tout entier ou *a minima* de l'une de ses parties. Nombre de systèmes complexes présentent l'apparence de la stabilité mais sont en fait sensibles à des actions fines, endogènes ou exogènes, à même d'entraîner leur reconfiguration morphologique et fonctionnelle en profondeur.

Nous l'avons vu, les systèmes économiques – même dans leur forme modélisatoire archétypale – sont peu dociles aux équilibres pérennes, du fait notamment de leur historicité intrinsèque et structurante. Si un équilibre peut être obtenu, on observe généralement sa fugacité et sa sous-optimalité (au sens de la théorie de jeu, c'est-à-dire étant donné la contrainte de maximisation du nombre le plus grand d'utilités individuelles par exemple). Tout dérangement

³³¹ Exprimé autrement, il s'agit d'observer que l'adjonction de nœud à un graphe aléatoire réduit fortement le diamètre dudit graphe.

³³² « Il n'est pas impossible qu'un événement arrivé à la Chine ou au Japon ait une certaine influence sur des faits qui doivent se passer à Paris ou à Londres ; mais, en général, il est bien certain que la manière dont un bourgeois de Paris arrange sa journée n'est nullement influencée par ce qui [sic] se passe actuellement dans telle ville de Chine où jamais les Européens n'ont pénétré. Il y a là comme deux *petits mondes*, dans chacun desquels on peut observer un enchaînement de causes et d'effets qui se développent simultanément, sans avoir entre eux de connexion, et sans exercer les uns sur les autres d'influence appréciable. » [Cournot, 1851] (nous mettons en exergue).

³³³ Un secteur d'entreprise, un marché particulier du point de vue de ces instruments, une zone géographique peut constituer un de ces « petits mondes ».

local y est susceptible d'entraîner un déséquilibre global, et, lorsqu'un équilibre nouveau est atteint, il n'y a nulle garantie qu'il puisse être d'ordre aussi élevé que l'état antérieur : la défausse systémique vers un optimum de « second rang » est une chimère dans le domaine de l'empirie. Le rang d'optimalité « d'atterrissage » du système perturbé est en outre lui-même une méta-variable épistémologiquement fondamentale par nature non déterministe. Il est en effet très ardu, voire souvent impossible de le définir *a priori* par l'analyse, tant il dépend d'innombrables facteurs eux-mêmes très sensibles à des facteurs de faible intensité.

Comme l'observe Jean-Pierre Dupuy [1991], « un même système, très simple de surcroît, peut posséder à la fois des attracteurs ordonnés (points fixes, états stationnaires) et désordonnés (chaos). Lorsque les bassins d'attraction sont intimement mêlés, le passage de l'ordre au désordre peut être le fait d'une simple fluctuation ». À partir d'une modélisation simple, Dupuy montre comment les interactions mettant en jeu des anticipations parfaitement rationnelles peuvent conduire à des exubérances sur les marchés, pouvant même également induire des phénomènes de *résolution*³³⁴ critique. Ce faisant, il laisse entrevoir selon quels mécanismes des situations plus « bruitées » et plus complexes pourraient aboutir à des crises d'ampleur.

En particulier, on peut emprunter deux voies analytiques pour traiter des réactions de panique³³⁵ à l'œuvre lors des crises, réactions non coordonnées mais concomitantes des agents pouvant survenir dans un contexte d'échanges économiques organisés. La première relève du parti pris très orthodoxe de l'individualisme méthodologique et consiste à considérer que la panique n'est que l'agrégation de réactions individuelles non coordonnées mais homogènes³³⁶, voire semblables entre elles – auquel cas chaque agent (ré-)agirait comme « site » de percolation et participerait de l'homogénéité globale du système, qui ne serait alors qu'une résultante de la re-corrélation d'ensemble. Le fait que des agents indépendants se comportent similairement sur un intervalle de temps particulier peut relever de réactions stéréotypées, foncièrement historicisées, à un stimulus ou à une configuration donnée, ou de conformation par imitation³³⁷. Une seconde voie analytique met pour sa part en exergue le caractère holiste du phénomène de panique, qui aurait trait à l'esprit collectif, cette « âme de la foule » qui se substituerait un temps aux consciences individuelles ; il s'agirait alors d'une dynamique « désocialisante », voire « désindividualisante ». Selon Dupuy³³⁸,

³³⁴ Nous détaillons plus loin (dans cette partie notamment) ce que nous entendons par ce terme.

³³⁵ Il est intéressant d'observer que l'une des inspirations de Granovetter dans l'établissement de sa théorie de l'encastrement n'est autre que Georges Lefebvre [1932], pour ses analyses du phénomène de panique et du rôle des réseaux dans la propagation des rumeurs à l'origine de la Révolution de 1789.

³³⁶ Chez Menger [1883] par exemple, à partir des « individus [empiriques] et de leurs efforts », il est possible de rendre compte de processus résultants tout à fait complexe.

³³⁷ Souvent les deux modalités convergent et se mêlent.

³³⁸ Analysé par Parrochia [2008].

le marché aurait dans ce contexte valeur de structure transitionnelle à la *dyade foule-panique*, vis-à-vis de laquelle elle jouerait le rôle de structure de contention potentielle.

Les systèmes anthropiques et, plus largement, ceux du vivant, ont tous en commun la capacité de pouvoir tirer bénéfice – pour ce qui relève de leur survie et de leur efficacité – de phénomènes perturbateurs de nature critique. Nous les qualifions, dans cette perspective, de *métastables*, la métastabilité caractérisant ordinairement l'état d'un système stable (analogiquement, on parlera d'un minimum local d'énergie dans le cas d'un système mécanique dont on peut quantifier l'énergie potentielle) qu'une perturbation peut conduire vers un état de stabilité supérieur. La crise est une transition généralement non neutre du point de vue de l'évolution d'un système ; elle peut aboutir à la destruction de ce dernier, comme à la *résolution* d'une configuration latente sous-optimale, ainsi que nous l'avons énoncé plus haut.

Plus précisément, il nous semble que les systèmes de marchés hébergeant des processus transactionnels se caractérisent, en sus de leur métastabilité, par une tendance à l'hyper-criticité. L'étude de la cinématique de déformation d'un tas de sable permet, analogiquement, de saisir ce dont il s'agit : sans effet exogène, le système est stable mais peut radicalement se reconfigurer d'un point de vue morphologique pour atteindre un nouvel état d'équilibre, la transition intermédiaire mettant en jeu une variété complexe de sous-dynamiques de destructions et de renforcements partiels. Ainsi un ordre d'achat ou de vente peut-il à lui seul, comme le ferait une pelletée de quelques grains de sable, être à l'origine de ruptures d'équilibres locales, tout en permettant certaines stabilisations particulières – l'agrégation de ces interactions induisant une nouvelle conformation structurelle d'ensemble. Loin d'être une aberration épiphénoménale, l'hypercriticité doit être envisagée en tant qu'élément constitutif *à part entière* de l'ontologie des systèmes de la finance. Ses manifestations, dans leurs formes comme dans leurs conditions de survenue, bien que descriptibles, restent largement imprédictibles par nature – non seulement en raison de leur rareté, mais également du fait de l'instabilité des intrications particulières autant causales qu'aléatoires qui y surviennent.

4.5. Crises et événements rares

Les travaux de recensions historiques des crises financières nous enseignent que nombre de ces phénomènes dérivent en effet d'une contagion de petites déstabilisations à une échelle locale vers

le système de marché tout entier [Garber, 1990]. Examinant l'histoire de l'année 1929, Miller³³⁹ [1991] relate par exemple que :

[...] le 19 octobre, quelques semaines d'événements externes, mineurs en tant que tels [...] signalaient cumulativement un changement possible dans ce qui avait jusque-là été un climat politique et économique très favorable pour les marchés actions [et] de nombreux investisseurs ont simultanément commencé à croire qu'ils détenaient une proportion trop importante de leur capital en actifs risqués³⁴⁰.

Les crises sont des événements rares pouvant relever, dans leur forme simplifiée³⁴¹, de la modélisation des systèmes dynamiques loin de l'équilibre, dont on sait que la phénoménologie reste encore aujourd'hui largement lacunaire [Bailly et Longo, 2008]³⁴². Dès 1962, Mandelbrot a été parmi les premiers à percevoir la significativité des « queues de distribution » apparaissant dans la représentation statistique empirique des rendements d'actifs, « queues » dont les valeurs étaient jusqu'alors largement traitées comme des « points aberrants » [Alexander, 1964]. Pour autant, l'étude des « mouvements extrêmes est [longtemps restée] une approche originale en finance³⁴³ », pour ne devenir un thème de recherche à part entière qu'au tournant des années 2000³⁴⁴. On peut justifier ces développements tardifs par des arguments épistémiques d'une part, relatifs à la sophistication mathématique requise, comme à l'impossibilité évidente d'une calibration des modélisations au regard d'ensembles suffisamment robustes d'événements passés ; d'autre part par le biais d'arguments psycho-philosophiques liés à la virtualisation de l'incertain induite par la perception d'une matérialisation nécessairement lointaine, parfois hors du champ du réalisable anthropique – se parant de ce fait des atours d'une transcendance, longtemps perçue comme une fatalité par les hommes.

Taleb [2007] qualifie les crises financières de « cygnes noirs » en référence à leur rareté. Dans sa thèse éponyme bien connue, il met en exergue le fait que ces événements, rétifs à l'appréhension théorique classique – car hors du champ de la modélisation gaussienne paradigmatique de marche au hasard des prix d'actifs – sont loin d'être des épiphénomènes vis-

³³⁹ Cité par Malkiel [2003], p. 73 – traduction personnelle.

³⁴⁰ « [...] on October 19th, some weeks of external events, minor in themselves [...] cumulatively signaled a possible change in what had been up to then a very favorable political and economic climate for equities [...] and [...] many investors simultaneously came to believe they were holding too large a share of their wealth in risky equities ».

³⁴¹ Au sens de réduite à un ensemble de paramètres et variables de contrôles quantitatifs.

³⁴² Depuis les travaux de Nicolis et Prigogine [1977] sur l'auto-organisation loin de l'équilibre, de nombreux progrès ont néanmoins été effectués dans l'étude de ces complexités particulières. On pourra se référer avec profit à [Vulpiani *et al.*, 2014] par exemple.

³⁴³ Citation de Longin [1993], p.25 dans [Walter, 2013].

³⁴⁴ L'étude des valeurs extrêmes devient centrale dès lors que l'on a affaire à des distributions à la Lévy de moyenne et de variance infinie. En mathématiques, ce champ de recherche de la statistique se développe avec les travaux de Gumbel, von Mises ou encore Fréchet.

à-vis des marchés au sein desquels ils se manifestent. Ils sont en effet de nature à modifier ces systèmes fondamentalement, dans le sens de leur renforcement, comme dans celui de leur destruction³⁴⁵. Les *cygnes noirs* ne sont pas de simples éventualités ; pour rares soient-ils, ils surviennent immanquablement, d'où leur importance quant aux systèmes qui nous occupent :

Des choses inattendues, inédites et même tout à fait inimaginables peuvent se produire, à des instants eux-mêmes imprédictibles, et sous des formes non observées d'ordinaire. [...] Inévitablement, ce qui est totalement inenvisageable, indésirable, et même cataclysmique finit par survenir, ou, pour reprendre le titre métaphorique d'un travail populaire et récent, un « cygne noir » fait son apparition. Et, oserais-je l'écrire à une époque qui n'a connu ni grande guerre, ni dépression, ni délitement de la démocratie occidentale depuis un demi-siècle : de temps à autre un double cygne noir peut apparaître³⁴⁶.

D'aucuns ont cru voir dans l'épisode de l'épidémie de la Covid-19, l'expression de ce « double cygne noir », annoncé par Amato³⁴⁷. Concomitamment sont survenus deux événements rares, voire jugés impossibles : la contraction radicale et conjuguée de la croissance mondiale – qui a entraîné l'ajustement violent des prix d'actifs sur les marchés – et la crise pétrolière ayant conduit de la valeur de cette matière première tangible en « territoire négatif », ce que ni la théorie (la formule de Black, établie sur une hypothèse de log-normalité, ne conçoit pas les valeurs négatives), ni l'analyse, ne pouvaient concevoir. En réalité, du fait du lien de causalité qui lie les deux événements, il ne s'agit pas véritablement d'un double cygne noir : métaphoriquement cela reviendrait à croiser dans la nature un cygne noir accompagné de sa progéniture ; du fait de la corrélation génétique sous-jacente à cette coïncidence, cela n'aurait rien à voir avec le fait de rencontrer de manière parfaitement fortuite, deux cygnes noirs à des endroits parfaitement dissociés et sur un intervalle de temps court.

Les théories de la complexité sont plutôt quiniennes dans la mesure où elles tendent généralement à exemplifier « la sous-détermination des théories par l'expérience », et non pas poppérienne du fait de leur faible adaptation à la réfutation [Bouleau, 2016]. En sciences économiques, comme en sciences du vivant, la réfutation théorique procède souvent

³⁴⁵ Taleb insiste tout particulièrement sur la composante destructrice des crises.

³⁴⁶ « *Unexpected, unprecedented, and even entirely unimagined things happen, though not at predictable times and in regular forms. Time instead opens surprising, and thus contradicting, doors. Before us occur phenomena too glorious and too hideous either to explain or to leave unexplained. Inevitably, the totally unanticipated, unwanted, and even cataclysmic happens, or to use the metaphorical title of a recent and popular work, "a black swan" appears. And, might I add for an age that has not seen a great war or depression or the unraveling of Western democracy for fifty years, from time to time a double black swan appears.* », traduction personnelle d'Amato [2011].

³⁴⁷ Cette analyse a été adjointe au texte initial du présent travail pendant la crise, peu avant l'été 2020, au moment où les pays européens entamaient leur déconfinement progressif. Il n'a pas été modifié ensuite.

d'événements rares, irréguliers et imprédictibles. En outre, lorsque des événements de nature critique surviennent, ces derniers peuvent altérer durablement le fonctionnement *usuel* des systèmes au sein desquels ils se déploient en en redéfinissant fondamentalement les invariants, lois et observables, rendant alors bien souvent la théorie inopérante (tout du moins en partie), faute de substrat empirique stable et pérenne. Dans les cas les plus extrêmes, le système peut disparaître (lignée phylogénétique de la biosphère, entreprise marchande de l'éconosphère) et avec lui s'évanouir l'effort de qualification théorique consenti. En outre, le fait que les observables de tels systèmes ne soient pas symétriques³⁴⁸ entre eux – au sens de permutable – mais au mieux *semblables* du point de vue de leur organisation interne et de leur inscription historique, rend la répétition expérimentale complexe, voire souvent vaine. Ces arguments nous semblent de nature, à eux seuls, à invalider toute velléité raisonnable d'établissement d'un continuum épistémologique entre les méthodes et concepts des sciences de la nature et celles du vivant. Les césures sont nombreuses, et celles relatives aux implications des phénomènes critiques doivent être considérées à leur premier plan.

En finance comme en biologie, l'« erreur », cet *écart* à la théorie, ne se moyenne pas : elle est bien souvent idiosyncratique et non bénigne. Si un observable d'un système physique est altéré ou détruit, le système ne s'en trouve généralement pas affecté : à une échelle de temps suffisamment longue la disparition d'une molécule de gaz n'a aucune influence sur le sort de la matière envisagée selon ses principales caractéristiques thermodynamiques macroscopiques. Or, c'est tout l'inverse qui se produit avec l'animé : l'erreur peut conduire à une modification radicale du système tout entier. Les lois de la nature transcendent l'expérimentation ; ce n'est pas le cas pour les lois du vivant dont les formes mêmes peuvent directement dériver d'un événement rare de type mutationnel ou innovationnel. À cet égard, Mandelbrot [1957] – s'inspirant des travaux de Zipf – affirme que plus un événement est rare, plus le phénomène qui lui est sous-jacent est riche du point de vue de l'information véhiculée. Cet argument peut être établi en tant que corollaire à « l'effet Noé » décrit par Mandelbrot et Wallis [1968] comme le fait, dans un ensemble statistique, que la plus grande valeur aléatoire soit commensurable à la somme de toutes les autres, voire l'excède dans les cas les plus extrêmes. On retrouve en fait ce constat déjà exprimé chez Mills [1927], à partir de l'analyse de la littérature économique antérieure à la

³⁴⁸ On retrouve des considérations essentielles de symétrie à la base même de la théorie des probabilités. En effet, si la définition laplacienne classique de la probabilité d'un événement *A* comme rapport entre le nombre de réalisations « favorables » de cet événement et le nombre de réalisations possibles de la classe des événements considérés (à laquelle *A* appartient) s'avère non seulement opératoire mais également cohérente avec des arguments fondamentaux explicatifs de symétrie des systèmes observés, il n'en va plus de même dès lors que l'on s'intéresse à la probabilité d'événements se produisant au sein d'ensembles infinis ou quand l'équiprobabilité des issues n'est pas assurée. Au sujet de la détermination de la probabilité de sortie au jeu de « pile ou face », Paul Lévy [1982] observe : « Les deux cas sont également probables, la symétrie de la pièce me permet de la prévoir, sans avoir fait aucune expérience préalable ». Lévy sous-entend ainsi que puisque les deux faces d'une pièce sont rigoureusement similaires entre elles, tout effet agissant sur l'une agirait strictement de la même manière sur l'autre, voire, plus largement, que toute survenue d'un aléa devrait avoir une incidence identique et indistincte sur l'une ou l'autre des faces.

Théorie Moderne du Portefeuille^{349,350}. Les distributions dites « hyperboliques » observées de la sorte correspondent à la criticité particulière des systèmes complexes de la finance, bien qu'elles soient restées longtemps envisagées comme des marginalités, des anormalités dont la théorie pourrait légitimement ne pas se soucier.

4.6. Modéliser les crises financières

Comme l'écrit fort justement Bouleau [2016], les théories traitant des systèmes complexes *animés et intentionnels*³⁵¹, « in-forment³⁵² » mais ne statuent pas. En ce sens, elles restent utiles car elles « fournissent un faisceau de rationalités » et peuvent mettre en lumière des tendances autant que des limites relatives aux systèmes étudiés. On peut ainsi voir une similarité entre le modèle GARCH³⁵³ [Bollerslev, 1986] de la modélisation financière et le modèle ARMA(p,q) de la mécanique des fluides. Pour autant, les implications du choix et de l'application de tels modèles divergent : les modalités particulières relatives à la calibration du modèle ARMA(p,q) n'altéreront pas la manière dont s'écoulent les fluides en régime stationnaire, qui reste un invariant indépendant de la théorie qui le décrit ; *a contrario*, les hypothèses opératoires du modèle GARCH affectent directement les transactions et les comportements d'agents au sein des marchés financiers, modifiant *ipso facto* certaines de leurs interactions et observables.

S'ils ont pu être féconds en transpositions analogiques, les recours aux théories physiques de la turbulence ou du chaos dans le champ des sciences humaines se sont souvent révélés d'un intérêt limité, du fait notamment de la capacité des systèmes anthropiques à s'auto-adapter de manière intentionnelle et coordonnée [Orléan, 2011]. Toutefois l'étude des « systèmes dynamiques » par les mathématiques héberge en son sein des phénomènes particuliers que l'on peut appréhender au moyen d'instruments et de concepts développés dans le cadre de la « théorie du chaos ». D'un point de vue phénoménologique, on peut même exhiber une certaine universalité de larges classes de systèmes dynamiques dans leur transition au chaos [Eckmann, 1981] [Aubin et Dahan, 2002]³⁵⁴.

³⁴⁹ Cf. Partie 6.1. – « Réduction du risque et prééminence allocative du marché ».

³⁵⁰ « Une distribution peut largement diverger du modèle gaussien en raison de l'influence d'une ou de deux variations de prix. » (traduction personnelle), référence citée par Haug et Taleb [2010].

³⁵¹ Nous incluons ici la « proto-intentionnalité » liée à la motilité du vivant, comme discuté en Partie 3.2.4 – « Intentionnalité et apodicticité transcendante des lois de marchés ».

³⁵² En écho à Heidegger, cf. *Supra*.

³⁵³ Cf. entrée « Modèle GARCH » de l'Addendum.

³⁵⁴ Références citées par Dahan et Aubin [2013].

Il est par exemple établi qu'une forme épistémologiquement simple mais épistémiquement complexe d'imprédictibilité peut être obtenue à partir d'objets mathématiquement triviaux comme la fonction logistique récurrente $L_\alpha(x_n)$ pour laquelle on peut exhiber des trajectoires divergentes de même que des attracteurs variables³⁵⁵, selon la calibration du facteur α ³⁵⁶. L'analyticité lacunaire en situation de chaos, même déterministe, constitue en elle-même une forme forte d'imprédictibilité classique [Calude et Longo, 2016]. En outre, la modélisation mathématique trouve une limite endogène à la mise en équation au niveau des singularités analytiques, ces points de divergence paramétriques revêches au calcul. Or c'est justement là qu'opèrent les phénomènes critiques.

Tout acte modélisateur présuppose par ailleurs une sélection *ex ante* d'observables et de variables pertinents définissant un espace des phases au sein duquel les équations d'évolution des systèmes peuvent être écrites et doivent être résolues, parfaitement, ou au prix d'hypothèses simplificatrices permettant l'application calculatoire. La calculabilité, à l'interface entre le réel et le modèle, possède ses complexités et limites propres [Ekeland, 1995]. De ce fait, elle est en mesure d'influencer en retour les choix opérés au niveau du modèle lui-même.

Nous présenterons ici très succinctement quelques développements méthodologiques majeurs ayant permis l'étude des phénomènes complexes qui nous intéressent, ainsi que certains des enjeux épistémologiques qui leur sont corrélatifs.

4.6.1. Linéariser le réel (hypothèse d'homogénéité)

L'effort de mathématisation induit la nécessité de pouvoir manipuler des variables et de mettre en équations des équilibres (équations algébriques) ou des dynamiques (équations différentielles analytiques). Dans l'un et l'autre cas, la résolution par le calcul peut impliquer des procédures algorithmiques univoques (p. ex. méthode du discriminant pour l'extraction des racines de polynômes) ou des heuristiques (p. ex. recherche dichotomique des zéros d'une fonction non-linéaire). Sur de petits intervalles, il est possible d'approcher toute fonction *suffisamment* dérivable par un équivalent local polynomial, ce procédé permettant la manipulabilité analytique des équations considérées. C'est sans connaître les résultats obtenus ultérieurement par la théorie

³⁵⁵ Dans les systèmes dissipatifs chaotiques de la physique, les attracteurs dits « étranges » ne sont pas stables mais varient eux-mêmes selon des trajectoires plus ou moins complexes. Si l'on peut savoir qu'un paramètre divergent du système est sur une trajectoire d'attraction, sa position précise reste néanmoins inaccessible (tout du moins avec une précision suffisante pour constituer une base de prédictibilité).

³⁵⁶ Pour tout réel positif $\alpha \leq 4$, la fonction logistique $L_\alpha(x_n)$ s'écrit selon la relation : $x_{n+1} = \alpha \cdot x_n \cdot (1 - x_n)$. Sur l'intervalle $[3; 3,57]$, l'attracteur présente une orbite périodique, dont la période est une fonction exponentielle de n (période 2^n), n tendant vers l'infini quand α tend vers la borne supérieure de l'intervalle.

des systèmes dynamiques, que Poincaré – dans son étude des systèmes à trois corps – a tût eu l'intuition de la non-linéarité des ensembles célestes.

De la même manière, la résolution des équations différentielles de diffusion en biologie requiert l'emploi d'hypothèses de quasi-stationnarité permettant la linéarisation. De telles approximations ont su faire leur preuve dans l'étude de processus relativement stables, mais peinent à livrer des résultats satisfaisants dès lors que l'on a affaire à des phénomènes très discontinus et instables³⁵⁷ [Bravi et Longo, 2015].

La représentation log-normale des distributions de rendements d'actifs trahit une hypothèse sous-jacente d'homogénéité et de quasi-linéarité asymptotique des processus transactionnels dans le temps ; elle est intimement liée à l'expression de la loi de croissance « en racine carrée » du risque que l'on sait d'une part inapte à rendre compte des chroniques réelles de prix [Lo et MacKinlay, 1988], et conduisant d'autre part à considérer que le temps *amenuise* le risque relativement au rendement, alors même que le temps est en fait un support à la manifestation d'événements extrêmes.

Plus généralement, tout effort de linéarisation doit reposer sur une description phénoménale locale. Lorsque des événements critiques surviennent en dehors de ces domaines circonscrits, nulle extension n'est alors naturellement envisageable ; il existe un hiatus *spatial* profond entre le local et le global en ce qui concerne leur description autant qu'en ce qui a trait à leur descriptibilité. Lorsque la criticité émerge à un instant donné au sein d'un domaine local bien circonscrit, le hiatus s'avère être alors d'ordre *temporel* et ce qui a été dit du système par le recours à l'approximation linéaire avant l'apparition de la discontinuité constatée peut perdre toute validité. Dans ces situations, toute condition de prédictibilité relative à l'homogénéité locale nécessaire et suffisante du système est rompue.

4.6.2. Coefficients stochastiques

La description d'un système quelconque requiert la fixation d'un cadre modélisateur et d'une échelle d'observation. Ainsi que nous l'avons vu, la phénoménologie du microscopique est, dans le cadre des systèmes complexes, d'un autre ordre que celle du méso et du macroscopique. Les observables, les lois et interactions en jeu divergent et l'espace des phases fixé n'est pas le même selon le niveau considéré.

³⁵⁷ Voir par exemple [Van Kampen, 1992], cité par Bravi et Longo [2015].

À partir d'une mécanique microscopique parfaitement déterministe à une échelle inférieure on peut isoler un processus de nature « effectivement » stochastique au niveau supérieur. Ce hasard « effectif » n'est pas constitutif du système ou de ses observables, mais dépend du parti pris descriptif de l'observateur. Il suffit que les coordonnées lagrangiennes³⁵⁸ de toutes les particules d'un ensemble non dissipatif isolé (hypothèse de choc parfaitement élastique) soient suffisamment bien connues à un instant t pour que l'évolution du système tout entier puisse être correctement mise en équations et caractérisée. Différentes variables macroscopiques peuvent dériver des comportements sous-jacents des observables microscopiques : la densité particulière en une portion de l'espace au centre de l'enceinte pourra par exemple être décrite par une variable « haut niveau », de nature stochastique, dont la valeur à t sera adéquatement décrite par une loi normale. On dira de la variable « densité locale » qu'elle « encapsule » un ensemble de variables élémentaires et que du lissage de leurs effets conjugués peut résulter une loi de distribution particulière, dans une perspective proprement fréquentiste. Le changement d'échelle d'observation permet ainsi l'émergence d'un *ordre apparent* sur le chaos sous-jacent des choses [Longo et Bravi, 2015].

Si le hasard mis de la sorte en évidence n'est pas intrinsèque au système, il l'est au niveau du formalisme nomologique adopté. Il vient en outre s'adjoindre à l'aléatoire lié à tout dispositif expérimental, ainsi qu'à l'incertitude induite par l'opération de mesure. Cet aléatoire est généralement bien contenu et circonscrit en sciences de la nature, en tant que perturbation exogène au système. Lorsque l'on traite des systèmes anthropiques, il s'avère souvent limitatif du fait de sa capacité d'altération de leur historicité « naturelle ». Dans les pires des cas, il peut à tel point interférer avec le système qu'il en vient à contribuer à son évolution de manière décisive.

Le recours à l'adjonction d'une variable stochastique matérialise, soit un « écart » à la modélisation, soit un phénomène indicible dans le cadre de la théorie retenue. Considérant le mouvement d'une particule massive dans un fluide, soumise à la résistance mécanique (force de frottement) de ce dernier et à une action résultant des collisions désordonnées avec les autres particules unitaires, Langevin [1908] modélise le mouvement brownien dans un espace euclidien. La « force » collisionnelle considérée à une échelle temporelle suffisamment large correspond, dans ce modèle, à un processus stochastique que l'on qualifie de « bruit blanc gaussien ». Ce processus présente la propriété d'avoir une moyenne temporelle nulle et ne présente aucune autocorrélation ; cette propriété est une condition de la manipulabilité calculatoire de l'équation de mouvement. Notant $\overline{x(t)}$ le vecteur position d'une particule et $\overline{\eta(t)}$ le vecteur force

³⁵⁸ Plus précisément, en mécanique hamiltonienne, il convient de connaître les coordonnées lagrangiennes généralisées et leurs moments conjugués, ces deux paramètres étant des variables indépendantes et s'inscrivant dans un espace des phases, au sein duquel l'hamiltonien est une fonction scalaire.

stochastique, Langevin justifie la *docilité* du terme aléatoire par un argument essentiellement intuitif : « La valeur moyenne du terme $\overrightarrow{x(t)} \cdot \overrightarrow{\eta(t)}$ est évidemment nulle à cause des irrégularités des actions complémentaires $\overrightarrow{\eta(t)}$ ». Or comme l'observe justement Duplantier [2005], une telle assertion « n'apparaît pas si évidente que cela, car il aurait pu exister des corrélations subtiles entre position x , et force stochastique η , comme il en existe entre vitesse et force stochastique. »

La formule de Black et Scholes en finance dérive d'une équation de diffusion assez similaire au niveau des hypothèses relatives à son terme stochastique. Elle présuppose un processus de Wiener de moyenne également nulle, dénué d'autocorrélation et dont la distribution est de nature gaussienne, entièrement caractérisée par ses deux premiers moments. L'évidence de l'intuition lagrangienne doit être ici largement remise en question, alors que l'on a affaire à des systèmes avec mémoire, autoréflexifs et non isolés.

4.6.3. Sauts et discontinuités multiscalaires

Toute distribution de prix de marché nécessite, pour être correctement caractérisée *a minima*, la prise en compte de ses moments d'ordre 3 et 4, autrement dit de ses coefficients d'aplatissement (*kurtosis*) et de dissymétrie (*skewness*). L'analyse des distributions empiriques montre en effet que les queues sont plus épaisses et plus longues que celles de leur modèle gaussien, en plus d'être asymétriques, ce qui laisse transparaître l'existence de discontinuités dans les chroniques de prix. L'hypothèse d'un mouvement brownien continu achoppe en fait sur le réel qui est fait de sauts, et ce à toutes les échelles de temps³⁵⁹, ce dont des expressions en lois de puissance rendent mieux compte que celles, paradigmatiques, en loi normale. Il s'agit d'ailleurs là d'un marqueur de la démarcation entre finance et économie, cette dernière se caractérisant plutôt par des lois statistiques exponentielles, d'inspiration parétienne, traduisant le primat de la rareté et de la physicalité dans les dynamiques d'échanges [Aoki et Yoshikawa, 2007].

Il convient d'observer que les ordres de marchés procèdent selon une pulsation rythmique propre à chaque plate-forme de cotation (il y a en effet un intervalle de temps incompressible entre deux exécutions transactionnelles), et qu'il existe un pas minimum que le processus-prix doit respecter : ce dernier est donc empiriquement discret dans sa spatialité comme dans sa temporalité. On peut naturellement modéliser l'évolution d'un prix d'actif comme la coordonnée spatiale dans un espace de dimension 1 d'une particule unitaire en mouvement, c'est-à-dire comme une mesure de sa position, sachant que chaque déplacement incrémental de longueur $n.s$,

³⁵⁹ Walter [2002] relève des coefficients de kurtosis plus élevés que ce que prévoit la représentation gaussienne standard, quelle que soit l'horizon temporel envisagé.

s étant la longueur de saut minimale, présente une probabilité p de s'effectuer dans une direction (hausse du cours) et $q=1-p$ dans la direction opposée (respectivement baisse du cours), chaque saut ayant une durée τ . On parle de mouvement brownien lorsque $p=q=1/2$; autrement dit lorsque l'on formule l'hypothèse d'isotropie spatiale. Cette similarité entre un processus physique connu et bien décrit, et le phénomène transactionnel caractérisé par l'évolution de son prix dans le temps est à l'origine des intuitions profondes et structurantes de Bachelier, qui ont pour leur part guidé depuis un siècle les principaux développements fondamentaux en théorie des marchés. On la retrouve très clairement exprimée dans la modélisation binomiale en temps discret proposée par Cox-Ross-Rubinstein [1979].

L'hypothèse d'isotropie des sauts constitue un facteur limitant à une telle modélisation, car elle ne se vérifie pas empiriquement. Mais l'intégration stochastique proposée par Black et Scholes pour atteindre une forme analytiquement exprimable quant aux prix des actifs contingents, a nécessité de considérer cette hypothèse au sujet des log-rendements. De même, la modélisation raisonne en considérant l'indépendance de la volatilité à la spatialité (valeur du sous-jacent) et au temps (du fait de la sommabilité des variances). Or, en pratique, depuis la crise de 1987, la dépendance spatiale est empiriquement établie et le facteur volatilité requiert une calibration spécifique en fonction du niveau de référence (*strike*) considéré. La plupart des modèles développés à la suite de ces événements tentent de rendre compte de la possibilité de survenue de sauts, voire de faire de ces derniers les éléments constitutifs du régime de référence des processus décrits (dans ce cas, les sauts sont eux-mêmes soumis à des fluctuations spécifiques). De tels modèles corrigent en première instance certains des écarts constatés dans la valorisation et la dynamique de couverture d'options entre les marchés réels et l'approche de Black et Scholes [Broadie *et al.*, 2007]. Ils remettent en cause la nature diffusive des processus de marché et lui substituent un mode discontinu de progression.

On ne peut déceler de tendance instantanée au sein des processus de marché. L'existence de sauts entraîne en effet des ruptures incessantes de continuité, incompatibles avec l'opération triviale de dérivation mathématique. En conséquence, on ne saurait déterminer ni « vitesse » instantanée, ni « direction » en un point donné. Il en va de même dès lors que l'on s'intéresse aux dynamiques des réactions biochimiques du vivant – communément modélisées par des processus de Markov à saut³⁶⁰ : dans l'un et l'autre cas, l'aléatoire en jeu n'est pas bénin et ces tendencialités ne peuvent être que fortuites ; c'est ce dont nous discuterons lorsque nous aborderons le sujet central de l'efficience en économie³⁶¹.

³⁶⁰ L'observable pertinent étant généralement la concentration particulière.

³⁶¹ Cf. Partie 6 – « Relecture épistémologique de l'hypothèse d'efficience ».

Mandelbrot [1997] considère que les lois stables à la Lévy intègrent mieux l'existence des « sauts » sur la base desquels la *mécanique* des prix s'établit. Ces lois ont servi de soubassement à la modélisation des processus à sauts [Press, 1967], d'abord techniquement réalisée par l'adjonction d'une composante de Poisson³⁶² à un mouvement brownien, avant que la composante diffusive disparaisse pour ne conserver que la dynamique discontinue et variabilisée des sauts (cas des processus de Lévy non-stables). La modélisation a donc évolué depuis la simple intégration additive de fluctuations *exceptionnelles* [Geman et Roncoroni, 2006], à la prise en compte du saut comme mode *naturel* d'évolution temporelle. Si ces phénomènes de rupture dans les *chaînes (chroniques) de prix* sont particulièrement perceptibles lors des crises, il nous semble en effet qu'ils opèrent bien plus fréquemment qu'on ne le conçoit en réalité.

Les raisons en sont nombreuses et seront ultérieurement développées : certaines sont d'ordre institutionnel (mécanisme de suspension de séance en cas de volatilité excessive sur les marchés des grains, impermanence des marchés [rythme « cycladique »], etc.), d'autres d'ordre ontologique (formation « instantanée³⁶³ » de nouvelles informations exogènes au système, seuils de cristallisation des saillances cognitives, etc.). Il s'ensuit la nécessité d'admettre que la finance *visibilise* le fait que les processus transactionnels prennent effet dans le cadre d'« une économie des extrêmes³⁶⁴ » que les marchés stabilisent autant qu'ils contribuent à en amplifier les événementialités rares, en nombre comme en fréquence d'occurrence. C'est pourquoi les distributions parétiennes de l'économie se transposent dans la finance en lois dérivées de puissance, et ce, tant au niveau du paramètre « prix » qu'en regard de ses corrélats que sont le volume et l'intensité des échanges. Gabaix *et al.* [2003] décèlent même une commensurabilité des exposants entre les distributions statistiques relevées pour chacun de ces observables³⁶⁵.

Dans l'espace bi-dimensionnel valuo-temporel, on considère ordinairement les discontinuités de prix dans la perspective du « temps d'horloge », soubassement commode et stable hérité du mécanisme classique. Prônant une approche *relativiste* du temps, Mandelbrot [1967] propose de :

[...] concevoir une variabilité qui aurait un exposant constant, mais se produirait dans un « temps boursier » qui coulerait à un rythme très irrégulier. [...] La Bourse n'est pas

³⁶² Dans ce cas l'activité du processus c'est-à-dire le nombre moyen de sauts qui s'y produit par unité de temps, correspond au coefficient *Lambda* de la loi de Poisson.

³⁶³ Un agent à rationalité parfaite est en mesure d'intégrer sans délai toute information nouvelle et de former dans l'instant de nouvelles préférences induisant des vecteurs de choix modifiés. Il va de soi que dans les faits, cette efficacité dans l'intégration informationnelle ne se produit pas de la sorte. Nous discutons ce sujet en Partie 6 – « Relecture épistémologique de l'hypothèse d'efficience ».

³⁶⁴ [Zadjenweber, 2000].

³⁶⁵ À différentes échelles de temps s'étendant depuis la minute jusqu'au mois, Gopikrishnan *et al.* [1999] mettent en outre en évidence la fractalité des distributions en loi de puissance sur différents marchés.

esclave du temps des horloges physiques ; tout au contraire, son activité ne cesse de s'accélérer (« se réchauffer ») et de se ralentir (« se refroidir »).

Clark [1973] affine cette proposition en subordonnant le temps aux volumes transactionnels. Ce faisant il permettra ultérieurement de repenser l'intuition mécaniciste du mouvement brownien, à partir d'horloges adéquatement calibrées (p. ex. mouvements à sauts en temps gamma [Seneta, 2000]) dans un contexte de modélisation « multifractale »³⁶⁶.

4.6.4. Changements de régime et renormalisation

Quelle que soit la « puissance » explicative de l'approche économétrique retenue dans l'étude des chroniques de prix de marché, on constate des phénomènes de variabilité des résidus statistiques [Engle, 1982], témoignant de l'existence d'une instabilité temporelle de la nature de l'aléa en jeu au sein de ses déterminants sous-jacents. Cette hétéroscédasticité est structurante, à la fois parce qu'elle rend compte d'un hasard *indocile* dans ses soubassements, mais également par les contraintes modélisatoires qu'elle induit³⁶⁷.

Plus généralement, l'analyse des évolutions temporelles d'actifs de natures diverses tend à montrer que l'évolution de ces derniers ne peut être adéquatement modélisée par un seul processus, aussi complexe et raffiné soit-il ; c'est à partir de ce constat que des modèles à « changement de régime » ont été proposés. Ces derniers consistent à distinguer différentes phases homogènes entre elles du point de vue de leurs déterminants phénoménologiques et à leur adjoindre à chaque fois une équation différentielle de développement particulière, le passage d'un régime à l'autre étant réputé gouverné par une variable aléatoire spécifique [Weron, 2005]. En pratique une telle modélisation sert à dissocier les périodes de variations lentes et contenues des paramètres de contrôle, des périodes où ces variables divergent de leurs intervalles de référence.

Les changements de régime sont des événements rares, d'où le niveau de complexité élevé qu'induit la calibration de la variable de transition inter-régimes. Par ailleurs, il est loin d'être acquis que les phases « non-standards » soient homogènes entre elles pour ce qui relève de la nature de leur dynamique comme de leurs observables de références, et la survenue d'une période *atypique* ne peut généralement être en rien préjugée.

³⁶⁶ Tout processus de Lévy en temps continu peut en effet être représenté par un brownien en temps déformé par l'intensité des transactions.

³⁶⁷ L'absence d'indépendance des composantes aléatoires des processus de prix transparait également dans les travaux de modélisation plus récents menés par Baker et Yor [2009].

Dans le cas de changements de régime « bénins » la simple recalibration du modèle utilisé suffit ; lors de situations plus radicales, le recours à un modèle différent peut s'avérer nécessaire. Un modèle, en tant que représentation subjective du monde, délimite un espace des phases au sein duquel on peut déterminer des règles de structures qui définissent la répartition statistique des configurations des observables du système considéré, ou leur évolution hors des équilibres [Lesne, 1999]. L'opération de renormalisation permet de traiter le modèle adopté comme une méta-variable au sein d'un espace des modèles plus large et pré-donné. Mais en tant que groupe de symétrie particulier, le groupe des renormalisations doit satisfaire à la nécessité d'une conservation d'invariants ; autrement dit, quel que soit le modèle adopté, au sein d'une même classe d'universalité, on observera une convergence vers certains points fixes et des propriétés asymptotiques similaires. Quand les approches dites *bottom-up* échouent, la renormalisation permet d'atteindre une forme d'objectivité autrement inaccessible. Elle n'en reste pas moins tributaire de la capacité du modélisateur à définir *ex-ante* ses observables et dynamiques pertinentes.

4.6.5. Dépendance au sentier

Si les premières réflexions sur le sujet datent des années 1920 [Eggenberger et Pólya, 1926], les tentatives plus abouties de modélisation d'une forme d'historicité des évolutions stochastiques relèvent d'un champ récent des mathématiques : celui des processus aléatoires à renforcement. Son parangon historique a été développé par Pólya et décrit la situation expérimentale suivante : au sein d'une urne sont placées n boules de couleurs différentes, indiscernables à celui qui les choisit à différents instants discrets. À chaque tirage le contenu de l'urne est modifié en fonction du type de boule qui a été précédemment tiré, de sorte qu'une relation de récursivité s'installe dans la fixation de la nature de la composition de l'urne ; m urnes peuvent être considérées, chacune interagissant avec l autres. On peut montrer que la composition de l'urne (mesurée via la « concentration » de chaque couleur au bout de x itérations) constitue une variable aléatoire qui converge presque sûrement³⁶⁸ vers une limite elle-même aléatoire.

Des phénomènes impliquant des dynamiques de cet ordre ont pu être mis au jour au sein de systèmes biophysiques (auto-organisation) ou socio-économiques [Pemantle, 2007]. Les travaux de Brian Arthur ont ainsi permis de mettre en évidence des phénomènes de limitation de pénétration d'innovation par auto-renforcement au sein de marchés duopolistiques à partir d'une

³⁶⁸ Un événement est dit « presque sûr » en théorie des probabilités s'il est calculé avec une probabilité de 1. Cette notion permet de traiter le cas d'ensembles infinis ou indénombrables.

hypothèse de nature mimétique où les agents économiques seraient plus enclins à choisir un bien plutôt qu'un autre, à qualités égales, dès lors que l'un ou l'autre est déjà plus possédé [Arthur *et al.*, 87]. Le modèle originel d'Arthur décrit la dynamique d'adoption entre deux technologies concurrentes et démontre la convergence vers un équilibre de répartition des parts de marché (phénomène de « *lock-in* »). La convergence y apparaît comme imprédictible au sens où, en l'absence d'avantage initial d'une technologie sur l'autre, la répartition d'équilibre dépend avant tout de « contingences historiques ». Ce processus est de ce fait jugé non-ergodique (dépendance au sentier).

D'un point de vue mathématique la première modélisation de marche au hasard « renforcée³⁶⁹ » est due à Coppersmith et Diaconis [1987] ; elle décrit un processus stochastique défini sur un graphe discret et fini dont la probabilité que chaque pas prenne la direction d'une arête particulière dépend de la fréquence d'occurrence passée de parcours de cette arête. En d'autres termes il s'agit d'un processus dont la tendance directionnelle se renforce à mesure qu'elle se réalise. Si de tels processus peuvent – en cas de changement de régime – lors de phases critiques – modéliser des ruptures locales de martingalité, il importe de rappeler qu'ils se déploient là encore nécessairement au sein d'espaces des phases pré-donnés dans un temps processuel et non réellement historique. Par ailleurs, de telles modélisations peinent à considérer la dynamique de renforcement comme elle-même sujette à de potentiels changements de régimes par nature imprédictibles.

Bien que les analyses sérielles sur les chroniques de prix ne semblent pas permettre de mettre en évidence d'autocorrélation au premier ordre et sur des intervalles courts [Taylor, 1986], il est en revanche possible d'exhiber des manifestations de « mémoires longues³⁷⁰ » (effet qualifié de « Joseph » par Mandelbrot [1973]) s'accompagnant de phénomènes de retours à la moyenne [Summers, 1986], comme si une tendance réalisée pouvait agir comme attracteur sur ses déploiements subséquents. Mathématiquement, la « présence de [mémoire longue] se manifeste dans une série chronologique par une autocorrélation qui décroît hyperboliquement à mesure que le retard s'accroît » [McLeod et Hipel, 1978]. » On constate qu'elle concerne moins les prix eux-mêmes (premier ordre) que leur volatilité, mais est de nature à pouvoir remettre en cause

³⁶⁹ Modèle dit ERRW (« *Edge-Reinforced Random Walk* »).

³⁷⁰ Il importe néanmoins de noter que selon les métriques et méthodes empiriques retenues, les études peuvent diverger en conclusion vis-à-vis de l'existence d'une mémoire longue. Si l'approche par l'indicateur « Hurst » de Mandelbrot confirme le phénomène, ce résultat n'est pas retrouvé par Mignon [1998] à partir de la statistique « R/S » (marchés mondiaux étudiés sur 25 ans ; l'analyse « R/S » est une méthode d'estimation de l'exposant de Hurst définie comme « l'étendue des sommes partielles des écarts d'une série temporelle à sa moyenne divisée par son écart-type ») [Boya, 2013]. Pour autant, il semblerait *qu'a minima* on puisse tout de même en établir l'existence sur certains marchés réputés moins liquides ou diversifiés comme les marchés asiatiques (Corée, Malaisie, Singapour p. ex.) [Sadique et Silvapulle, 2001]. La mémoire longue de second ordre portant sur la volatilité semble pour sa part bien établie [Hiemstra et Jones, 1997].

l'hypothèse classique d'indépendance des accroissements³⁷¹. L'horizon temporel d'évaluation des processus de marché importe (résultat de non scalabilité) donc, et du chemin parcouru peut dépendre la réalisation future d'une trajectoire. Il s'agit de considérer le temps des processus transactionnels comme un facteur *modelant et rugueux*, loin de la représentation lisse et neutre qu'implique le formalisme brownien.

³⁷¹ Comme l'indique Boya [2013], la mémoire longue a été appréhendée à partir des années 1980 et 1990 au moyen de modélisations de type ARFIMA (étendant et généralisant les processus ARMA et FIGARCH) – à ce sujet, voir par exemple [Walter, 2001]. Elles enrichissent le modèle ARCH d'Engle [1982], qui, rendant compte de la variabilité de certains de ses paramètres dans le temps, abandonne l'hypothèse d'identité et d'indépendance des rendements, mais conserve la normalité de leur distribution.

5. DU RÉGIME DE TRANSITION CRITIQUE ÉTENDUE AU SEIN DES SYSTÈMES DE MARCHÉ

En un sens, c'est une entreprise impossible, puisque l'histoire ne reçoit pas sa forme d'un facteur unique. Pourtant, malgré toute sa richesse et sa diversité, le cours de l'histoire a ses situations et ses choix récurrents qui expliquent que le tissu des événements reste en gros semblable à lui-même. Nous n'avons pas besoin de nous soucier des remous périphériques et imprévisibles, si nous sommes capables de rendre compte, dans une certaine mesure, des régularités qui gouvernent les courants et contre-courants dans des conditions caractéristiques.

— Karl Polanyi³⁷²

Propos synthétique : Où, après avoir précisé en quoi les systèmes transactionnels présentent une instabilité constitutive de leurs espaces des phases et une temporalité plus complexe que la forme linéaire et homogène postulée par la modélisation orthodoxe néo-classique – analogiquement à celle des systèmes physiques classiques –, nous nous intéressons aux propriétés des trajectoires de leurs objets³⁷³ afin d'établir leur non-ergodicité, en vertu d'un régime d'évolution que nous qualifierons de « pseudo-stable » et dont nous indiquerons les principales caractéristiques. Plus précisément, nous tâcherons de montrer que ce régime relève du concept fondamental de « Transition Critique Étendue », développé dans le cadre de l'analyse des systèmes du vivant afin de rendre compte de leur historicité autant que de leur complexité singulière.

³⁷² POLANYI Karl, *La grande transformation*, Paris, Gallimard, 1944.

³⁷³ Primairement, les marchandises qui y sont échangées.

5.1. Instabilité des espaces des phases

La science définit ordinairement un système en en caractérisant précisément trois ensembles : celui de ses éléments constitutifs, celui de ses prédicats de base résultant de l'adjonction, aux propriétés monadiques, des interactions qui les articuleront, et celui de ses fonctions et opérateurs fixés au sein de, et par la théorie choisie, pour en décrire le fonctionnement. Nativement, les trajectoires physiques s'inscrivent sur un substrat spatio-temporel, là où les trajectoires phylogénétiques se développent sur un espace multidimensionnel plus singulier fait de temps et d'un agrégat, mouvant, de caractères phénotypiques. L'espace sous-jacent aux processus de marché est pour sa part, au premier ordre, de dimension 2 et prend comme référence le temps et le prix. Il passe en effet sous silence les volumes échangés, de même que l'intensité transactionnelle, considérés comme réductibles à la seule variable intégrative et synthétique qu'est le prix³⁷⁴. Celui-ci semble analogiquement comparable au paramètre de température³⁷⁵ de l'équation des gaz parfaits de la thermodynamique, là où l'intensité transactionnelle correspondrait à la pression et le volume conserverait la même signification. La quantité de matière est – dans cette optique – supplantée par la quantité d'information. On peut alors considérer que la grandeur température en physique comme le prix en finance semblent résulter de la variation des observables susdits. Il importe de noter qu'une telle comparaison n'est pas abusive dans le cadre de la modélisation néo-classique du prix : elle traduit bien le fait que le prix y est envisagé comme une grandeur mécaniquement ajustée en fonction de l'information et par le biais des procédures de marchés.

Dans les systèmes inertes de la physique, le paradigme standard consiste à prédéterminer un espace des phases au sein duquel toute description théorique devra s'inscrire. Comme nous l'avons précédemment indiqué, il s'agit de définir *ex ante* l'ensemble *acceptable* des observables et de leurs intervalles de valeurs ; en d'autres termes épistémologiques, on définit ainsi le domaine de validité et de variabilité du modèle théorique envisagé. Cette opération primordiale hérite du formalisme de la mécanique analytique³⁷⁶ au sein duquel on représente géométriquement dans un espace à $2N$ dimensions les N couples de variables conjuguées (dans le cas le plus simple il est question des positions et des quantités de mouvement des objets observés) intervenant au sein des

³⁷⁴ Les volumes échangés sont aisément quantifiables et rendus publics par les places de marchés ; ils contribuent à l'évaluation de la grandeur « liquidité ». Toutefois l'orthodoxie financière considère que cette dernière doit être reflétée dans les prix, en tant qu'information disponible (hypothèse d'efficacité).

³⁷⁵ On retrouve là l'intuition de Mandelbrot [1997] évoquée dans la partie 4.6.3 portant sur le temps déformé et de la dynamique de « réchauffement » et de « refroidissement » de l'activité boursière.

³⁷⁶ La portée de la notion d'espace des phases dépasse le cadre des systèmes physiques finis et discrets (elle permet dans ce contexte l'étude géométrique de coordonnées lagrangiennes dans le cadre du formalisme modélisateur hamiltonien), pour embrasser les domaines de la modélisation quantique ou de la théorie des champs en mécanique relativiste.

équations différentielles décrivant l'évolution du système. La mécanique quantique ne déroge pas non plus fondamentalement à ce type de formalisme ; on y définit un espace hilbertien au sein duquel les observables pertinents sont pré-donnés, ce qui permet d'appréhender le hasard intrinsèque à ces systèmes qualifiant la structure fine de la matière, par l'usage de fonctions d'ondes stables au niveau de leurs représentations mathématiques [Calude et Longo, 2016].

Même dans les cas où des trajectoires spécifiques divergent (comme cela se produit au sein de systèmes chaotiques) on peut généralement distinguer – dans un espace des phases convenablement préfixé – des attracteurs dont la structure géométrique est asymptotiquement déterminable et morphologiquement stable vis-à-vis de toute une classe de phénomènes homogènes du point de vue de leurs dynamiques. Lorsque des transitions de phases surviennent, des observables du système peuvent être amenés à se voir redéfinis, mais la récurrence phénoménale des sciences de la nature garantit que sur la base de conditions expérimentales équivalentes, à paramètre d'ordre constant, on peut prédéfinir un nouvel espace des phases post-transitionnel.

La marche des trajectoires du vivant n'est cependant pas de cet ordre. Les bifurcations phylogénétiques peuvent induire des redéfinitions d'espaces des phases radicales mettant en jeu l'irruption du *nouveau*, au sens de Bergson. Si des transitions peuvent rester « bénignes » en ce sens qu'elles s'inscrivent dans un espace des phases invariant ou anticipable, comme cela se produit lors de certaines mutations génétiques, d'autres affectent profondément les symétries et invariants des systèmes au sein desquels elles se produisent. À la différence des changements de régime au sein des systèmes inertes, ceux du vivant sont marqués par le fait que ce ne sont pas les observables qui seuls changent, mais leurs propriétés également, et ce, de façon fondamentalement imprédictible.

Rompant avec une tradition fixiste, notamment défendue par Linné, la connaissance du vivant est marquée, à partir du XVIII^e siècle, par la prise en compte de la place de l'historicité de ses phénomènes. La reproduction en constitue un moteur puissant, et pour Buffon³⁷⁷, l'existence d'événements de nature « cataclysmique » témoigne de la « vitalité » temporelle de la progression des lignées phylogénétiques, inscrivant de la sorte leur étude dans une première perspective évolutionniste³⁷⁸ [Jacob, 1970]. Si Lamarck considère pour sa part que la conformation des organes est conditionnée par des contraintes d'adaptation, sa théorie adopte une position largement aristotélicienne dans la mesure où elle rejette la contingence hors de son champ en raison de son incompatibilité fondamentale avec l'« harmonie » globale et nécessaire de la marche

³⁷⁷ Mentionné par Jacob [1970], p. 147.

³⁷⁸ L'évolutionnisme dont il est ici question est de nature essentiellement exogène. Il est relatif aux dynamiques de progression et d'extinction des espèces soumises aux « perturbations » cataclysmiques.

naturelle du monde. Il faut attendre Darwin pour que le hasard mutationnel soit reconnu comme structurant dans l'évolution des espèces. Pour autant, on a avec Darwin affaire à un hasard contenu au niveau de ses incidences, relevant plus de l'ajustement que de la rupture : dans cette optique « l'évolution progresse à « petits pas » » et « ne peut jamais faire de saut brusque » précise Jacob [1970]. On observe là tout le poids de la tradition philosophique continuiste qui s'inscrit dans le sillage de grands biologistes comme von Linné³⁷⁹ pour lesquels « la nature ne fait pas de sauts³⁸⁰ ». Il faut attendre les travaux de De Vries pour que la mutation soit considérée pour ce qu'elle est, en dehors de toute nécessité adaptative (négation du lamarckisme) :

Les espèces ne se transforment pas graduellement mais restent inaltérées pendant toutes les générations successives. Subitement, elles produisent de nouvelles formes qui diffèrent nettement de leurs parents et qui, de suite, sont aussi parfaites, aussi constantes, aussi bien définies et aussi pures qu'on peut l'attendre d'une espèce quelconque³⁸¹.

La vie est émergence perpétuelle de formes nouvelles. Ses conditions de déploiement sont en permanence remises en question, sa structure architectonique recelant de pans entiers d'imprédictibilité. Analogiquement, l'innovation au sein des écosphères induit la nécessité de considérer l'instabilité des invariances et la redéfinition des symétries et asymétries des systèmes. Prosaïquement, toute mise en marché d'une nouvelle marchandise peut affecter irrémédiablement la dynamique du marché tout entière, et conditionne la divergence de sa trajectoire de réalisation future par rapport à ce qu'elle aurait pu être, sans que l'on puisse faire mieux qu'inférer ce qu'elle aurait en effet été. Dans les cas les plus favorables, du fait d'interactions bien *isolées*, l'influence reste bénigne ; parfois au contraire, une inflexion initiale insignifiante suffira à déclencher une percolation critique radicale. Pire : la plus hypothétique anticipation, la plus intime intuition de la survenue potentielle d'une innovation chez un agent économique peut suffire à avoir une incidence similaire. Comme le note fort justement Ayache [2010], « il est hors de propos d'appliquer des probabilités à ces événements, ou même de leur assigner une probabilité nulle, car toute probabilité n'est uniquement définissable que relativement à un univers des possibles stable et bien défini³⁸² ».

Ce qu'il se passe quant à l'évolution de ces systèmes au-delà des seuils critiques relève bien souvent du spéculatif, faute de méthode adéquate pour l'étudier. Et quand bien même l'on

³⁷⁹ Et des travaux analytiques de Leibniz.

³⁸⁰ « *Natura non facit saltus* » écrit Linné [1751], reprenant l'axiome de Gottfried Willem LEIBNIZ, *Nouveaux Essais sur l'entendement humain*, 1704.

³⁸¹ [De Vries, 1909], p. 18.

³⁸² « *It is out of the question to apply probability to those events, or even to say that their probability was zero, because probability is only defined relative to a stable and well-defined universe of possibilities* » (traduction personnelle).

parviendrait à dire quelque chose de ce qui adviendra et que cette *terra incognita* épistémique puisse être *a minima* qualifiée du point de vue de la distribution de probabilité de quelques variables restées pérennes pour leur part, toute tentative de calibration d'ordre fréquentiste resterait illusoire faute d'homogénéité entre l'ontologie des phénomènes que l'on cherche à décrire et celle qui les caractérisait dans le passé. C'est d'ailleurs ce qui a conduit René Thom [1982] à octroyer un rôle épistémologique primordial à l'étude de la cause formelle aristotélicienne, en rupture avec la tradition scientifique positiviste ordinairement centrée sur l'analyse des causes efficientes. Conscient de ses limites, Thom remet en cause le primat de la prédictibilité et promeut l'intérêt de morphologies adéquatement qualifiées³⁸³, dans une optique où la valeur gnoséologique de la « forme » (description de ses espaces des phases) excéderait celle de la « force » (écriture des jeux d'équations différentielles), dès lors que l'on quitte le champ du strict déterminisme. Les phénomènes d'ordre critique induisent des « sauts » depuis un espace substrat décrit par un jeu fini ou infini d'équations différentielles vers un ensemble potentiel d'autres *espaces de réception*. Par ailleurs, ces phénomènes se matérialisent non pas sur la base d'un temps homogène, du type de celui qui est requis par la modélisation néo-classique, mais se déploient à partir d'une temporalité mettant en jeu des imbrications de temps propres et de cyclicités particulières aux composantes en interactions au cœur des systèmes complexes étudiés.

5.2. Temps propres et cyclicités des systèmes économiques

Biologie et économie nous paraissent présenter certaines caractéristiques communes notables d'un point de vue épistémologique. Elles affichent des formes d'historicité constitutives très fondamentales, l'une au sein des sciences naturelles, l'autre dans le champ des sciences de l'homme. Elles sont en outre chacune marquée par des paradigmes réductionnistes visant à rétablir des niveaux acceptables de prédictibilité locale – souvent au prix d'hypothèses conditionnantes et limitatives fortes –, bien que leurs dynamiques soient affaires de phénomènes complexes aux dynamiques souvent chaotiques, qui échappent largement à ce que permet d'appréhender le formalisme mathématisé et ses dérivations calculatoires. Parce qu'elles mettent en jeu des organisations à niveaux hiérarchiques imbriqués du point de vue de leurs déterminants, leurs objets se *stabilisent* par le truchement d'interactions régulatrices endogènes comme exogènes (*vis-à-vis* de leurs environnements).

³⁸³ Si la Théorie des catastrophes développée par René Thom a permis d'ouvrir une nouvelle voie quant à une modélisation « socio-spatiale » des perturbations affectant les systèmes complexes, le nombre restreint de paramètres observables permis ne peut rendre compte du niveau réel de complexité à prendre en compte pour l'étude de ces phénomènes [Parrochia, 2008].

Si les observables inertes de la nature sont *hors* du temps, ceux du vivant et des systèmes sociaux sont éminemment historiques ; ils ont en outre en commun d'induire l'intrication de différentes temporalités au cœur de mêmes intégrons. Bailly et Longo [2008] observent que même au sein d'organismes très simples, il convient d'adjoindre au temps linéaire substrat R un temps de nature cyclique (p. ex. celui des rythmes cardiaque, cycladique, etc.) SI de sorte que la structure temporelle adéquate relève d'un espace enrichi $RxSI$. Ces dimensions sont poreuses, une perturbation sur l'une étant en mesure d'altérer les trajectoires qui se déploient sur l'autre.

Le temps linéaire « naturel » des marchés nous semble également devoir être complété par la prise en compte d'une dimension cyclique. On considère ordinairement le prix comme une « chronique » établie sur un espace de dimension 2 $\{valeur ; temps\}$; à la différence du temps continu mathématiquement « pur » des processus stochastiques modélisés, le temps des processus réels est un temps discret et lacunaire. On sait ainsi que chaque marché est doté de sa « pulsation » propre, qui correspond à la fréquence minimale incompressible de rafraîchissement des cotations. On pourrait abusivement y voir une sorte de *quantum* de temps, mais il n'en est rien car il existe des événements (choix des agents, survenue d'un aléa) qui se produisent pendant son intervalle et de fait peuvent s'y télescoper, y générant *ipso facto* une phénoménalité « microscopique » asynchrone singulière, là où l'on considérera que le *quantum* physique « réel » du temps est parfaitement ponctuel puisqu'il en constitue la *matière* élémentaire. De plus, le temps empirique des processus de marché est fait d'interruptions fortuites (cas des marchés « limites »³⁸⁴) ou programmées (clôtures quotidiennes de séances, suspensions lors des jours non ouvrés, etc.) que la modélisation ne distingue guère d'un point de vue processuel, mais qui sont en nature tout à fait singulières. L'emploi courant de la méthode d'interpolation diffusive du « pont brownien épinglé »³⁸⁵ lorsque les chroniques de prix réelles ou simulées sont lacunaires traduit d'ailleurs bien cette vision orthodoxe d'un hasard homogène en nature en tous points de l'espace valuo-temporel des marchés.

Le temps des crises se situe quant à lui en dehors de ces formes contenues et descriptibles. Pour Parrochia « [...] il existe à la fois des causes *endogènes* explicatives d'un certain type de crises (en principe de périodicité assez courte) et, parallèlement, des facteurs *exogènes* responsables de ruptures plus profondes, et généralement totalement apériodiques³⁸⁶ ». L'ensemble baigne dans

³⁸⁴ Un marché en situation de « limite » est un marché dont les cotations sont temporairement interrompues en raison de l'atteinte d'une borne prédéfinie de variation de prix. Ce mécanisme permet d'éviter l'emballement des prix ainsi que celui des volumes traités (risque d'engorgement des plates-formes de cotation).

³⁸⁵ On pourra consulter à profit [El Karoui et Gobet, 2011] au sujet de la modélisation stochastique des processus de marchés.

³⁸⁶ [Parrochia, 2008], p. 118.

un substrat temporel relevant des *A-series* au sens de Gale [1967]³⁸⁷ où ce qui importe c'est que l'ontologie des événements dépende de leur attachement aux catégories sans cesse actualisées du passé, du présent et du futur. Dans cette conception basique du temps, ce qui prime, c'est le changement lui-même.

Même en dehors de ces moments particuliers que forment les crises, la similarité imparfaite des niveaux d'observation empêche le recours à l'argument de scalabilité phénoménale pour se satisfaire d'un temps *homogène*. Il convient à notre sens de considérer en fait quatre formes de temporalités. La première, endogène et cyclique, est liée à l'institutionnalité des marchés (récurrence des paiements de dividendes, publications trimestrielles des comptes des entreprises cotées, etc.) ; elle concerne principalement les orgons du fait de leur dimension fonctionnelle. La deuxième est sous-cyclique, c'est le temps de la fractalité fine, celle de la « microstructure des marchés ». Elle déborde le temps de l'intentionnalité consciente des agents économiques, et s'avère aujourd'hui largement déléguée à la systématisme algorithmique froide (*trading* et exécution haute-fréquence). La troisième est *a contrario* super-cyclique : elle convoque le temps long et le système économique considéré dans son intégralité (p. ex. cycles de Schumpeter). Elle semble également exister dans l'ensemble du vivant au travers des phénomènes d'apparition-compétition-expansion-extinction des espèces au gré de l'histoire. Enfin, il s'agit de qualifier un temps très spécifique aux systèmes anthropiques, de nature auto-réursive, liée à la capacité insigne de ces systèmes à se penser eux-mêmes, et à former des stratégies prenant le temps non plus comme support, mais comme donnée à part entière. Selon les situations, le temps peut alors œuvrer au renforcement des phénomènes transactionnels (p. ex. apprentissage, mimétisme), comme à leur transformation (retour à la moyenne).

Ces formes de temporalités se traduisent, à différentes échelles, par le fait que les trajectoires réelles des processus de marché procèdent par sauts. Or nous avons vu³⁸⁸, avec Mandelbrot et Taylor [1967], qu'il est pertinent d'envisager ces discontinuités non pas seulement comme un ensemble de brusques variations « spatiales » (dans la dimension du prix), mais aussi selon la perspective d'un temps soumis à l'alternance de phases de contraction et de dilatation. Brian [2009] décrit cette approche comme la « relativité de la probabilité du phénomène », établissant que chaque intervalle de temps contient une information hétérogène en quantité et en importance. Il s'ensuit une façon complémentaire de penser la leptokurticité : comme la marque d'un temps

³⁸⁷ La conception alternative est défendue par Mellor et consiste à considérer le temps en tant que support de classification de la relation d'antériorité des événements les uns par rapport aux autres. Il s'agit d'une forme moins triviale, dérivée des *A-series*. Voir [Gell, 1992].

³⁸⁸ Cf. Partie 4.6.3 – « Sauts et discontinuité multiscalaires ».

des échanges « déformé » par leur intensité³⁸⁹. La relation positive entre les volumes échangés et la volatilité des marchés [Harris, 1983]³⁹⁰, de même qu'entre les volumes et les rendements, est en effet aujourd'hui largement attestée dans la littérature. En revanche aucune causalité systématique n'est mise en évidence par ces travaux quantitatifs ; il est uniquement question d'un lien de corrélation illustrant la pertinence de l'appréhension de l'intensité transactionnelle en tant que paramètre-substrat affectant la temporalité des processus de marché. Il s'ensuit une phénoménalité particulière aux trajectoires des systèmes considérés par rapport aux trajectoires stables des objets de la physique et de la modélisation néo-classique orthodoxe.

5.3. Trajectoires

5.3.1. Trajectoires stables et pseudo-stables

La mécanique classique étudie la cinématique de trajectoires euclidiennes du type de celles décrites par les modèles keplériens ou galiléens, dans un espace cartésien sous-jacent au sein duquel les observables s'inscrivent dans les quatre dimensions d'espace et de temps. Le référentiel envisagé est « naturel » en ce sens qu'il coïncide avec le substrat transcendantal kantien. Dans son *Essai sur les fondements de nos connaissances*, Cournot [1851] distingue l'« irrégularité du fait » de la « régularité de la loi » :

La mécanique céleste nous donne la théorie des perturbations du système planétaire, et nous démontre la stabilité de ce système en assignant des limites, dans un sens et dans l'autre, aux oscillations très lentes et très petites que subissent les éléments des orbites ; mais elle ne nous fait point connaître les causes qui ont établi entre les corps du système de tels rapports de distances et de masses, que l'ordre, une fois établi, tendit de lui-même à se perpétuer. La raison physique et la cause immédiate de ce fait si singulier, l'une des marques les plus frappantes d'une intelligence ordonnatrice, se trouvent certainement dans la série des phases que le monde a traversées avant d'arriver à cet ordre final et stable dont nous admirons la simplicité majestueuse³⁹¹.

Pour autant, nous le savons, Cournot ne dénie pas que des « événements » puissent survenir de manière fortuite et affecter la prédictibilité historique des systèmes. Cependant, une certaine

³⁸⁹ Walter [2013] précise par ailleurs que la possibilité de transcrire un processus « calendaire » en temps « intrinsèque » renforce la pertinence de la modélisation à la Lévy des phénomènes transactionnels.

³⁹⁰ Mentionné par Boya [2012], p. 39.

³⁹¹ Cité par Bouveresse [2001].

stabilité règne selon lui entre des soubresauts épi-phénoménaux et une forme d'« ordre » téléologique supérieur les transcende.

Dans cette optique, Lewin [1959] considère les configurations sociales comme les résultantes de processus quasi-stationnaires relevant de l'action de « forces » conjuguées au sein d'un champ plus large ; leur régime de normalité serait comme régi par des lois pérennes et des observables largement substituables les uns aux autres, l'ensemble se comportant métaphoriquement à la manière d'un flux non turbulent. Lewin se propose d'étudier la marche des systèmes historiques par le truchement de l'analyse de l'évolution de paramètres quantitatifs qu'il estime présenter une corrélation stable dans le temps avec les phénomènes dont il cherche à rendre compte : ainsi la subjectivité du patriotisme américain en période de conflits armés se voit-elle, dans cette approche, traduite par les dynamiques d'achat et de remboursement des « bons » de souscription à l'effort de guerre. Méthodologiquement cela revient à dire que Lewin procède à partir de la projection d'un phénomène social complexe sur une variable de nature financière, certes multifactorielle quant à ses déterminants, mais suffisamment connexe à lui. Tant que les grandeurs étudiées restent contenues, une telle approche présente quelques vertus, mais dès lors que ces dernières connaissent des emballements en valeur, tout ce qui peut être inféré à leur propos relève de reconfigurations souvent trop complexes pour être adéquatement appréhendées. L'approche de Lewin tend ainsi à soutenir l'hypothèse d'une quasi-stationnarité des phénomènes sociaux, qui seraient en un sens *synthétisables* d'un point de vue descriptionnel à certaines échelles de temps et d'observation, mais qui opéreraient plus généralement sous un régime en permanence soumis à des « perturbations essentielles³⁹² » à même de marquer l'historicité d'un système en redéfinissant irrémédiablement ses invariants.

Le concept « d'équilibres ponctués » développé par Eldredge et Gould [1972] tend à prouver l'universalité de telles dynamiques dans tous les systèmes dérivés du vivant : les espèces restent phénotypiquement stables sur de longues périodes avant de connaître des variations brutales, des bifurcations qui en scindent le devenir, selon une logique de nature chaotique et largement imprédictible. Les sciences biologiques ont tôt fait de l'observer, mais sans en dériver d'enseignements épistémologiques profonds ; le modèle d'Orbigny de « réaction répétée » est de la sorte tout à fait conciliable avec le régime de pseudo-stabilité que nous présentons. Il rend compte, sur une base de caractérisations stratigraphiques, d'une évolution lente des espèces, marquée de revirements critiques, qu'illustrent les cinq grandes ruptures du Phanérozoïque³⁹³.

³⁹² Nous empruntons cette expression à Zinn-Justin [2005].

³⁹³ Il s'agit de la fin de l'Ordovicien (-443 Ma), du Dévonien supérieur (-365 Ma), de la fin du Permien (-251 Ma), du Trias (-200 Ma) et du Crétacé (-65Ma). Lors de chacune de ces crises se sont produites des disparitions massives de taxons.

Envisagés au travers du prisme du prix, les processus de marché présentent une phénoménologie similaire. Mathématiquement, on estimera qu'une stationnarité est faiblement établie pour peu que l'espérance de la série temporelle étudiée soit constante (absence de tendance), sa variance finie et également constante, et son autocorrélation indépendante du temps [Lardic et Mignon, 2002]. Si ces conditions sont satisfaites par la modélisation brownienne théorique, elles ne le sont pas en pratique. Dans une acception plus large, la stationnarité peut être entendue comme la permanence de la loi de probabilité jointe sous-tendant la distribution des rendements. Or, nous l'avons vu, la possibilité que les espaces des phases puissent être fondamentalement remaniés lors d'événements critiques obère toute possibilité de stationnarité réelle. Néanmoins, selon le niveau phénoménologique observé, des périodes de quasi-stationnarité locales surviennent et tendent à présenter certaines régularités propices à l'appréhension modélisatoire orthodoxe. De l'existence de tels îlots de stabilité dérive d'ailleurs la méprise épistémologique consistant à supputer la permanence des déterminants et des lois en jeu, à la manière de celle qui existe au sein des systèmes physiques. L'imbrication de niveaux systémiques chaotiques à « temps caractéristiques » différenciés contribue à cette impression de stabilité globale, là où, selon les termes de Nietzsche, il existe en fait « une infinité d'arrière-mondes eux-mêmes portés par d'autres arrière-mondes qui se soutiennent et s'engendrent à l'infini³⁹⁴ ».

5.3.2. Cyclicités et méta-trajectoires des processus de marché

Dans le champ du vivant, nous considérons avec Bailly et Longo [2008] qu'une espèce constitue un biolon *généralement* stable qui agit comme attracteur pour les sous-biolons individuels qui le constituent, chacun relevant d'une réalisation trajectorielle phénotypique particulière, tout en assurant à son tour un rôle d'attracteur stabilisant pour ses propres sous-biolons cellulaires. Il en va à notre sens de même des intégrons anthropiques. Ainsi, à chaque niveau d'organisation considéré, une trajectoire peut apparaître comme globalement stable, nonobstant, voire grâce à sa variabilité sous-orgonique. L'ensemble se déploie dans le cadre de champs morphogénétiques pétris d'historicité, qui le conditionnent tout en étant eux-mêmes sans cesse influencés en retour par les trajectoires singulières qu'ils induisent (co-conditionnement). C'est ce que caractérise justement le concept de « chréode » chez Waddington [1957], entendu à la fois comme « zone de développement canalisé » et « attracteur de développement dans le temps et dans l'espace ».

Par le truchement de l'aléatoire, le vivant se livre, malgré lui, à une exploration *héraclitienne* des possibles sous contrainte intrinsèque de stabilité et de cohérence. À la différence de l'inerte,

³⁹⁴ Friedrich NIETZSCHE, *Par-delà le bien et le mal*, 1886, cité par [Passet, 2014]. Nous transposons à dessein les propos de Nietzsche.

soumis à des forces et des lois invariantes et fondamentales qui le transcendent, les trajectoires du biologique n'empruntent pas de chemins nécessairement optimaux, de géodésiques sous-jacentes dont elles suivraient le sillon. Il n'y a dans leur cas d'optimalité que relative à un environnement co-constituant, lui-même soumis aux influences d'un aléatoire structurant propre. C'est justement ce que constatent Bailly et Longo [2008] lorsqu'ils affirment que les géodésiques du *vivant* sont « compatibles », mais non optimales.

Le régime convoqué est éminemment homéorhétic ; ses invariants, ses attracteurs ne sont pas immuables, ils évoluent eux-mêmes dans le temps selon des trajectoires qui leur sont particulières. La variabilité de ces dernières ne se résout pas en un point d'équilibre bien déterminé, mais en des intervalles de valeurs compatibles, contingentes à une réalisation historique. Si la cybernétique de l'École de Palo Alto a su identifier que l'homéostasie d'un système anthropique doit intégrer son méta-système pour être adéquatement qualifiée, ce n'est qu'avec la seconde cybernétique de Matuvana qu'ont été qualifiées les conditions d'établissement des morphogénèses du complexe en dehors de points d'équilibres [Watzlawick, 1976]. Dans cette perspective, nous affirmons que l'homéorhésis des systèmes complexes est en effet multi-scalaire et intrinsèquement instable.

Cette conception entre évidemment en contradiction avec la vision walrasienne de dynamiques de marchés qui opéreraient selon les modalités de processus certes aléatoires mais essentiellement stationnaires où la volatilité agirait à la manière d'un « tâtonnement collatéral » permanent et bénin : « Tel est le marché permanent, tendant toujours à l'équilibre sans y arriver jamais par la raison qu'il ne s'y achemine que par tâtonnements et qu'avant même que ces tâtonnements soient achevés, ils sont à recommencer sur de nouveaux frais » [Walras, 1874]. L'équilibre décrit est certes instable, mais il est réputé exister et pouvoir orienter les tendances de prix et les conformer. Pour Walras les crises sont épiphénoménales et la recherche des « conditions idéales de l'équilibre » doit amener à mieux comprendre leur survenue *pathologique*. Cette conception néo-classique tend à perdurer, bien qu'elle ait été maintes fois battue en brèche, notamment par Wiener [1947]. Pour ce dernier, considérer que le jeu naturel des « forces de marché » conduirait *in fine* à des états stables – selon les déterminants d'un processus de type homéostatique – est au mieux un leurre, au pire une erreur profonde : « Malheureusement, l'évidence, en tant que telle, invalide cette théorie triviale [...] dans la vaste majorité des cas, quand le nombre d'agents est important, il résulte une indétermination et une instabilité extrêmes³⁹⁵ ». L'aléatoire intrinsèque

³⁹⁵ « Unfortunately, the evidence, such as it is, is against this simple-mind theory [...] in the overwhelming majority of cases, when the number of players is large, the result is one of extreme indeterminacy and instability » [Wiener, 1947], p. 185 (traduction personnelle).

des marchés, initialement formalisé par Bachelier [1912] excède dans les faits le champ du statistiquement prédictible.

Étendant les premières identifications de Kondratiev, la mise en évidence par Schumpeter de cycles longs marquant l'économie, ainsi que de leur dépendance – en matière de conditions de survenue – à l'innovation technologique tend à démontrer l'existence de soubassements phénoménologiques analogiquement proches de ceux que présentent les systèmes du vivant (motifs répétés d'apparition-compétition-expansion-extinction). Ces cycles agissent comme des méta-trajectoires structurantes, à la fois conditionnées (dans leur variabilité) et conditionnantes, constituant autant d'attracteurs morphologiques. Parce qu'elle présente la propriété d'induire des bifurcations, l'innovation influe sur le « circuit économique » des biens et des services mis en marchés et interfère avec sa marche *naturelle*, si tant est que l'on puisse raisonnablement qualifier cette dernière autrement qu'en creux. Le « circuit » dont il est question est par nature stationnaire et décrit par Schumpeter selon les termes du paradigme walrasien (équilibre général, mécanisme, marginalisme, etc.)³⁹⁶.

Pour autant, force est de constater que si l'identification des cycles de « création-destruction » et de leurs déterminants peut fonder une partie de la « théorie » des crises, elle ne saurait avoir une portée suffisante pour être décisive. Elle néglige en effet d'une part les cycles intermédiaires dits de Kuznets³⁹⁷ [1930] puisant leurs origines dans des phénomènes éminemment sociaux ; elle ne considère d'autre part que des ruptures d'innovation considérées comme endogènes au système, là où d'autres travaux séminaux ont tôt fait d'introduire des « chocs aléatoires exogènes se propageant dans l'économie en créant des fluctuations » [Slutsky, 1927].

La phénoménalité des cycles économiques héritée de Schumpeter en distingue ordinairement trois types principaux, selon leurs fréquences. Les « cycles longs » de Schumpeter prennent appui sur des tendances séculaires observées par Braudel [1967], et servent eux-mêmes de support temporel aux « cycles des affaires » de Juglar et aux « cycles courts » de Kitchin, ces derniers pouvant être à leur tour rythmés par des variations de nature saisonnière³⁹⁸. Du fait de leur commensurabilité aux temps politique et humain, les « cycles des affaires » sont souvent considérés comme les parangons de la criticité économique. Juglar [1862] y distingue invariablement plusieurs phases successives distinctes, chacune dotée de sa temporalité propre :

³⁹⁶ Par sa capacité d'innovation, la figure de l'entrepreneur est centrale, à l'origine de la consistance historique du système capitaliste [Schumpeter, 1911].

³⁹⁷ Les cycles de Kuznets présentent une cyclicité de l'ordre de 15 à 25 ans. Leur réalité est contestée par de nombreux travaux ultérieurs (cf. p. ex. Howrey [1968]). Nous les mentionnons néanmoins pour l'éclairage particulier qu'ils induisent en termes de déterminants possibles.

³⁹⁸ Respectivement, du plus long au plus court, il s'agit de cycles de l'ordre du siècle, du demi-siècle, de la décennie ou d'années. Les mouvements saisonniers, par exemple à l'origine de la non-monotonie des courbes futures de certaines matières premières énergétiques (gaz naturel, électricité, etc.) ne sont pas à considérer en tant que tels comme des cycles économiques. Toutefois, on ne saurait négliger leur influence.

à une période de « prospérité » de plusieurs années, succède une « transition » se produisant en l'espace de quelques jours et aboutissant à une période de « liquidation ». Pour Juglar, les phases de prospérité et de liquidation peuvent être également longues. Elles s'avèrent en fait asymétriques, la seconde se réalisant de manière bien plus limitée dans le temps. Au sujet des cycles de Juglar, Burns et Mitchell [1946] indiquent qu'il s'agit de « phases d'expansion qui interviennent simultanément dans de nombreuses activités économiques, suivies de phases non moins générales de récession, de contraction et de reprise qui débouchent sur une nouvelle phase d'expansion dans le cycle suivant, [et que] cette suite de variations est récurrente sans être périodique ». Les marchés financiers reflètent autant qu'ils *subissent* cette récurrence, exhibant des phénomènes de « retour à la moyenne » sur des intervalles de temps comparables [Poterba et Summers, 1988³⁹⁹]. Mais comme le souligne Malkiel [2003], une littérature abondante atteste bien de l'instabilité et de la non-systématicité des périodes relevées, ce qui les rend peu exploitables du point de vue de l'arbitrage.

Il est par ailleurs intéressant de noter que la cyclicité dont il est ici question éclaire « l'effet Joseph » observé par Mandelbrot [1973] qui consiste en la manifestation de phénomènes de « retard » dans les chroniques réelles de prix : ces phénomènes se traduisent par une forme de « mémoire longue » de nature inertielle qui *lie* les sous-séries statistiques entre elles par un rapport de similarité (renforcement ou *momentum*) ou d'antagonisme (retour à la moyenne). Au « temps cinématique » de la modélisation économique s'oppose dans cette optique un « temps historique », support de l'évolution des formes sociales et des techniques, sans qu'ils ne soient réductibles l'un à l'autre⁴⁰⁰ [Boyer, 2007].

5.3.3. Non-ergodicité des processus de marché

Si la partition ontologique entre les *objets* de l'inerte et ceux du vivant est ancienne, son contour épistémologique a fluctué au cours de l'histoire, la dichotomie diltheyenne⁴⁰¹ n'allant pas de soi. Lorsque Hegel [1816]⁴⁰² distingue le « mécanisme » comme science physique de corps homogènes, indistincts et indépendants, le « chimisme » comme étude des ensembles mus par le jeu des interactions et la « téléologie » qui subordonne lesdites interactions aux anticipations

³⁹⁹ DeBondt et Thaler [1985] expliquent pour leur part ce phénomène par la re-corrélation excessive des comportements individuels selon des alternances d'euphorie et de pessimisme.

⁴⁰⁰ En biologie Longo [2016] distingue, à partir d'arguments comparables, le « temps du processus » du « temps de l'histoire » dans le champ du biologique.

⁴⁰¹ Nous rappelons que selon Dilthey [1883], la démarche analytique (*Erklärung*) en sciences naturelles est à dissocier de la recherche d'intelligibilité (*Verständnis*) dans le champ des sciences humaines.

⁴⁰² Cité par [Jorion, 2010].

qu'elles peuvent elles-mêmes produire, il s'agit pour lui de distinguer des structures différentes sur le plan de leurs constitutions phénoménologique et nomologique. L'économie organisée et la finance de marchés relèvent, de toute évidence selon nous, de ces sciences hégéliennes de la « téléologie ».

Les objets des systèmes du vivant ne sont pas indifféremment interchangeables, ils ne présentent pas les propriétés de substituabilité dont sont dotés ceux de la physique. Celles-ci sous-tendent pour leur part l'ergodicité, c'est-à-dire, à un niveau d'énergie donnée, le fait de pouvoir adéquatement décrire l'état d'un système par ses qualités statistiques. De l'ergodicité dérive la propriété de représentativité d'un échantillon aléatoirement sélectionné, témoignant justement des symétries susdites dans un groupe donné. Cette descriptibilité commode cesse néanmoins dès lors que des transitions de phase, brisant certaines de ces symétries, surviennent [Lebowitz et Penrose, 1973]. Les objets physiques d'une même classe étant permutables et invariants sous certaines transformations conservatrices (translation spatiale ou temporelle par exemple), une description compressible du système qui les héberge est possible. Ce n'est pas le cas au sein des écosystèmes biologiques, par essence non réductibles syntaxiquement (non exprimables par un ensemble fini de signes).

Entendue au sens de Birkhoff, l'ergodicité désigne la similarité asymptotique des trajectoires envisagées spatialement et temporellement. Autrement dit, un système est dit ergodique quand l'intégrale spatiale sur un grand nombre de trajectoires tend vers l'intégrale temporelle d'une trajectoire donnée. La trajectoire d'une particule élémentaire soumise à des chocs parfaitement élastiques dans un milieu isolé exhibe ainsi – sur un temps infiniment long – l'ensemble des trajectoires potentiellement empruntables en temps fini des autres particules présentes. Les trajectoires des marchandises échangeables (dans l'espace de leur *valeur*), comme celles des biolons, sont pour leur part rétives à l'ergodicité, du fait même de leur historicité ; elles sont en effet *insuffisamment* génériques. Au mieux présentent-elles parfois des propriétés d'autosimilarité morphologique qui pourraient *s'apparenter* à une forme faible d'ergodicité. En raison du rôle déterminant des événements rares et de leur conditionnalité historique, l'ergodicité des systèmes du vivant échappe en outre à la décidabilité, en ce sens qu'elle ne peut être ni *simulée*, ni attestée.

Les biolons sont immergés dans des espaces des phases instables, induisant des ruptures de continuité dans leurs déploiements phylogénétiques et ontogénétiques. Le principe darwinien de reproduction avec modification et sélection est en effet intrinsèquement non conservatoire. Il rend à chaque moment possible l'irruption du nouveau ; il prend l'asymétrie pour règle plutôt que comme exception. En biologie, comme en économie, la diffusion du hasard relève en effet d'une transmission d'asymétrie. Même lorsque l'espace des phases paraît *localement* stable, les

« contraintes de structure » qui y règnent ne permettent pas une exploration suffisamment libre de son *étendue*. L'historicité co-constituée de ces systèmes conditionne les chemins d'évolution empruntables, comme si elle traçait, de manière imprédictible, des sillons acceptables pour les trajectoires qu'elle pourra héberger [Longo et Montévil, 2013]. Mais la survenue d'événements rares, de nature singulière quant à leurs déterminants et leurs effets, à même de bouleverser les pseudo-invariants des espaces des phases est de nature à les rendre précaires du point de vue de leur généralité. On observe de ce fait une succession contingente de pseudo-équilibres « ponctués », plutôt qu'à une forme de « gradualisme phylétique⁴⁰³ » lent et continu.

Les phénomènes du vivant, comme ceux des marchés « ne sont jamais des itérations identiques d'un processus morphogénétique » [Bravi et Longo, 2015]⁴⁰⁴. À notre sens, ils échappent même en partie à l'approche épistémique de détermination *ex ante* d'une processualité pertinente et stable. Dans le cas d'une causalité plus *forte*, lorsqu'un système paraît, par exemple, déterministe, la non-ergodicité peut s'établir du fait de l'action répétée de petites perturbations exogènes, pour peu que l'incidence de ces dernières puisse assez s'accumuler ou soit suffisamment amplifiée (chaos déterministe). Alors, les trajectoires peuvent diverger au point de ne plus rien à voir avec les possibles permis par les conditions initiales « originelles » ; il y a dans ce cas dépendance exponentielle de l'imprédictible par rapport aux paramètres négligés par la théorie (au sens de Vulpiani *et al.* [2014]).

L'absence d'ergodicité est un obstacle à une prévision et à une extrapolation fiables basées sur le réel advenu. Elle réduit toute conjecture d'évolution à la matérialisation d'une contingence relative à la pérennité même des lois et des observables considérés et en subordonne la pertinence à l'imprédictibilité de ses déterminants. C'est pourquoi lorsque le modélisateur convoque l'heuristique computationnelle comme pragmatique de substitution à la non-analyticité (p. ex. méthodes de Monte Carlo), il se heurte *de facto* à la difficulté de calibrer adéquatement les trajectoires futures potentielles au passé réalisé.

En outre, lorsque l'on souhaite qualifier la pertinence d'un modèle ou d'une *stratégie* en finance, il est d'usage de procéder à ce que l'on nomme une « séquestration de modèle » à la Leinweber et Sisk [2011], c'est-à-dire de ne pas se contenter de tester rétrospectivement la capacité de description du passé avéré, mais, après calibration, de ne plus changer aucun paramètre, ni aucune hypothèse de manière à garantir une performance réelle (*real track*) [Bailey *et al.*, 2014]. Or, parfois, sous la surface des choses, une stabilité phénoménologique peut masquer la modification des mécanismes sous-jacents. Autrement dit, dans l'espace des phases, les

⁴⁰³ Le gradualisme phylétique s'oppose au modèle punctualiste, en supposant un rythme de l'évolution constant et progressif.

⁴⁰⁴ Bravi et Longo [2015] établissent sur cette base un *Framing Principle* (Principe d'Encadrement), exprimant la non-identité stricte – à tous les niveaux d'échelle et d'organisation – des reproductions affectant le vivant.

observables peuvent se maintenir alors que leurs lois d'interaction sont modifiées. Un modèle séquestré peut sembler un temps (localement) pertinent et son inadéquation *révélée* qu'à l'occasion de la survenue d'une bifurcation sensible. L'aléatoire perçu par un observateur peut sembler formellement subsister alors même que son générateur a changé (lui-même souvent de façon aléatoire) [Ayache, 2004]⁴⁰⁵.

Les objets constitutifs des systèmes transactionnels, comme ceux du vivant, répondent donc à des trajectoires non-ergodiques, non seulement en raison de leur singularité ontologique, mais aussi en raison de leur rapport idiosyncratique et instable au substrat temporel pétri d'historicité sur lequel ils se déploient. Leur régime *naturel* n'est pas celui d'une stabilité neutre ponctuée de ruptures critiques contingentes, mais un régime de perpétuelle transition que nous qualifierons avec Bailly et Longo de « critique étendue » et dont nous nous proposons de préciser les enjeux.

5.4. Régime de criticité étendue

5.4.1. Rémanences micro-critiques

À partir de modélisations simples (p. ex. automates cellulaires de Wolfram [1983]), nous savons qu'il est possible d'induire des transitions depuis des fonctionnements réguliers vers des régimes chaotiques par la seule augmentation du nombre de variables de connexion. Le truchement de l'interaction n'induit pas seulement un accroissement combinatoire de la complexité ; il peut altérer fondamentalement la nature de la dynamique à l'œuvre. On peut considérer que les variables de connexion traduisent le niveau de relativité informationnelle des systèmes anthropiques que l'on cherche à décrire, chaque nœud du réseau (agent, institution, etc.) constituant un site ou une composante de site de percolation potentiel. Au niveau de chacun de ces nœuds, l'information peut transiter, avec ou sans altération (enrichissement, appauvrissement, transformation du *message*) sur toutes les mailles du réseau d'agences ou sur une partie de ces dernières. En outre, ainsi que nous l'avons vu, l'information est en capacité de reconfigurer le système dans son entièreté. En ce sens, elle contribue primordialement à son historicité.

Le marché walrasien est réputé permettre la réalisation de l'optimalité transactionnelle par tâtonnements successifs vers un équilibre des échanges. Dans les faits, les marchés « réels » non modélisés présentent des trajectoires qui – comme les évolutions phylogénétiques de la biologie

⁴⁰⁵ Les séries de production du vivant, baignant dans leur historicité, sont irréversibles et rationalisables *a posteriori* une fois réalisées [Bergson, 1907].

– sont fondamentalement marquées par des événements rares. En économie, on observe de tels événements à un niveau idiosyncratique⁴⁰⁶ (p. ex. pénurie de production, découverte technologique d'un produit substituable, faillite, etc.), et également à un niveau systémique (p. ex. assèchement brutal de liquidité, conflit géopolitique, etc.). Dans l'un et l'autre cas, l'événement est largement imprédictible mais peut être identifié *ex post* et de fait intégré au rang des éléments contributifs du chemin historique de la marchandise considérée. Il en va peu ou prou de même concernant les trajectoires du vivant.

Mais au-delà de ces points de rupture identifiables, il est tout un réseau dense de causalités et de canalisations enchevêtrées qui, par leurs effets à la fois itérés et récursifs, transforment de manière plus graduelle tout ou une partie de l'espace des phases, en redéfinissant la forme des interactions qui y opèrent, de même que les propriétés et les natures de ses observables. Le jeu des corrélations et des cohérences d'arbitrage⁴⁰⁷ entre les actifs mis en marché induit des phénomènes de *contagion* parfois presque instantanés. Une cambiodiversité⁴⁰⁸ foisonnante tend par ailleurs à rendre ses mécaniques de liaison et de transmission critique « infrastructurelles » plus complexes et évanescents en ce qui a trait à leur *docilité* analytique, notamment en raison de la pression combinatoire qu'elle induit. Ces déformations incessantes des espaces des phases correspondent à ce que nous qualifions de « rémanences micro-critiques ». Elles fondent à notre sens largement l'imprédictibilité à l'œuvre au sein des systèmes complexes du vivant et font du règne du vivant un ensemble de « structures de cohérence critiques » en interaction [Bailly et Longo, 2008].

Elles sont entretenues par les mécanismes de concurrence pour la survie entre les intégrons et sont amplifiées par leurs capacités différenciantes d'apprentissage, de rétention mémorielle et de protension décisionnelle. Et ceci, non seulement chez les agents dotés d'intentionnalité stratégique, pour lesquels ces phénomènes se manifestent avec une acuité renforcée, mais également au niveau des organismes biologiques. C'est, pour reprendre les mots de Jean-Pierre Dupuy [1981]⁴⁰⁹, ce qui conduit à « l'idée, chère à Castoriadis, d'un temps irréversible créateur d'émergences et de nouveauté radicale impliqu[ant] l'enchevêtrement du virtuel et de l'actuel, du passé, de l'avenir et du présent ». En effet, le présent contient, dans sa structure même, les traces du passé, ce qui lui confère une disposition singulière à l'instant et au lieu où il est situé ; de cette

⁴⁰⁶ C'est-à-dire affectant une marchandise ou un agent en particulier.

⁴⁰⁷ Si le prix d'un actif *A* dérive par exemple par construction de celui d'autres actifs sous-jacents *B*, *C* et *D* (le cas le plus simple étant celui d'une relation de type combinaison linéaire, comme cela se produit pour un indice de réplication comme le CAC40), alors *A*, *B*, *C* et *D* sont liés par la nécessité qu'implique la possibilité d'arbitrage, bien que cette relation ne soit pas systématiquement univoque (il peut y avoir « dislocation » locale, spatialement et temporellement, lors de crises de liquidité par exemple).

⁴⁰⁸ La cambiodiversité désigne la dispersion (au sens d'une variabilité) de l'univers des marchandises (économiquement) échangeables [Koppl *et al.*, 2015].

⁴⁰⁹ Citation p. 133.

disposition dérive la capacité des intégrons à recevoir, voire à concevoir ce qui va advenir, et donc en somme à façonner le futur non advenu dans le présent.

Dans cette perspective, on peut aisément rejoindre la double critique bergsonienne du finalisme et du mécanisme radical : non seulement « l'une et l'autre *doctrines* répugnent à voir dans le cours des choses [...] une imprévisible création de forme⁴¹⁰ », mais toutes deux négligent le fait que cette morphogénèse conditionne en retour et en permanence ses propres conditions d'évolution.

Sur la base de l'étude de nombreuses formes du vivant, Bailly *et al.*⁴¹¹ [1988] relèvent au moins une dimension *fractale* associée à chaque unité fonctionnelle et ce, quel que soit le niveau d'organisation considéré. Cette propriété traduit l'effet des transitions qui se produisent entre les échelles autant que l'influence des contraintes qui les canalisent, à savoir : la tendance à la « prolifération maximale des surfaces d'échange » et les limitations stériques auxquels sont soumises les tailles des organismes notamment. Les *intégrons* de l'économie financiarisée nous paraissent légitimement répondre de tels schémas transitionnels. D'une part, les agents, comme les entreprises, affichent une tendance *naturelle* à l'expansion de leur « surface financière » par le truchement de l'accumulation de capital ; d'autre part leur contention n'est pas stérique mais définie par la taille du marché où ils opèrent autant que par leur capacité de financement. Par transitivity, l'action de ces « contraintes de structures », transparait au niveau des cotations d'actifs et similairement au domaine du vivant, la fractalité se présente comme « trace » d'un passage effectif à la limite infinie d'une grandeur intensive (en l'occurrence, le logarithme des rendements). Mais la fractalité témoigne généralement du fonctionnement itéré d'un générateur stable, en mesure de garantir une homogénéité de ses répétitions processuelles. Or, en finance de marché, ce que l'on observe plutôt, c'est qu'à chaque sous-échelle de temps d'un événement critique, comme au niveau de chacun des agents en interaction, on peut déceler des morphologies auto-affines⁴¹² de prix sous-tendues par des similarités comportementales d'agents. De la même manière, si le vivant est capable de produire de la récurrence à un niveau moléculaire, il est affecté par une criticité particulière aux échelles d'observations supérieures, criticité que Bailly et Longo [2008] qualifient « d'étendue ».

⁴¹⁰ [Bergson, 1907], p. 48.

⁴¹¹ Mentionnés par Longo *et al.* [2011].

⁴¹² Il ne s'agit donc pas de véritable fractalité mathématique.

5.4.2. Criticité étendue : conditions d'établissement et limitations

Comme l'observent les auteurs, si la criticité de l'inerte est ponctuelle et, en un sens *radicale*, celle du vivant procède d'une certaine plasticité sur un périmètre de possibles acceptables pour ce qui est des systèmes en transition. En biologie, la criticité peut se manifester sur un espace dense⁴¹³ et non trivial⁴¹⁴ de valeurs des paramètres de contrôle, sur un « intervalle de viabilité ». Il s'agit d'une criticité de nature « invasive » qui opère par le truchement dual – et caractéristique de ces systèmes complexes particuliers – de l'intégration (propagation des effets et contraintes de manière ascendante, du local au global) et de la régulation (asservissement en descente du global au local), celle-ci agissant en quelque sorte par l'imposition des conditions aux limites, celle-là établissant de manière cumulative la structure de corrélation entre les différentes variables pertinentes.

Longo et Montévil [2011] identifient trois critères minimaux à l'établissement d'un régime dit de « Transition Critique Étendue » concernant le vivant : primo, le volume spatial des organismes doit être en situation de confinement au sein d'une membrane semi-perméable permettant les échanges d'énergie et de matière avec l'environnement, tout en garantissant la clôture pérenne du système et en en assurant la cohérence. Secundo, l'activité métabolique doit se produire loin de l'équilibre et se maintenir par échange entropique. Tertio, le biolon doit être fonctionnellement articulé en différents niveaux de structures en interaction, la longueur de corrélation que l'on peut établir entre chacun de ces niveaux, comme en leur sein, étant de l'ordre de la magnitude de la plus grande longueur « physiologique » de l'organisme.

Une zone de « criticité étendue » peut s'établir dès lors que l'on observe une série de bifurcations critiques loin des niveaux d'équilibres (ou dans une forme plus *faible*, de « stabilité »), et qu'il est possible de rendre compte d'états chaotiques princeps. On peut alors en dériver la conjonction de trois conditions structurelles décisives : une pérennité des niveaux d'organisations en interaction, une « clôture » systémique de nature autopoïétique, et un certain niveau d'autonomie homéostatique (nous devrions parler en fait d'autonomie homéorhétic) à même d'assurer une auto-préservation des éléments de structure essentiels. Les systèmes complexes anthropiques, et notamment ceux hébergeant des processus de marché semblent *mutatis mutandis* répondre favorablement à ces critères, par leur ontologie même. Ainsi que nous l'avons montré précédemment, ils se révèlent éminemment multiscalaires quant à leurs niveaux d'organisation en situation d'intrication, relèvent de fonctionnements autopoïétiques bornés (les

⁴¹³ Une partie X est dite « dense » vis-à-vis d'un espace topologique E si par exemple tout ouvert non vide de E contient au moins un élément de X , ce qui revient à énoncer que le complémentaire de X est vide, les éléments de X occupant tous les espaces de E .

⁴¹⁴ On parle de topologie « grossière » ou « triviale » pour désigner de tels ensembles qui présentant comme seuls ouverts eux-mêmes et l'ensemble vide.

marchés n'intègrent pas toute la cambiodiversité de manière anarchique mais imposent des conditions « limites » de permissivité) et, enfin, procèdent d'une *homéorhésis* bien établie. C'est dans ce cadre que se manifeste la « rémanence micro-critique » que nous avons évoquée et que peut s'établir, dans une perspective plus large, et analogiquement au domaine du biologique, la criticité étendue⁴¹⁵.

La vie, comme certains des systèmes anthropiques *institués* qui en dérivent, évolue entre ordre (stase) et désordre (chaos), à la frontière de ce dernier ; « la vie existerait à proximité d'une transition de phase » écrit Kauffman [1995]⁴¹⁶.

Analysant les mécanismes du « dérèglement » des dynamiques d'investissement et de financement dans les décennies 1970 et 1980, dont les cycles incessants d'euphorie et de corrections critiques (krachs) témoignent, Hyman Minsky [1982]⁴¹⁷ ne concluait pas autrement lorsqu'il affirmait que « l'instabilité financière correspond au fonctionnement endogène et normal du comportement d'une économie capitaliste ». Les crises germeraient pendant les « périodes de tranquillité », propices à l'innovation endogène – « l'innovation financière est une caractéristique de nos économies lorsqu'elles se portent bien » écrit Minsky. Cette lecture serait en outre conforme aux travaux de Jean Lescure [1938], qui, établis à partir d'une analyse de la littérature financière entre 1870 et 1929, ont identifié l'excès de liquidités (« inondation des crédits ») comme ferment de l'instabilité des périodes pseudo-stables (selon notre terminologie). L'abondance monétaire est en effet l'un des facteurs essentiels conditionnant l'intensité de production des innovations endogènes. Elle aurait, au sein des biosphères, une influence analogue à celle de l'abondance en ressources carbonées, propice à la prolifération des espèces et à l'exploration morphogénétique, du fait de pressions évolutives moindres. Néanmoins, dans l'un et l'autre cas, ces phases d'expansions ne sont pas indemnes de transformations architectoniques sous-jacentes profondes, en mesure, non seulement de déstabiliser les systèmes par accroissement des potentialités de bifurcations permises, mais également d'en accroître la viabilité du fait de l'induction de nouveaux liens complexes entre les niveaux d'organisation en interaction, comme en leur sein.

⁴¹⁵ Bien sûr, les échanges au sein des marchés organisés sont médiés par une information non pas « réflexe » ou physico-chimique (p. ex. transmissions phéromonales en biologie), mais symbolique et signifiante. Nous aurons l'occasion de détailler les conséquences de cette différence au cours des Parties 7 et 8 notamment.

⁴¹⁶ « *Life may exist near a phase transition* » (traduction personnelle), cité par Bailly et Longo [2008].

⁴¹⁷ Cité par Chavagneux [2011].

Étendant les analyses de Minsky et de Lescure, Kindleberger⁴¹⁸ [1994] qualifie plus précisément de quoi sont faites les méta-trajectoires économiques capitalistiques : le foisonnement innovationnel mal contrôlé permis, autant qu'induit, par une situation d'abondance monétaire, entraîne une « course au profit » en raison d'une mise en concurrence intense (en quantité autant que dans une perspective d'intensité *rythmique* des échanges) des agents pour l'accession à ces ressources. Cette situation est propice à une inflation du crédit et par contagion à une bulle des prix, selon une logique auto-référentielle implacable : la demande incite l'offre, l'offre permet la croissance des prix et justifie en retour la demande, ainsi que son accroissement, jusqu'au moment où la demande marginale décroît et peut *ipso facto* inverser ce processus. Les crises de 2001 de la « nouvelle économie » (innovation exogène) et celle de 2008 des « *Subprimes* » (innovation endogène) rendent bien compte de telles dynamiques critiques, marquées par la co-cyclicité des conditions de la liquidité (via le crédit) et des prix d'actifs [Borio *et al.*, 2012].

Il nous importe à ce stade de préciser ce qu'il en est du « mauvais contrôle » des innovations que nous avons évoqué plus haut, car là se situe justement l'une des sources essentielles de l'imprédictibilité singulière des systèmes anthropiques. Quand nous indiquons que le foisonnement innovationnel est « mal contrôlé », nous ne faisons ni tout à fait état de l'absence ou de l'impossibilité des contrôles par le système, ni de l'inadéquation de ces derniers. Le système économique canalise en effet les innovations possibles et rend d'ailleurs la plupart d'entre elles *bénignes* du point de vue de leur intégrité. Pour autant chacune agit *a minima* comme une protubérance créatrice amenant l'exploration de nouveaux possibles – Schumpeter [1943] qualifiant ce processus dual de reconfiguration par l'innovation de « destruction créatrice ». C'est notamment en ce sens que nous qualifions, à la suite de Bailly et Longo [2008], la Transition Critique Étendue de régime phénoménologique de référence pour tels systèmes.

Lorsque la transition critique déborde le champ de viabilité du système, une crise fondamentale survient et la stabilité apparente cesse au profit d'une redéfinition profonde de toutes ou d'une partie des caractéristiques essentielles de l'espace des phases. L'explosion d'une bulle spéculative constitue un événement de cet ordre.

Tentant de concilier sa foi en un déterminisme métaphysiquement souhaitable et la réalité des systèmes chaotiques des sciences physiques, René Thom reconnaît à l'amplification des conditions initiales infinitésimales la capacité de déclenchement de « catastrophes », mais il

⁴¹⁸ Les cinq phases dont traite Kindleberger suivent : (i) essor économique marqué par une hausse des cours, un développement du crédit permettant l'innovation sous-tendue par l'investissement (ii) euphorie liée à la corrélation positive des anticipations agentielles, et sous-estimation du risque (lors de cette phase où la liquidité est abondante, les prêteurs en concurrence minimisent les primes exigibles au titre du défaut [Allen et Gale, 2001]) (iii) atteinte du paroxysme spéculatif et prélude « catalytique » à la panique (iv) prise de conscience de la mauvaise évaluation du risque, recherche d'actifs de qualité et désendettement (v) « déflation des dettes et restructuration des bilans » [Aglietta et Reberieux, 2004]. Les phases (i), (ii) et (iii) correspondent à un « régime débiteur », auquel succède un « régime créancier », selon les rapports de force structurant les échanges.

estime cela à la fois compatible avec le cadre déterministe général tel qu'il est paradigmatiquement défini, et cohérent avec le fait que l'on puisse s'y référer dès lors que l'on s'éloigne des zones de bifurcations, le « programme de phases » conservant sa pérennité, à une transformation déterministe près [Pomian, 1990]. Lors d'une transition de phase thermodynamique, le point critique est ainsi connu, de même que le sont ses conditions de survenue et que l'on peut « prédire » la nature des espaces des phases pré- et post-critiques⁴¹⁹. À une échelle adéquate, le déterminisme est ainsi préservé.

5.4.3. *Ordo et chaos* : criticité et entropie

Dans les systèmes physiques simples on considère ordinairement – en vertu du Deuxième principe de la thermodynamique – qu'un maximum de stabilité est associé à un niveau élevé d'entropie. Au sein de tels systèmes, lors d'une transformation irréversible le chemin suivi n'importe pas et l'évolution naturelle conduit à un accroissement du désordre conjointement à une diminution du rythme de production entropique jusqu'à un équilibre. À l'inverse, comme mis en évidence par les travaux de Prigogine [1983], les systèmes du vivant procèdent d'un abaissement ou d'un maintien de leur niveau d'entropie. Ils se structurent loin des équilibres et au sein de ces zones d'instabilités intrinsèques, ils tirent leur cohérence et un certain ordre stabilisé du jeu des corrélations multiscalaires. Ce qui est en jeu, c'est ce que qu'Andronov définit comme « stabilité structurelle » [Largeault, 1990] : les *petites* perturbations n'affectent pas la morphologie des dynamiques systémiques (stabilité de zones de criticité) et préservent la pseudo-stabilité des structures de corrélation et des causalités.

Étudiant l'insertion des systèmes économiques productifs (essentiellement industriels) au sein des écosphères, Nicholas Georgescu-Roegen [1971]⁴²⁰ conclut qu'à la manière de systèmes clos, de tels systèmes ne sauraient croître indéfiniment en générant une entropie sans cesse plus grande, sauf à se voir alors condamnés à disparaître. Soucieux de rompre avec les approches néo-classiques qu'il juge par trop mécanicistes, Georgescu-Roegen fonde son raisonnement sur une analogie profonde entre les phénomènes et mécanismes de l'économie et ceux qui prévalent en physique thermodynamique ainsi qu'en biologie évolutionniste. Considérant que toute activité humaine est fondamentalement contrainte à souffrir d'un rendement inférieur au total de l'énergie consommée, l'activité humaine ne saurait que contribuer à la hausse de l'entropie globale. Mais comme le souligne justement Passet, une telle analyse néglige les mécanismes déployés au sein des écosphères comme au sein des biosphères, relevant de la « survie » par optimisation

⁴¹⁹ Ainsi la sublimation d'un solide n'induit-elle rien d'autre qu'une bascule déterministe – du point de vue méta-systémique – des conditions d'établissement des propriétés de ses observables autour du « point triple ».

⁴²⁰ Dans [Passet, 2014].

concurrentielle entre les intégrons et de la reproduction avec modification [Passet, 2014]. Ces mécanismes essentiels et caractéristiques sont sources de néguentropie. Ils désorganisent, en effet, à une certaine échelle, l'univers considéré dans une perspective environnementale, pour permettre aux systèmes complexes que nous envisageons de perdurer dans toutes leurs dimensions constitutives.

Dans le modèle de Boltzmann, la matière est agitée par d'incessantes « fluctuations statistiques ». Celles-ci sont « bénignes » au sens où elles participent de la stabilisation du système par l'uniformisation qu'apporte, paradoxalement en apparence, l'accroissement du niveau de désordre général. C'est, en effet, de l'aléatoire en jeu que le système tire sa descriptibilité et son équilibre symétrisé. Dans les systèmes complexes biologiques et anthropiques, les fluctuations peuvent être décisives et surviennent avec une « liberté » moindre, contraintes par une précaire mais néanmoins structurante *tension homéorhétique*.

L'entropie élevée des systèmes physiques correspond à un maximum de stabilité. D'un point de vue statistique, il s'agit de situations où la combinatoire des configurations hamiltoniennes élémentaires est également maximale (l'entropie boltzmanienne est une fonction logarithmique du nombre d'états microscopiques possibles). Lorsqu'un événement critique survient, on constate un phénomène de re-corrélation des composants du système, ainsi qu'une diminution notable des trajectoires possibles. La méta-trajectoire critique joue le rôle d'attracteur pour l'ensemble des trajectoires individuelles et la convergence vers cet attracteur se fait dans un intervalle temporel significativement inférieur à celui des temps caractéristiques observés lors des périodes de pseudo-stabilité.

L'économie en période de perturbation critique procède également d'une re-corrélation des divergences paramétriques (comportement des agents, direction et accélération des prix, rythme d'innovation, niveau global de liquidité offerte, etc.). L'information minimale nécessaire à la description du système concerné décroît alors drastiquement et l'on assiste à une diminution conjuguée du niveau d'entropie au sein de ce dernier. Lorsqu'une transition de phase opère au sein d'un système physique, se produit une rupture de la grandeur entropie ; il apparaît que l'on peut observer ce phénomène également lors des transitions critiques des systèmes économiques. Si la crise est *supportée* par le système, l'entropie constatée présente une discontinuité forte à la baisse, avant de retrouver généralement un niveau plus élevé. Sinon, elle est dite « destructive » et l'entropie diverge à l'infini, le système n'étant plus à même de maintenir sa pérennité et sa propriété structurelle de semi-clôture.

En situation de criticité étendue, nous avons vu que de tels systèmes anthropiques organisés se constituent à partir de phénomènes micro-critiques dont certains sont d'ampleur suffisante pour constituer des bifurcations significatives, largement imprédictibles quant à leur temporalité de survenue autant qu'en ce qui en fonde l'issue. Ces crises décisives comportent à notre sens un certain « pouvoir de résolution », dans la mesure où elles amènent un système en régime anormal à se *contracter* temporairement, au niveau de ses potentialités de développement et de sa pression concurrentielle pour la survie (assèchement de la liquidité, diminution des ressources organiques, par exemple), ce qui a pour effet d'entraîner des ajustements ou des disparitions de certaines de ses parties les moins *adaptées*. L'espace des phases est alors souvent là radicalement altéré et le système amené à évoluer selon un cadre renouvelé. D'une manière générale le vivant se présente « naturellement » comme une succession de micro-crisis bénignes qui se résolvent et de crises ontologiquement déterminantes qui en stabilisent les trajectoires. Lorsque ces dernières se dissipent – conformément à la situation de pseudo-stabilité que nous avons qualifié plus haut – elles permettent aux macro-trajectoires systémiques d'agir en tant qu'attracteurs. Telle est à notre sens la nature du régime de transition critique étendue à l'œuvre.

L'immutabilité nomologique dont Poincaré estimait la nécessité en tant qu'hypothèse épistémologique fondamentale – dans la lignée de la vision humienne de la récurrence des faits comme condition gnoséologique –, qui a déjà été battue en brèche au sein des systèmes physiques dynamiques, ne résiste pas en l'état aux remises en cause émanant de la théorie des systèmes du vivant que nous défendons, ces derniers étant intrinsèquement marqués du sceau de la variabilité. Si les géodésiques physico-mathématiques des variétés riemanniennes à courbure négative sont instables, elles ne le sont *que* dans une perspective calculatoire, alors que les trajectoires des systèmes complexes animés présentent des propriétés « constitutives » d'instabilité. C'est même cette propriété d'instabilité qui est le substrat structurellement stable sur lequel doit s'établir toute tentative de fondation d'une connaissance en la matière.

Sur la base de ce principe, nous nous proposons à ce stade de discuter le concept central d'efficience des marchés en mettant en exergue le caractère non pas *superfétatoire* ou *pollutif* du « bruit », mais *productif* du point de vue de la viabilité des systèmes économiques.

6. RELECTURE ÉPISTÉMOLOGIQUE DE L'HYPOTHÈSE D'EFFICIENCE

Le bruit rend les marchés financiers possibles, mais il les rend également imparfaits.

— Fischer Black⁴²¹

Propos synthétique : Où nous rappelons en premier lieu les enjeux du réductionnisme théorique lié aux paradigmes essentiels de la finance de marché que sont la Théorie moderne du portefeuille et l'hypothèse d'efficience. Nous nous attachons ensuite à préciser en quoi l'aléatoire à l'œuvre ne saurait être adéquatement qualifié de « neutre », en raison de l'importance des mécanismes de contention et de canalisation dans sa formation et son maintien, ainsi que de celle des observables mis en marché au sein des écosphères. Contention et canalisation orientent et façonnent le hasard, ce dont les motifs apparents des chroniques de prix semblent rendre compte, en dépit de ce que stipule l'orthodoxie théorique. Nous insistons également sur la nécessité de distinguer le hasard du bruit, à partir de la capacité ou de l'incapacité de la théorie à intégrer l'un et l'autre. Le bruit, bien que s'établissant « hors de la théorie », n'en est pas moins potentiellement décisif quant aux trajectoires des objets auxquels nous nous intéressons ; il peut agir en tant que facteur générateur, amplificateur, stabilisateur mais aussi destructeur – ce dont nous tâchons de rendre compte. Enfin, nous traitons sur cette base de la question importante de la neutralité axiologique des processus de marché.

⁴²¹ « Noise makes financial markets possible, but also makes them imperfect » (traduction personnelle ; BLACK Fischer, « Noise », *Journal of Finance*, vol. 41, n° 3, 1985, p. 529-543.

6.1. Réduction du risque et prééminence allocative du marché

Durant toute la première moitié du XX^e siècle, les pratiques en matière de gestion financière sont restées largement empiriques et marquées par une dimension interprétative⁴²² forte : chaque actif était évalué dans un cadre idiosyncratique, sur la base des perspectives propres de rendements que les agents lui conféraient – autrement dit selon sa trajectoire particulière anticipée dans l'espace des prix, à un instant donné. Les travaux séminaux de Markowitz [1952] fondant la Théorie moderne du portefeuille, développés par Tobin [1958] et fixés dans leur forme « classique » par Sharpe en 1964⁴²³, ont mis fin à ce dogme de la « non-diversification » [Bernstein, 1992] en consacrant d'une part la *réduction* du choix à une alternative entre un niveau de risque (exprimé en terme de variance) et une espérance de rendement afférent, et en établissant d'autre part l'équivalence d'ensembles d'actifs constitués en portefeuilles au sein d'un univers d'investissement sur la seule base des grandeurs statistiques que constituent la variance et l'espérance.

En creux, c'est une représentation log-normale du risque à la Bachelier-Osborne que le modèle du MEDAF⁴²⁴ (Modèle d'Évaluation Des Actifs Financiers) valide en l'adoptant comme postulat. Ce postulat est par ailleurs étendu par la proposition centrale d'optimalité des portefeuilles via l'arbitrage en moyenne-variance, qui requiert de pouvoir évaluer un groupement d'actifs vis-à-vis de tout autre, et qui, pour ce faire, implique une hypothèse stable concernant la coévolution des actifs les uns par rapport aux autres. Techniquement, il s'est agi pour Markowitz de déterminer les coefficients d'une matrice en variance-covariance traduisant l'existence d'une loi de probabilité conjointe multi-normale sous-jacente, afin de pouvoir comparer des ensembles d'actifs dissemblables en nature mais rendus homogènes au moyen de leur *réduction quantitative*. La représentation en moyenne-variance implique en outre une forme particulière d'équivalence entre actifs : sur la « frontière d'efficacité » se situent différentes combinaisons de portefeuilles considérées comme *également optimales*, rendues de ce fait parfaitement fongibles indépendamment de la nature réelle de leurs compositions.

⁴²² Elles étaient en effet essentiellement basées sur l'analyse des titres et des rendements dans leur contexte historique ; elles étaient par ailleurs influencées par les recommandations d'experts.

⁴²³ On pourra également à profit citer les travaux de Mossin [1966] ou Treynor [1965].

⁴²⁴ Le MEDAF ou CAPM (*Capital Asset Price Model*, dans sa dénomination commune anglo-saxonne) – malgré les nombreuses remises en causes théorique et empirique qu'il a subi – reste le modèle dominant d'évaluation des actifs financiers, se basant sur l'équilibre de leurs rentabilités espérées en fonction de leurs niveaux de risques. Il a notamment été enrichi par des approches de type CCAPM (*Consumption CAPM*) qui « étendent la théorie statique du CAPM portant sur les prix individuels d'actions en proposant une théorie dynamique basée sur la consommation des déterminants de la valorisation d'un portefeuille de marché » (citation de l'*Economic Sciences Prize Committee*, dans [Guerrien, 1999], p.7.

Le risque d'un portefeuille A d'actifs A_i pris au sein d'un univers de taille n peut se décomposer de la manière suivante :

$$var(A) = \frac{n-1}{n} cov_n + \frac{1}{n} var_n \quad [F5]$$

Il dérive d'une composante d'ordre systémique exprimée en covariance par rapport aux actifs non sélectionnés (agissant à la manière d'une cause « commune » à tous les actifs) et d'une composante de nature idiosyncratique (cause « propre » à chaque actif). On observe trivialement que si n croît, ce dernier terme voit sa magnitude diminuer jusqu'à devenir négligeable dans le cadre d'un univers très large. C'est là un résultat essentiel dérivé des travaux de Markowitz : il est possible, par le truchement de la diversification, non seulement de contrôler le niveau de risque souhaité d'un portefeuille considéré dans son ensemble, mais de réduire à la portion congrue la contribution du risque spécifique porté par chaque actif au risque global. Dans cette optique, tout investisseur devrait pouvoir accepter un risque nécessaire ayant pour contrepartie souhaitée une espérance de rendement, en ayant la possibilité de se départir du risque contingent émanant de l'incertitude propre à chaque actif.

Dans la forme développée par Sharpe [1963] toutes les rentabilités R_i sont explicitement liées à un « facteur sous-jacent de base » qui n'est autre que le « marché » (M) lui-même :

$$R_i = \alpha_i + \beta_i R_M + \varepsilon_i$$

Dans ce modèle dit « linéaire⁴²⁵ », la composante stochastique ε_i liée à l'actif A_i de rentabilité R_i est d'espérance et de covariance (vis-à-vis des autres actifs du marché⁴²⁶ pris isolément ou conjointement) nulles. Sharpe en dérive le résultat, tout à fait fondamental, selon lequel le portefeuille « super-efficient » n'est autre que celui constitué par le marché tout entier, réputé optimal du point de vue de son rendement à un niveau de risque donné. Voilà une forme d'efficience lourde quant à ses implications : il est vain de vouloir construire un portefeuille raisonné, du fait de l'espérance supérieure d'une simple indexation au marché⁴²⁷.

⁴²⁵ En pratique, les études économétriques couplent le modèle linéaire de marché au MEDAF pour obtenir une relation dite de « MEDAF *ex post* » afin de pouvoir effectuer des tests statistiques sur des observables historiques plutôt que sur des valeurs d'anticipation [Blume et Friend, 1973].

⁴²⁶ En pratique, on utilise un indice ou un ensemble d'indices suffisamment diversifiés pour représenter le « marché ». C'est là l'un des écueils de la théorie quantitative du portefeuille.

⁴²⁷ Malkiel [1995] reprenant les résultats de Jensen [1968] s'étonne à ce titre : « L'énigme la plus importante aujourd'hui, c'est peut-être de savoir pourquoi tant d'investisseurs prennent des participations dans des fonds communs générés activement coûteux, au lieu d'opter pour des fonds indiciels peu onéreux. » (traduction personnelle).

Walter [2013] relève trois raisons majeures à la prégnance de la « théorie du portefeuille », qui s'est tôt imposée comme paradigme de référence, nonobstant le poids des hypothèses qui la sous-tendent, et sa cécité à certains facteurs de risques « réels » parfois primordiaux. Le premier est d'ordre historico-culturel et a trait au désir de « scientificité » d'une époque où la finance était encore largement dominée par une pratique empirique d'experts, et ce malgré les premiers résultats statistiques significatifs concernant les évolutions d'actifs publiés au début des années 1950 [MacKenzie, 2006]. Les deux autres sont de nature institutionnelle : en cette même période, la Commission Cowles a œuvré à la mathématisation de la discipline⁴²⁸ [Dimand, 2009] et au cours des décennies qui ont suivi, les principes du MEDAF ont permis d'introduire des éléments de quantification au sein du corpus réglementaire encadrant les activités des fonds de pension américains [Montagne, 2006]. Depuis il n'est pas un manuel d'éducation à la discipline qui ne s'appuie pas, comme enseignement de base, sur les grands résultats de la théorie du portefeuille.

Il nous semble qu'il faille en plus de ces arguments tenir compte du caractère éminemment *opératoire* de cette théorie, qui confirme d'une part la gaussianité épistémiquement docile des processus de marché, et qui, d'autre part permet une grande manipulabilité des actifs devenus à la fois homogènes du point de vue de leurs observables pertinents (réduction de leur description aux grandeurs correspondant aux seuls moments d'ordre un et deux de leurs distributions), fongibles entre eux (au sens d'interopérables et substituables), et cohérents avec une vision déshistoricisée et stable de l'optimalité de leur allocation (notion de frontière efficiente).

6.2. Efficience paradigmatique

Bien que décisive, l'intuition – que l'on doit à Bachelier – de la *neutralité* des marchés du point de vue de leur arbitrabilité, n'a pu être véritablement étayée, d'un point de vue statistique, qu'à partir des travaux de Cowles [1933] et de Kendall [1953] ; elle a cependant été largement négligée jusqu'aux années 1960, au moment où les résultats de Cootner [1964] sur l'aléatoire caractérisant les chroniques de prix ont montré que les cours ne sont pas anticipables. Autrement dit, il ne serait pas possible de dégager des régularités dont on pourrait tirer profit par l'analyse, quel que soit le niveau de pertinence interprétative ou technique de cette dernière. Les régularités observables apparaissent de ce fait essentiellement contingentes, supportées – comme nous l'avons vu – par des espaces des phases précaires. Les études économétriques susdites sont non seulement particulièrement importantes *per se*, mais aussi parce qu'elles ont autant préparé que préfiguré le

⁴²⁸ Christ [1994] montre que de nombreuses hypothèses structurantes de l'orthodoxie financière ont été promues par cette Commission : invariance et décorrélation des résidus statistiques, log-normalité, stabilité des systèmes d'équations, observabilité, etc.

paradigme central de l'efficience des marchés, dont on doit la synthèse historique à Eugène Fama [1970].

Jusqu'à Fama, le concept d'« efficience » a principalement été utilisé pour caractériser des situations d'équilibre dérivées du cadre statique de la théorie des jeux, dans la lignée de la modélisation d'« économie abstraite » d'Arrow-Debreu. Fama a étendu cette notion en considérant qu'il ne saurait y avoir optimalité allocative sans qu'il n'y ait efficience informationnelle, c'est-à-dire transmission de toute l'information disponible à chaque instant : « un marché au sein duquel les prix « reflètent intégralement » l'information disponible peut être qualifié « d'efficient »⁴²⁹ », écrit-il ainsi. La « réflexion » dont il est question est au cœur de la théorie de Fama, elle n'est autre que la condition permettant aux agents de déterminer le point d'équilibre du rendement attendu, compte-tenu du risque perçu, au sens de Sharpe. Si l'espérance de rendement (au discompte près) d'un actif est nulle, le processus stochastique qui le caractérise peut être mathématiquement décrit par une martingale et le marché étudié modélisable en tant que « Jeu Équitable⁴³⁰ » (*Fair Game*).

Fama distingue trois modalités d'efficience. L'efficience « faible » suppose qu'à chaque instant, les prix synthétisent l'intégralité de l'information historique ; de ce fait nul ne peut tirer profit de l'étude et de la connaissance des faits passés. Ceux-ci sont réputés déjà « exploités » par les agents dans la formation des prix. Dans cette première acception, on retrouve l'hypothèse d'une marche au hasard, c'est-à-dire d'un processus stochastique à la fois markovien (l'espérance de rendement conditionnelle à une filtration ne dépend pas de cette dernière), d'espérance de croissance nulle, et à accroissements successifs indépendants et identiquement distribués. Fama fonde cet argument sur les nombreuses études qui se sont intéressées à l'analyse des covariances sérielles de prix et qui ont établi l'absence de corrélation significative entre les chroniques différées d'actifs ainsi que la nullité des niveaux d'autocorrélation au sein des chroniques elles-mêmes et ce, quels que soient les actifs évalués.

En outre, comme les résultats de King⁴³¹ [1966] l'ont montré, s'il existe bien des corrélations stables, ces dernières s'établissent essentiellement entre actifs, au niveau de leurs rendements simultanés, si bien que l'on ne saurait concevoir d'exploitation de ces informations dans une optique de prédictibilité. Du point de vue de la théorie néo-classique, elles reflètent d'une part la composante de marché que la volatilité de tout actif comporte : le risque dit « systémique »

⁴²⁹ « A market in which prices always "fully reflect" available information is called "efficient" » (traduction personnelle).

⁴³⁰ On retrouve là le principe énoncé par Bachelier selon lequel le profit qu'un spéculateur peut espérer d'un investissement est nul.

⁴³¹ Cité par Fama [1969].

[Sharpe, 1963] ; d'autre part, elles témoignent de coïncidences sous-jacentes de natures diverses (facteurs communs de production, relations causales, effets de substitutions, etc.)

Dans sa forme « semi-forte » l'efficience est réputée à tout moment garantir que les marchés reflètent la totalité de l'information publique disponible. Fama teste cette hypothèse à partir du comportement des prix au voisinage d'événements susceptibles d'avoir un impact sur leur évolution : *stock-splits*⁴³², *buy backs*⁴³³, publication des comptes. Il conclut qu'*en moyenne* ces événements ne présentent pas un biais significatif exploitable dans l'évolution subséquente des cours, ce qui tendrait à confirmer que les prix prévalant au moment de leur survenue intègrent bien la vision du marché quant à ce qu'ils seront⁴³⁴. Enfin, Fama s'interroge sur la capacité du système de prix à refléter, non seulement l'information publique disponible, mais également celle que d'aucuns sont seuls à posséder et à pouvoir exploiter. Afin d'établir l'efficience dite « forte », Fama convoque les travaux de Jensen [1965]⁴³⁵ traitant de l'incapacité des fonds d'investissement gérés par des professionnels (*mutual funds*) à générer de la performance en surplus de celle que l'approche sharpienne considère comme *attendue* à un niveau de risque donné. Ces résultats confortent les premières analyses économétriques de Cowles [1933] complétées par les développements de [1944], montrant l'absence de surperformance significative de la part des opérateurs professionnels des marchés (prévisionnistes, gérants de fonds) par rapport aux seuls faits du hasard.

Jusqu'aux années 1960, l'imprédictibilité des marchés relevait essentiellement des conséquences de leur représentation brownienne, mais les travaux de Fama ont fait de l'efficience informationnelle le paradigme dominant de ce champ des savoirs, cristallisant un faisceau de résultats [Larson, 1960] [Cootner, 1962] tendant à démontrer que les prix intègrent à chaque instant l'ensemble de ce qui est prédictible. La théorie de l'efficience considère que l'information nouvelle est par nature exogène et largement imprédictible, ce qui permet d'étayer qualitativement l'hypothèse de marche au hasard, ainsi que le résume Daloz [1973]⁴³⁶ : « si les cours contiennent tout le prévisible, les fluctuations ultérieures relèvent exclusivement de l'imprévisible, c'est-à-dire du hasard ». Fama [1965] a originellement défendu la conception d'un aléatoire résultant de l'action indépendante d'agents rationnels *guidés* par la recherche de la

⁴³² Cf. entrée « Stock-split » de l'Addendum.

⁴³³ Cf. entrée « Buy back » de l'Addendum.

⁴³⁴ À la lumière des travaux économétriques qui ont été menés sur ce thème, Fama [1991] a proposé une reformulation de ce dernier en « test d'études d'événements » (voir [Boya, 2012]).

⁴³⁵ Gillet [1991] souligne la difficulté expérimentale à traiter de cette forme d'efficience, mentionnant « les difficultés inhérentes à la réalisation de tests basés sur les transactions effectuées par les initiés ».

⁴³⁶ Cité par Christian Walter [2013], p. 119.

valeur fondamentale⁴³⁷ des actifs, là où Samuelson [1965] affirme que l'aléatoire découle principalement du seul fait de la mise en compétition desdits agents [Delcey, 2019].

Par sa capacité *apparente*⁴³⁸ à décrire, situer et légitimer autant l'action des marchés que l'aléatoire qui y règne, l'efficience se situe encore aujourd'hui au cœur de la théorie financière, dont elle constitue l'un des « fondements » [Jaquillat et Solnik⁴³⁹, 1997].

6.3. Contention et canalisation de l'aléatoire au sein des systèmes transactionnels

Le hasard qu'intègre l'hypothèse d'efficience en son sein est un hasard « neutre ». Il s'agit d'un hasard borélien, celui des mathématiques pures, qui se déploie dans un espace théorique éthéré au sein duquel les symétries d'objets ne sauraient être altérées. Il se manifeste par une parfaite *translation des causes* et se caractérise par des lois uniformes. Au sein des systèmes simples de la physique, où les écarts au modèle restent en moyenne bénins, c'est aussi celui qui peut raisonnablement opérer (le cas paradigmatique du dé lancé en est une illustration). Mais dès lors que des facteurs environnementaux ou des limites endogènes aux systèmes conditionnent les espaces des phases, on a affaire à un hasard contenu, qui peut se traduire – dans les cas les plus favorables – par la manifestation de lois gaussiennes, répandues dans le domaine du vivant⁴⁴⁰. La gaussianité révèle en effet bien souvent le produit d'effets conjugués qui s'estompent par un affaiblissement de leur combinatoire à mesure que l'on approche des limites d'enveloppe et des contraintes de cohésion structurelle des systèmes. Elle peut aussi témoigner de l'isotropie de la plasticité à l'œuvre vis-à-vis de toute composante de bruit exogène, c'est-à-dire d'une forme de « tolérance » neutre à la contingence.

Le régime de micro-criticité pseudo-stable des marchés que nous défendons s'exprime pour sa part, sans s'y réduire toutefois, plutôt par le biais de lois de Lévy non-stables⁴⁴¹, à même de rendre compte de la « rugosité » de l'aléatoire qui les caractérise⁴⁴². S'il semble faiblement contraint, ce dernier peut néanmoins se cristalliser temporairement autour d'attracteurs non-pérennes lors des phases de re-corrélation critique, à la différence des convergences de systèmes complexes physiques vers des bassins d'attractions stables, permises par l'inaltérabilité de leurs espaces des phases sous-jacents. En outre, comme nous l'avons mis en évidence, les écosphères et les

⁴³⁷ Fama abandonnera plus tard cet argument princeps.

⁴³⁸ Nous ajoutons à dessein cet adjectif.

⁴³⁹ P. 48.

⁴⁴⁰ Ceci est particulièrement vrai au niveau moléculaire.

⁴⁴¹ La loi normale est un sous-cas de loi de Lévy stable. Les lois stables présentent des propriétés de sommation et d'invariance d'échelles caractéristiques.

⁴⁴² Ces processus affichent une non-fractalité et une variance infinie. Selon Walter [2013], leur emploi permet la « renaissance du modèle de marche au hasard ».

biosphères envisagées au niveau macroscopique de leurs pseudo-trajectoires restent généralement rétives à la production de lois susceptibles de les décrire adéquatement. Au mieux, reprenant à dessein Jacob, nous pourrions écrire que la « [production économique] oriente le hasard⁴⁴³ », mais ne le détermine aucunement. Il existe en effet une certaine cohérence (de nature technique, scientifique et capitaliste) dans les processus de production à l'origine de la création des marchandises qui assure leur reproduction dans le temps, hors des phases critiques majeures. En d'autres termes, toutes les trajectoires de ces espaces ne sont pas équiprobables, le hasard qui y règne n'est pas anarchique, *tout ne peut pas arriver*.

En biologie, les travaux de West-Eberhard [2005] mettent en lumière l'importance de la canalisation exercée par l'environnement écologique et interactionnel sur l'expression génétique. Les facteurs exogènes se révèlent parfois à ce point contraignants qu'un phénomène purement stochastique se produisant au niveau infracellulaire (une mutation par exemple) peut s'exprimer de manière quasi-déterministe aux échelles supérieures [Longo, 2017].

En économie, les schémas mentaux et autres biais cognitifs des agents économiques peuvent exercer une canalisation de nature anthropique des processus de marché ; les règles d'organisation et de fonctionnement en vigueur au sein des places de marchés organisés induisent pour leur part une forme institutionnalisée de contention. Ensemble, ils participent de la « causalité différentielle » qui y opère en tant que soubassement des processus transactionnels. Contention et canalisation restreignent l'exploration des espaces des phases, tout au moins lors des périodes de pseudo-stabilité. Ces mécanismes figurent au fondement même de la possibilité de déploiement de chréodes, ainsi que nous l'avons énoncé précédemment. « Les hommes font leur propre histoire, écrivait Marx, mais dans des conditions données⁴⁴⁴ » : c'est en somme de cela qu'il est question. On peut dès lors s'interroger au sujet de l'acceptabilité épistémologique de l'hypothèse d'efficience, ou *a minima* sur ses conditions d'applicabilité. Dans quelle mesure le système de prix peut-il être qualifié d'efficient alors que l'on sait qu'il est contraint dans son fonctionnement ?

Paradoxalement, et par analogie avec les formes physiques de la matière, on doit considérer que plus un système est contraint, plus il répond à une logique complexe dans la mesure où l'appréhension de cette dernière impose de tenir compte des interactions qui surviennent aux bornes du système. Il s'agit en effet de considérer en sus la dynamique propre des contraintes elles-mêmes, sans assurance de pouvoir continûment en linéariser ou en probabiliser les effets

⁴⁴³ Jacob écrit, au sujet du vivant : « la reproduction oriente le hasard » dans [Jacob, 1970], p. 317.

⁴⁴⁴ Karl MARX, *Le 18 Brumaire de Louis Bonaparte*, 1852.

modélisés. Soumise à des limites de ruptures et de déformations, la matière solide se démarque ainsi de l'homogénéité commode que présente l'état gazeux⁴⁴⁵. Dans ce contexte, il faut accepter que les géodésiques des systèmes complexes dont nous traitons n'en soient pas et que ces systèmes s'orientent généralement vers des états sous-optimaux fortement dépendants des conditions environnementales. En outre, quand ils existent, les phénomènes de rétroactivité sont de nature à accroître le niveau de contention « normal » de l'aléatoire, renforçant là la pseudo-stabilité d'ensemble. Mais dès lors qu'ils dérivent, c'est l'inverse qui tend à se produire : le système s'en trouve d'autant plus déstabilisé et une crise profonde peut se produire.

En situation de « pseudo-stabilité », et contrairement à ce que l'orthodoxie néo-classique envisage, différentes manifestations du hasard rugueux dont nous faisons état se font jour. Nous nous proposons d'en rendre compte en analysant les *morphologies* particulières que les chroniques de prix peuvent héberger, morphologies dont l'existence est de nature à remettre en cause l'hypothèse d'efficience.

6.4. Émergence de motifs et arbitrabilité

6.4.1. Motifs intrinsèquement aléatoires

La question de l'origine des mouvements de prix observés sur les marchés continue d'être abondamment débattue dans la littérature économétrique en finance. « De toutes les séries chronologiques en économie, écrit Roberts⁴⁴⁶ [1959], les chroniques des cours boursiers, aussi bien individuels qu'agrégés en indices, sont probablement celles qui ont été le plus étudiées ». On peut distinguer trois approches principales visant à analyser l'influence de l'aléatoire dans la marche des processus transactionnels envisagés quantitativement à partir de leurs séries numériques de prix. La première a été précédemment évoquée : elle consiste à établir l'existence d'autocorrélations ; la seconde a trait à la recherche de tendances et d'inerties dans lesdites séries (*momentum*) [Cowles et Jones, 1937] ; la dernière procède par étude de la pertinence des analyses *chartistes*. Or, en vertu du résultat, déjà évoqué, de Ramsey, il apparaît que toute série particulière puisse se retrouver produite au sein d'une série numérique suffisamment longue *du seul fait du hasard*. C'est aussi ce que montre partiellement la loi de l'arcsinus de Lévy, stipulant que dans un « jeu » équilibré et aléatoire, les gains ou les pertes peuvent subsister sur de longues

⁴⁴⁵ Mandelbrot [1967] compare les différents types de hasard aux états de la matière : l'état gazeux est associé au hasard « bénin », l'état liquide à un hasard « lent » intermédiaire entre le hasard « bénin » et le hasard « sauvage », l'état solide au hasard sauvage. Nous reprenons à notre compte cette analogie.

⁴⁴⁶ Cit. p. 1.

périodes⁴⁴⁷. L'accroissement notable et continu de la fréquence transactionnelle sur les marchés organisés génère des chroniques de prix de tailles très importantes, propices à l'apparition de *motifs* « saillants ». Le hasard, « produisant tout, écrit Clément Rosset [1976], produit aussi son contraire qui est l'ordre ». Pour fortuit qu'il puisse être, cet ordre n'est par ailleurs pas neutre vis-à-vis du système qui l'héberge. Il participe en effet de l'auto-référentialité à l'œuvre en son sein, l'analyse technique n'étant qu'une modalité particulière de son expression.

Lorsque de tels motifs sont identifiés puis mentionnés dans la littérature financière, ils tendent à rapidement disparaître. Selon Schwert [2001], deux arguments peuvent justifier ce phénomène : d'une part le fait que de tels résultats ne puissent être que des artefacts contingents que l'aléatoire produit certes inmanquablement mais que l'investigation permanente des analystes chartistes finit par isoler ; d'autre part, l'importance qu'il y a de considérer la tendance du marché à tenter de tirer parti de telles récurrences, jugées anormales en vertu du paradigme dominant, par le biais de l'arbitrage. L'analyse technique (chartiste) est par essence non interprétative. Elle se *contente* d'observer des productions de formes et de supputer leur répétition, voire leur permanence. Cette mécanique est éminemment auto-réalisatrice et performative puisque l'anticipation d'une évolution traduite en transaction participe de son effectivité (dans le sens d'une prolongation de la forme détectée [*momentum*] ou d'une interruption [*inversion-correction*]).

Les agents présentent de surcroît une capacité naturelle à déceler des morphologies significatives, à débusquer l'ordre jusqu'aux endroits où il ne se terre pas en réalité. Il existe même une disposition naturelle à la surestimation cognitive des « singularités apparentes » (p. ex. les grandeurs arithmétiques correspondant à des valeurs entières) [Largeault, 1979]. Cette caractéristique anthropique, de nature gestaltique, correspond à ce que Watzlawick [1976] qualifie de « ponctuation ». La finance comportementale a en outre établi que les agents fondent leurs appréciations non seulement sur l'information disponible, mais aussi sur un ensemble de présupposés idiosyncratiques *historicisés* (systèmes de représentations, inclinaisons culturelles, etc.) dont dérive leur « heuristique de représentativité » à l'œuvre en situation d'incertitude vis-à-vis d'un événement isolé ou d'un faisceau d'événements, heuristique qui consiste en l'évaluation « (i) du degré de similarité [de l'échantillon considéré] à la population mère du point de vue de ses propriétés essentielles (ii) de la manière dont il reflète les traits saillants du processus par lequel il a été généré » [Kahneman et Tversky, 1972].

⁴⁴⁷ L'espérance de la loi de l'arcsinus est la valeur la plus faible, comme l'atteste la forme de sa fonction de densité en « U ». Le hasard docile est en mesure de générer des tendances, si on l'analyse en termes de « gains » ou de « pertes » cumulés [Deheuvels, 2008].

« Le désordre complet est impossible », affirme Motzkin en écho à Ramsey. Tout ensemble large de chiffres, de points ou d'objet contient nécessairement un motif hautement régulier. Or, avec Kendall [1953] nous savons qu'il n'est pas possible de distinguer les morphologies établies par l'action du hasard de celles qui auraient un réel substrat causal. L'analyse technique comporte donc une part de croyance active, au sens où de cette dernière dépend des décisions de la part des agents économiques. Elle relève par ailleurs de l'habilité évolutionnaire de nature génétique et culturelle de l'homme à détecter des motifs signifiants dans des ensembles flous ou d'apparence désordonnée. Ces « décisions architecturales » au sens de Dennett [1991] sont aussi largement conditionnées par des déterminants tacites innés, autant que par des apprentissages conscients. L'« image manifeste »⁴⁴⁸ des choses et des événements qui nous environnent est le produit de complexes maturations historiques et biologiques, à la fois universellement spéciées, culturellement établies et idiosyncratiquement déclinées. Dans le cadre des processus de marché, elles revêtent une dimension intentionnelle et stratégique particulièrement marquée puisque la détection de motifs y est une pratique de nature technique, structurée autour de normes méthodologiques.

L'accès à des volumes de données importants et à une puissance de calcul en progression exponentielle est de nature à favoriser la détection de formes et à faire « apparaître » certains motifs de niveau de complexité supérieur. Le foisonnement combinatoire des corrélations entre actifs est notamment rendu accessible au calcul, ce qui induit une visibilité accrue de formes autrement masquées, que ces dernières soient signifiantes (situations d'arbitrage parfait de marchés équivalents⁴⁴⁹) ou absolument fortuites. Calude et Longo [2016] évoquent des corrélations « spécieuses⁴⁵⁰ » pour qualifier les métadonnées émergeant des méthodes de *big data*. Il s'agit d'invariants mathématiquement robustes mais non pertinents dans le cadre d'une théorie donnée. Malgré tout, de « fausses croyances » peuvent en émerger et se constituer en tant que points de fixation de l'information.

La tentation de l'usage *irraisonné* de la donnée dès lors que celle-ci présente des régularités morphologiques émane d'un biais inductif bien connu de la tradition philosophique. Selon les mots de Maxwell : « Il relève d'une doctrine métaphysique que de considérer que des mêmes antécédences suivent les mêmes conséquences... Mais cela n'est que de peu d'utilité dans un

⁴⁴⁸ L'expression est de Sellars [1963].

⁴⁴⁹ On parlera d'arbitrage parfait lorsque plusieurs actifs présentant exactement les mêmes caractéristiques et des conditions de risque égales affichent des cotations différenciées à un même instant.

⁴⁵⁰ Nous traduisons ainsi l'adjectif « *spurious* » employé par les auteurs. Nous développons cette problématique en Partie 9.4.2 – « Logique acausale et déluge de corrélations ».

monde comme le nôtre, dans lequel les antécédents ne se répètent jamais à l'identique, et où rien ne se produit jamais deux fois...⁴⁵¹ ».

Si la connaissance des conditions initiales et des lois fondamentales régissant un système déterministe suffit à en établir l'évolution de manière univoque, la méthode prédictive achoppe dès lors que le chaos est d'intensité élevée ou que les lois sont inaccessibles au modélisateur. La référence au passé devient alors souvent l'une des seules sources de « rationalité » accessible. Elle repose sur l'hypothèse d'une répétabilité locale des configurations et de leurs effets. La méthode « des analogues » introduite par Lorenz [1969] procède de la sorte⁴⁵² pour étudier les phénomènes instables liés aux prédictions météorologiques que l'on sait fortement sensibles aux perturbations fines. Elle considère que le meilleur estimateur atteignable hors du champ nomologique n'est autre que celui qui repose sur les observations semblables passées. Pour autant, on sait cette démarche limitée au sein des systèmes anthropiques, non seulement parce que la probabilité de détection d'une configuration analogue décroît au moins exponentiellement avec la profondeur temporelle envisagée – en raison du nombre important de degrés de liberté engagés –, mais également parce que les espaces des phases considérés sont à maints égards précaires. Pour ces raisons, nous considérons avec Cecconi *et al.* [2012] que l'épistémologie à l'œuvre procède en partie d'une « illusion de similarité », plus ou moins consciemment perçue ou acceptée.

6.4.2. *Patterns d'inefficience et mémoire longue des processus*

À partir de méthodes de régressions statistiques prenant comme variables booléennes de conditionnement les rendements quotidiens des différents jours de cotation de la semaine⁴⁵³, il a été possible de mettre en évidence avec une significativité suffisante des phénomènes de saisonnalité dans les séries de prix. Sur les marchés américains, Smirlock et Starks [1986], de même que Jaffe et Westerfield [1985], ont de la sorte établi l'effet dit « week-end » (rentabilité supérieure des vendredis par rapport aux autres jours de la semaine), quand les travaux de French [1980] ou de Hamon et Jacquillat [1991] ont pour leur part souligné la sous-performance des rentabilités des lundis⁴⁵⁴. Mais d'autres études plus récentes, tenant compte des biais méthodologiques liés à l'autocorrélation potentielle des résidus et à leur variabilité (prise en

⁴⁵¹ « *It is a metaphysical doctrine that from the same antecedents follow the same consequents... But it is not of much use in a world like this, in which the same antecedents never again occur, and nothing ever happens twice...* » (traduction personnelle de Lewis CAMPBELL et William GARNETT, *The life of James Clerk Maxwell*, Londres, Macmillan, 1882 – cité par Cecconi *et al.*, *id.*).

⁴⁵² Dans cette approche, Lorenz fonde sa démarche sur l'hypothèse selon laquelle des configurations synoptiques similaires sont susceptibles d'induire des effets proches à une échelle locale.

⁴⁵³ Approche décrite par Miralles et Miralles [2000]. Ces travaux et les suivants, sur la question de la saisonnalité journalière sont cités par Boya [2012].

⁴⁵⁴ Haugen et Lakonishok [1988] ont pour leur part publié un ouvrage dédié à l'effet « Janvier », le premier mois de l'année étant présenté comme propice à la manifestation de rendements en excès.

compte de l'effet GARCH⁴⁵⁵, selon lequel la variance du terme stochastique d'erreur est une fonction des variations passées) ont plus récemment remis en cause⁴⁵⁶ l'existence de saisonnalité stricte des rendements, tout en mettant en exergue celle de la volatilité, cette dernière s'exprimant de manière différenciée selon les marchés considérés [Apolinario *et al.*, 2006]. D'une manière générale, l'existence d'une forme de saisonnalité dans les chroniques de prix (ou de celle de leurs métriques de second ordre) constitue une illustration du phénomène de récurrence triviale de motifs en écart à la théorie, de nature à remettre en cause la *neutralité* de la variable « temps » des processus décrits.

Au-delà des seules récurrences de motifs, le phénomène de « mémoire », et plus spécifiquement de « mémoire longue » est complexe à appréhender car il se manifeste de manière différenciée selon l'échelle de temps considérée, le paramètre étudié (rendement contre variance des rendements), la géographie et la classe d'actifs retenus [Caporale *et al.*, 2019]. Son existence au sein des chroniques de prix (au premier ordre pour les marchés les moins liquides et au second ordre plus généralement) tend néanmoins à être étayée par une littérature économétrique dense. En pratique, elle est de nature à remettre en cause, non seulement l'hypothèse de marche aléatoire mais également celle d'efficience, les processus ne pouvant plus en l'état être considérés comme des martingales. Concrètement, cela implique que des stratégies profitables puissent être développées à l'avantage de certains intervenants de marchés, bien que la pérennité de celles-ci ne soit pas assurée. Si certaines « opportunités » apparentes ou réelles peuvent dans certains cas perdurer, il n'est pas de l'ordre du prédictible que d'établir selon quelles modalités. Si la démonstration statistique du phénomène de mémoire est si complexe, c'est aussi parce qu'il peut drastiquement se déformer et changer lui-même de régime, et cela, selon des déterminations qui échappent amplement à ce que la théorie peut appréhender.

Les travaux historiques de Roberts et de Cowles, précédemment cités, portant respectivement sur la génération de *patterns* par le hasard ou sur la présence de tendance ou d'« élan », témoignent moins du fait que l'analyse du passé puisse permettre une certaine connaissance relative aux modes de variabilité futurs des rendements qu'ils ne rendent compte de l'imprédictibilité relative à leur réalisation directionnelle effective. En ce sens, on peut considérer qu'ils sont étayés et précisés par les résultats économétriques plus sophistiqués et plus récents portant sur la mémoire longue des processus de marché⁴⁵⁷.

⁴⁵⁵ Correction apportée notamment par Berument et Kıymaz [2001].

⁴⁵⁶ En d'autres termes il est apparu que l'hétéroscédasticité et l'autocorrélation des termes d'erreurs (résidus) de la régression ne permettait pas de conclure favorablement quant à l'influence de la variable exogène « Jour de la semaine » sur les rendements.

⁴⁵⁷ Bailey *et al.* [2014] précisent en outre qu'en absence de mémoire au sein d'une série de prix, nulle stratégie d'optimisation des rendements simulée sur un échantillon dit *In Sample* (IS), c'est-à-dire déjà connu, ne permet d'améliorer la performance réelle de ladite stratégie en dehors de cet échantillon (*Out of Sample [OOS]*). Dans de tels cas, l'aléatoire semble prévaloir, garantissant une forme d'efficience liée à la non-manipulabilité subséquente des rendements. Lorsque les séries font état de phénomènes de mémoire, la martingalité n'est plus assurée et une stratégie « IS-profitable » peut se maintenir autant qu'elle peut, *a contrario*, s'avérer sous-

Sur la question de la « mémoire » des chroniques de prix et de l'incapacité des modèles de fixation des rendements (« normaux ») espérés à les saisir⁴⁵⁸, Fama [1998] a lui-même reconnu dans ses travaux les plus récents :

Le problème du « mauvais-modèle⁴⁵⁹ » est moins délicat dans les études traitant de l'effet des événements sur des horizons de temps courts (quelques jours) dans la mesure où les rendements attendus sont proches de zéro et de ce fait n'ont que peu d'impact sur l'estimation des rendements anormaux. Mais le problème s'accroît avec l'horizon d'investissement. Un problème de « mauvais-modèle » qui produit un rendement anormal moyen de x % par mois peut acquérir une vraie significativité statistique sur les rendements cumulés.

Fama reconnaît que des valeurs « anormales » peuvent affecter l'efficacité des marchés, mais pour sauvegarder la notion d'efficacité, énonce que sur le temps long les « sur-réactions » se voient compensées par des épisodes de « sous-réactions », à la manière de ce qui se produit à l'occasion d'explosions de bulles spéculatives.

Il convient de surcroît de noter que – lorsqu'ils n'ont pas été invalidés ultérieurement par des tests statistiques plus précis – les *patterns* qui ont pu apparaître ou qui semblent persister sont souvent inexploitable en pratique pour générer du rendement en excès, en raison des coûts de transaction associés et de la précarité de leur période de récurrence dans le temps, elle-même d'influence largement imprédictible. Tel est par exemple le cas du « ratio de dividende⁴⁶⁰ » (*dividend yield*) ou du ratio « *Price-to-book-value*⁴⁶¹ » sur les marchés d'actions, ratio auquel Campbell et Shiller⁴⁶² [1988] octroient une *valeur prédictive* de l'ordre de 40 % de la variance des rendements futurs (concernant les horizons de temps les plus favorables). Fama et French [1993] observent que ledit ratio échappe à la méthodologie du MEDAF⁴⁶³ bien qu'il constitue dans les faits un facteur de risque pertinent car intégré par les marchés aux prix. En conséquence les auteurs plaident pour sa prise en compte dans un modèle tridimensionnel mieux à même de décrire le risque vis-à-vis duquel les situations d'équilibre des niveaux de rendements s'établissent. Pour autant, comme l'observe Malkiel [2003], la sous-performance des fonds

performante du fait de phénomènes de « compensation OOS » (effets de retour à la moyenne par exemple). Il s'agit là, à notre sens, d'une illustration complémentaire de l'auto-référentialité performative à l'œuvre.

⁴⁵⁸ Que Fama nomme « *bad-model problem* » c'est-à-dire « problème du mauvais-modèle ».

⁴⁵⁹ « *The bad-model problem is less serious in event studies that focus on short return windows (a few days) since daily expected returns are close to zero and so have little effect on estimates of unexpected (abnormal) returns. But the problem grows with the return horizon. A bad-model problem that produces a spurious abnormal average return of x% per month eventually becomes statistically reliable in cumulative monthly abnormal returns* » (traduction personnelle), p 291.

⁴⁶⁰ Cf. entrée « Ratio de dividende » de l'Addendum.

⁴⁶¹ Cf. entrée « Ratio *Price-to-book-value* » de l'Addendum.

⁴⁶² On retrouve peu ou prou le même constat chez Fama et French [1988].

⁴⁶³ En raison de la réduction stricte de ce modèle en moyenne et variance.

d'investissements adoptant des stratégies basées sur ces indicateurs, de même que l'instabilité des covariances en jeu, tendent à adopter la plus grande prudence vis-à-vis de ces résultats obtenus statistiquement à partir des chroniques de prix réalisées.

Il faut à ce stade préciser que l'analyse historique de Fama traite essentiellement de l'efficience *ex post* des marchés, constatant leur non-arbitrabilité *résiduelle*. Même dans sa forme « forte », on peut aussi entrevoir l'efficience comme la dilution d'une information privilégiée dans un bassin plus large de données contradictoires⁴⁶⁴ et pas seulement comme la conséquence de la capacité de réévaluation immédiate du prix par le marché. L'efficience *ex post* consiste à considérer que dans la mesure où les prix intègrent à chaque instant toute l'information disponible, leurs variations ne peuvent dépendre que de surgissements fortuits. En ce sens, les processus de prix devraient suivre une marche aléatoire. Pour autant, il n'y a pas d'équivalence entre le processus et sa modélisation ; le seul fait que l'hypothèse de neutralité du risque ne soit pas respectée dans les faits⁴⁶⁵ est de nature à disjoindre l'un de l'autre. Pour Fama comme pour Cootner [1964], la variabilité du prix est un épiphénomène de celle de la valeur, valeur que les agents rationnels réévalueraient en permanence à mesure que de nouvelles informations sont révélées. Cette forme d'efficience paradigmatique intègre certes le hasard, mais le considère dans sa dimension architectonique, négligeant ses autres manifestations essentielles rendues visibles par les dynamiques réelles de prix, car endogènes aux processus transactionnels mêmes (effets mimétiques par exemple).

À notre sens, l'efficience *ex post* révèle avant tout la capacité des marchés à « identifier » les *patterns* et à les arbitrer *efficacement*. Elle est la traduction dans les faits de leur dimension performative : les prix s'établissent à partir de dynamiques sous-jacentes à la fois simples dans leurs expressions (chroniques arithmétiques) et extrêmement complexes dans leurs déterminations. L'efficience faible de Fama a en outre quelque chose de tautologique, établissant que les marchés ne sont pas arbitrables par la seule étude de leurs morphologies réalisées (absence d'autocorrélation), ce qui revient à affirmer que « les marchés ne sont pas arbitrables puisqu'ils ont pu être arbitrés ». L'efficience témoigne en fait bien plus certainement de la liquidité effective des marchés⁴⁶⁶ que de leur capacité à traduire à tout instant la valeur la plus juste. En un sens, c'est une interprétation que l'on peut donner à la critique de Grossman et Stiglitz [1980] selon laquelle on doit reconnaître que les « frictions de marché » (coûts de transaction, mécanismes de

⁴⁶⁴ Du point de vue de leur influence sur les prix futurs.

⁴⁶⁵ L'hypothèse de « probabilité risque-neutre » stipule qu'il n'est pas nécessaire de connaître la probabilité réelle d'évolution des rendements des actifs pour en valoriser les instruments dérivés, tout se passant comme si leur espérance de taux de rendement correspondait nécessairement au taux sans risque. Cette hypothèse découle de celles ayant trait à la complétude et à la non-arbitrabilité des marchés.

⁴⁶⁶ Il s'agit d'une liquidité à entendre à la fois comme disponibilité des quantités de marchandise (« profondeur »), faibles frottements « coûts de transaction » et accessibilité de l'information (condition « d'univocité »).

limites, etc.) sont de nature à réduire l'efficacité *ex ante* et que certains coûts – comme celui relatif à l'acquisition et à l'analyse de l'information – subis par les agents peuvent trouver compensation dans une espérance d'opportunité de gain. Mais ce faisant, les agents « bien informés » peuvent bénéficier d'une incitation à l'exploitation de régularités, contribuant par leur action à corriger les aberrations potentiellement exploitables et à rendre par là même le marché plus aléatoire en apparence.

Une telle interprétation éclaire le « paradoxe » de Samuelson selon lequel l'aléatoire des chroniques de prix serait le signe d'un marché bien renseigné sur la « valeur fondamentale »⁴⁶⁷ juste de tous les actifs, et non pas le corrélat – comme l'intuition commanderait pourtant de le penser – d'un désordre induit par des inefficiences et autres ambiguïtés informationnelles.

Pour expliquer la persistance de certains motifs au sein des chroniques de prix, on peut en premier lieu faire écho aux interrogations plus larges de Dennett [1991] portant sur « l'existence de *patterns* » cognitifs, c'est-à-dire d'états mentaux suffisamment stéréotypés pour induire un certain niveau de régularité dans leurs manifestations. En d'autres termes, on pourrait affirmer que de la lisibilité externe de la « stratégie intentionnelle » des agents émaneraient des récurrences exploitables. Il en va de même pour les comportements inconsciemment ou émotionnellement conditionnés par l'occurrence de certains stimuli (p. ex. phénomènes de panique face à un retournement soudain des marchés ou *a contrario* emballement mimétique en phase d'euphorie), ces derniers pouvant expliquer que les opérateurs professionnels des marchés puissent afficher des sous-performances par rapport au marché lui-même – résultat, de prime abord contre-intuitif, exhibé très tôt par Cowles [1944].

De nombreux travaux⁴⁶⁸ ont traité de l'importance des phénomènes d'apprentissage dans l'ajustement des fonctions agentielles (dont celle d'utilité) [Benzoni *et al.*, 2001]. Les cycles macro-économiques témoignent par exemple autant de réactions vis-à-vis de situations se manifestant similairement à certaines de leurs occurrences passées (p. ex. innovation de rupture, assèchement du crédit) que d'effets de mémoire et d'adaptations stratégiques ou réflexes favorisés par des configurations environnementales particulières.

Enfin, il convient de ne pas négliger les effets de structures institués par les caractéristiques mêmes des marchés, depuis les contraintes réglementaires qui les encadrent jusqu'aux règles de fonctionnement qui les fondent. En théorie, le marché est réputé pouvoir anticiper ces effets pour peu qu'ils soient suffisamment visibles et persistants dans les *patterns* qu'ils génèrent. En pratique, les effets de structure se retrouvent souvent inexploitable du point de vue de l'arbitrage

⁴⁶⁷ Nous remplaçons pour notre part volontiers la notion de « valeur fondamentale » par celle de « prix *raisonnable* ».

⁴⁶⁸ On pourra par exemple se référer sur ce thème à [David, 1997].

à maints égards⁴⁶⁹ : primo en raison de la ténuité des opportunités de profits induites (limitation par les coûts de transaction), secundo du fait des contraintes que la liquidité réelle impose (érosion du profit par le *glissement* des exécutions [*slippage*]), tertio parce qu'un risque d'impermanence leur est intimement corrélatif. L'impermanence dont il est question est le produit de l'auto-normativité caractéristique des marchés envisagés comme des institutions capables de corriger par l'exercice de leur volonté propre ce qu'elles estiment être des biais à la norme. En l'occurrence la norme est celle de l'efficacité, sous-tendue par la représentation d'une marche parfaitement aléatoire des processus transactionnels. Le marché est en effet capable de se réformer du point de vue de ses règles et structures de fonctionnement pour que ne subsiste aucune forme d'opportunité exploitable, au risque d'en provoquer inintentionnellement de nouvelles par le jeu d'externalités dont la complexité d'ensemble est de nature à restreindre toute possibilité d'anticipation réelle. Orléan [1999] fonde en grande partie sa critique de la théorie de l'efficacité sur l'existence de tels biais, de différents types, qui selon lui disjoignent les prix de leur valeur⁴⁷⁰.

6.4.3. La courbure spatiale de la volatilité : une forme émergente

La disjonction susdite se révèle particulièrement patente lorsque l'on s'intéresse au cas insigne de l'existence du *smile*⁴⁷¹ de volatilité, c'est-à-dire au fait que le paramètre de volatilité de l'équation de Black et Scholes ne soit pas constant mais dépende du *Strike* considéré, autrement de l'accroissement ou de la diminution de la volatilité lorsque l'amplitude des variations conduit les cours à diverger singulièrement de leur valeur *initiale* (*Spot*). Edgar Peter [1994] décrit de la sorte cette *défaillance* du modèle de Black et Scholes relative à la structure spatiale de la volatilité : « La formule de BS semble fonctionner raisonnablement bien quand l'option est *ATM* (quand le prix de marché est identique au prix d'exercice), ou proche, mais la plupart des traders d'option constatent que la formule n'est pas fiable lorsque les options sont considérablement *OTM*. Des options auront toujours une valeur même quand la formule de BS suggère que leur valeur est virtuellement nulle ». Ce résultat est largement connu depuis la crise de 1987 qui a fait prendre conscience aux praticiens, comme aux théoriciens, de la nécessité de tenir compte (par des ajustements du modèle ou par sa remise en cause) de l'importance des événements extrêmes.

Loin d'observer la marche d'un hasard parfaitement neutre, Fama [1970] relevait déjà le fait que les grandes variations ont tendance à être suivies par d'autres variations d'ampleur, sans nécessairement préjuger de la direction (haussière ou baissière) de celles-ci par rapport à celles-

⁴⁶⁹ Ces limitations pouvant s'adjoindre les unes aux autres, ou se manifester séparément.

⁴⁷⁰ Cette réserve majeure ne repose pour autant pas sur une reconnaissance du primat de la valeur, Orléan défendant bien une vision critique du fondamentalisme et de ses limites.

⁴⁷¹ Ou du *smirk* dans le cas de la situation inverse (décroissance de la volatilité en fonction du *Strike*).

là. De même les variations de faible amplitude lui sont-elles apparues plus susceptibles d'être suivies par des variations contenues. De tels résultats sont de nature à valider des phénomènes de changements de régime et pourraient préfigurer en un sens le *smile de volatilité*. Cependant Fama ne questionne pas ces « anomalies » et se contente de les rejeter hors de la théorie qu'il essaye d'établir (celle de l'efficience faible, de l'absence de mémoire et d'élan). À une époque où les instruments optionnels n'étaient encore que faiblement négociés en comparaison des volumes constatés aujourd'hui, et selon des méthodes encore largement heuristiques, on peut comprendre la raison de ce choix dans la mesure où l'amplitude d'une variation ne préjuge pas de sa directionnalité, donc de son arbitrabilité de premier ordre. Ce dernier serait en revanche condamnable aujourd'hui, dans la mesure où l'efficience doit aussi garantir la non-arbitrabilité des instruments dérivés (que nous qualifions d'efficience de « second ordre »).

Nous nous intéressons ici à la question de la structure spatiale de la volatilité d'une part en raison de sa capacité à illustrer le phénomène d'existence de motifs, d'autre part car cette problématique nous semble archétypale de l'intégration par la *praxis* d'un écart à la théorie constitué – selon nous – selon les caractéristiques d'une manifestation émergente. La modélisation de Black et Scholes s'est en effet établie à partir d'une représentation non paramétrique de la volatilité implicite⁴⁷², cette dernière étant fixée comme une constante (modèle à volatilité constante). La crise historique des marchés actions de 1987 a révélé l'inadéquation de cette hypothèse, de même qu'elle a mis en lumière un changement de régime radical⁴⁷³, dans un contexte où, pourtant, les grandeurs macro-économiques *fondamentales* n'ont pour leur part que peu divergé⁴⁷⁴. Si les ruptures entraînant de profonds changements de régime restent rares, il s'agit de phénomènes susceptibles de se voir largement amplifiés (magnification de petites discontinuités), en raison notamment du déclenchement d'un changement de mode de représentation du risque par les agents économiques [Benzoni *et al.*, 2011]. Quand bien même les processus transactionnels seraient-ils *réellement* markoviens, leurs soubassements procèdent de dynamiques anthropologiques à mémoire, capables d'apprentissage⁴⁷⁵.

Par ailleurs, la courbure spatiale de la volatilité semble traduire la *compensation* heuristique par le marché lui-même de la défaillance des modèles auquel il se réfère, ces derniers n'intégrant (entre autres) pas l'impossibilité d'une couverture parfaite du risque lors de périodes critiques –

⁴⁷² Tout paramètre est dit implicite lorsqu'il est calibré (au marché ou au modèle) et non encore réalisé. Dans le cas contraire, le paramètre est qualifié d'historique.

⁴⁷³ L'apparition du *smile* de volatilité est datée du 19 octobre 1987. Auparavant la structure spatiale de la volatilité entraînait une sous-valorisation des options de vente loin en dehors de la monnaie [Rubinstein, 1994].

⁴⁷⁴ Alors que cette crise a vu la baisse des marchés actions de 20 à 25 % et celle des taux d'intérêts de 1 à 2 points lors du krach.

⁴⁷⁵ « Les sauts sont rares et conditionnés par des états sous-jacents cachés que les agents infèrent des données passées. [...] Les sauts de valeurs fondamentales, même petits, peuvent mener à des sauts substantiels affectant les prix des actifs long-termes du fait de l'actualisation des croyances au sujet de la probabilité d'occurrence d'autres sauts dans le futur. » [Benzoni *et al.*, 2011], p. 17-18 (traduction personnelle).

non seulement en raison des limitations liées aux conditions particulières de liquidité qui y ont cours, mais aussi du fait que la théorie n'est alors plus à même de quantifier correctement les variables de couverture (sous-estimation de l'épaisseur des queues, nature de la diffusivité, etc.) [Liu et Longstaff, 2004].

Tout s'est passé en 1987 comme si la courbure implicite de la volatilité était – dans les premiers temps – en quelque sorte « masquée » par la configuration historique des marchés (présence négligeable des instruments dérivés optionnels sensibles à la volatilité, absence de modèle de référence pour la valorisation et la couverture de tels instruments) et qu'elle a pu sourdre à la faveur de la réalisation d'un scénario imprévu par la théorie, à la marge de son domaine de validité. Aucune instance organisatrice supérieure n'a, au premier chef, œuvré à ce que le paradigme dominant évolue. La rupture représentationnelle des marchés de 1987 s'est produite aussi spontanément qu'inéluctablement. Elle n'a pas *résulté* de circonstances particulières mais a bien *émergé* à partir d'un contexte singulier qui en a conditionné autant que permis l'apparition.

6.5. Le bruit comme facteur de viabilité

6.5.1. Le bruit paradigmatique : la volatilité

Au-delà de la seule cécité de l'orthodoxie modélisatoire à l'apparition voire à la persistance de motifs – phénomène en contradiction avec l'hypothèse d'efficience –, il faut plus généralement voir dans l'appréhension du « bruit » un écueil épistémologique majeur de la théorie. La littérature économique oppose communément les notions de bruit et d'information, le bruit pouvant être considéré, selon les cas, comme information inessentielle, absence d'information, voire comme information « nuisible⁴⁷⁶ ». La modélisation néo-classique compose mal avec le bruit et cherche trivialement à le *normaliser* en tant que terme stochastique d'erreur, envisagé selon les caractéristiques mathématiquement manipulables du bruit blanc (formellement, le bruit blanc correspond à la dérivée du mouvement brownien). Envisagée dans un cadre probabiliste, l'erreur est assimilée à la dispersion des lois de probabilité, autrement dit, à leur variance. C'est de cette manière que le processus brownien géométrique décrivant les trajectoires de marchés est d'ailleurs établi. Cette composante déviatoire constitue le risque en théorie financière classique, ce qui n'est pas sans conséquence dès lors que l'on sait que les distributions empiriquement

⁴⁷⁶ On évoquera une information nuisible lorsque cette dernière est fautive et produite par mégarde par exemple.

constatées sont leptokurtiques⁴⁷⁷ et que les événements ne sont pas réellement identiquement et indépendamment distribués, mais statistiquement caractérisés (lorsque ceux-ci peuvent être déterminés) par des moments d'ordres élevés.

Selon son origine, l'information au sein des marchés peut être qualifiée d'« endogène » lorsqu'elle émane d'une analyse des chroniques réalisées de prix (p. ex. calcul des rendements, des volatilités historiques, des relations entre options de vente et d'achat, etc.) ou d'« exogène » autrement, notamment lorsqu'elle provient de l'environnement du système économique (p. ex. paramètres macro-économiques, innovations, etc.) [Walter, 1996] [Walliser, 2000]. L'information endogène est ordinairement négligée par la théorie, envisagée en tant qu'effet collatéral fortuit, voire inopérant dans la perspective de l'efficience faible. Il s'agirait en somme d'une composante auto-générée de bruit. Une telle conception néglige qu'il puisse y avoir des biais anthropiques récurrents, en dépit de ce que même l'investigation économétrique tend à confirmer⁴⁷⁸. *A contrario*, l'information exogène est perçue comme présidant à la formation de la valeur [Brian et Walter, 2008]⁴⁷⁹, mettant en branle les utilités individuelles et induisant jusqu'au fait transactionnel lui-même. On a là affaire à ce que la physique qualifie de « signal ». Mais à la différence des systèmes de l'inerte pour lesquels le ratio entre signal et bruit est élevé, celui des systèmes issus du vivant tend à se révéler faible [Bailey *et al.*, 2015], ce qui plaiderait en faveur d'une moindre efficience en vertu du principe orthodoxe stipulant la relation inverse entre bruit et informativité [Grossman et Stiglitz, 1980] [Peters, 1991].

L'« hypothèse de marché bruité » héritée de Black [1985] s'oppose à l'efficience dans la mesure où elle considère que les prix ne reflètent pas la valeur sous-jacente des actifs en raison de l'influence d'agents non fondamentalistes à l'origine de divergences d'estimation potentiellement durables et préjudiciables au système économique. Si cette hypothèse prend le parti d'un réalisme accru, elle ne déroge pas à l'axiome d'une valeur-substrat dont l'atteinte constituerait la raison d'être des marchés. Lorsque DeBondt et Thaler⁴⁸⁰ [1985] constatent des phénomènes de « retour à la moyenne » sur des séries longues d'actions individuelles, générant des effets de rattrapage de nature à induire des *excédents* de volatilité, ils pointent en réalité toute la capacité intrinsèque de systèmes capables de se prendre pour objet et d'agir sur eux-mêmes, de même qu'ils mettent en

⁴⁷⁷ Rappelons que dès 1963 Mandelbrot calcule des coefficients de kurtosis supérieurs à 3 à partir des distributions historiques de rendements. Depuis, ce résultat bien connu a été maintes fois étayé [Matouk et Monino, 2005].

⁴⁷⁸ Cf. partie précédente.

⁴⁷⁹ Cités par Boya [2012].

⁴⁸⁰ Les auteurs observent que sur des périodes de trois à cinq ans, les titres tendant à afficher une sur-performance (respectivement une sous-performance) par rapport à leurs marchés de référence, présentent des *corrections* (à la baisse ou respectivement à la hausse) dont l'amplitude excède celle normalement attendue. En termes plus techniques, on constate là une forme de cyclicité du *Bêta* de marché.

lumière la pseudo-cyclicité caractéristique de la complexité qui les constitue. Shiller [2000] voit pour sa part dans les niveaux de volatilités constatés autour d'événements de marchés l'indice, si ce n'est la preuve, de l'irrecevabilité de l'hypothèse d'efficience⁴⁸¹. Dans leur méta-analyse traitant de l'impact d'événements de marché positifs et négatifs⁴⁸² – autour de leurs annonces – sur les rendements, Boya et Monino [2010] constatent également des variations « anormales » (généralement en excès par rapport à leur *Bêta* de marché).

La volatilité n'est à notre sens nullement assimilable à un simple phénomène de bruit dans la mesure où elle ne traduit pas seulement les ambiguïtés ou déficiences informationnelles, mais se trouve être le véritable corrélat de la Transition Critique Étendue s'établissant au cœur d'un flot ininterrompu d'informations nouvelles, contradictoires, voire paradoxales. En ce sens, il convient de dépasser la vision historique de Black en vertu de laquelle le bruit masquerait une forme de valeur réelle parfaitement atteignable au moyen d'une exploitation adéquate de l'information disponible à son sujet. Les transactions sont en effet loin de pouvoir être réduites à des collisions unitaires entre agents économiques complémentaires et atomiques – mus par un *champ de force* informationnel – et se produisant à tout instant en un même « lieu » ponctuel qui serait celui de la valeur. La volatilité est le produit d'un agrégat d'effets protéiformes de différents ordres : irruption de nouvelles informations (ordre 1), interprétation de l'information (ordre 2), croyances formées relatives à l'interprétation des autres agents (ordres supérieurs), détection de *patterns* et allocation différenciée de leur significativité – les *patterns* aléatoires étant eux-mêmes « bruités » du point de vue de la lisibilité de leurs morphologies (ordres 1 et 2), etc. Elle traduit par sa structure (amplitude, dynamique de déformation, rugosité) le niveau de *coordination* des agents par le biais des marchés, non seulement au sens de la convergence de leurs appréciations, mais également au sens de leur acceptation vis-à-vis de l'acte transactionnel.

À la suite de Taleb [2001] on peut dire du hasard des processus transactionnels qu'il relève d'un réel *prévalant* que le marché transpose dans l'espace des prix et des volumes, le marché conditionnant le réel en retour, parce qu'il y participe et qu'il contribue à l'instituer. Si un actif avait une valeur *per se* absolument certaine, c'est-à-dire *a minima* universellement partagée et connue, il se trouverait toujours diverses sources de variabilité extra-marchéistes du prix observé : c'est pourquoi nous substituons au modèle de tâtonnement amorti en vue d'un équilibre la

⁴⁸¹ Dès ses travaux de 1981, Shiller a identifié la réalisation de volatilités en excès par rapport à ce que la théorie dicte lors des périodes de détachement de dividendes d'actions, phénomène en contradiction avec l'hypothèse d'efficience semi-forte bien acceptée académiquement jusqu'au début des années 1980.

⁴⁸² Boya et Monino se réfèrent notamment aux événements suivants : « Les annonces de fusion et d'acquisition (Husson, 1987 ; Lardic, Mignon, 2002, 2003, etc.) ; les événements concernant les alliances de marketing et de distributions (Koh et Venkatraman, 1991 ; Schakenraad et Hagedoorn, 1994 ; Evraert, 2007), l'acquisition de nouveaux clients (Amit et Zott, 2001 ; Fernandez, Callen et Gadea, 2005, etc.) ; le changement de direction pour les grosses capitalisations et jeunes sociétés (Rajgopal, Kotha, et Venkatachalam, 2002 ; Lardic et Mignon, 2002, 2003 ; Evraert, 2007) [...] ». L'approche retenue est celle d'une modélisation événementielle à la Liu *et al.* [1990]. PRECISER

conception d'une Transition Critique Étendue dont la volatilité n'est pas l'effet parasite, mais bien l'élément majeur de constitution ontologique. Même lorsque les agents économiques tentent à dessein de contenir la manifestation de la volatilité, cette dernière ne cesse d'exister sous la surface des événements, ne manquant pas de jaillir avec vigueur dès lors que la configuration du système le permet.

À la suite de Bravi et Longo [2015], nous estimons également que le bruit est à dissocier du hasard en ceci qu'il est foncièrement *anépistémique*, hors de la théorie⁴⁸³. C'est un imprédictible exogène au système et à tout ce qui permet de le décrire adéquatement. Néanmoins, l'aléatoire d'une machine déterministe à états discrets ne saurait-il être fait que de bruit, ce dernier pourrait être intégré par la théorie comme de l'aléatoire, car *moyennable* en raison de sa structure hautement symétrique. C'est d'ailleurs peu ou prou l'argument employé par Fama pour établir l'efficience : loin de nier que des effets perturbateurs idiosyncratiques aux actifs puissent affecter leurs prix constatés, ils n'en restent pas moins neutres car compensés sur le temps long et sur un espace dense marqué par une cambio-homogénéité commode. L'approche néo-classique, comme la plupart des orthodoxies méthodologiques en économie et en biologie (au premier rang desquelles se situe l'école computationniste), ne distingue aucunement hasard et bruit, l'une et l'autre notion étant réduite à un facteur de risque ou d'imprécision, à lisser, à négliger voire à bannir du champ de la modélisation. Or, c'est pourtant là que se fonde l'ontologie fine des systèmes auxquels nous nous intéressons.

6.5.2. Bruit génératif

En situation de jeu à information incomplète, c'est-à-dire quand la prise de décision des agents n'est pas maximalelement renseignée – ce qui est notamment le cas en économie, par le simple fait que les intentions des autres participants de marchés ne sont pas accessibles – il apparaît que la variabilité des prises de décision puisse s'avérer constituer en soi un avantage stratégique. Avant que la Théorie des jeux fût formalisée, c'est ce que Borel observait déjà en ces termes : « dans les jeux où la meilleure manière de jouer n'existe pas [...] on peut se demander s'il n'est pas possible, à défaut d'un code choisi une fois pour toutes, de jouer d'une manière avantageuse en variant son jeu⁴⁸⁴ ». Fait singulier, comme l'analyse Gilles-Gaston Granger « la probabilité réappar[âit là] non plus comme principe constitutif d'une structure d'objet, mais comme principe régulateur

⁴⁸³ Morin promeut le macro-concept de « désordre » pour désigner à la fois l'aléatoire, le bruit, l'agitation, le fortuit d'une manière très générale. Nous pensons que cela ne doit pas masquer les divergences épistémologiques parfois centrales et fécondes entre ces notions. Voir par exemple [Pomian, 1990].

⁴⁸⁴ *Communication d'Émile Borel à l'Académie des Sciences* (Décembre 1921), citée par Von Neumann *et al.* [1959].

d'une structure de comportement⁴⁸⁵ ». Le recours à l'aléatoire peut également induire un avantage en dehors des systèmes où l'intentionnalité prévaut : plus largement il apparaît que dans le vivant, la survie peut être conditionnée à la tolérance au hasard dans la formation des choix acquis et réflexes [Ruelle, 1991].

Au sein des populations d'animaux sociaux, le « flux d'erreur » inintentionnel permet d'établir ce que Pasteels *et al.*⁴⁸⁶ [1982] qualifient d'« imagination de la colonie », c'est-à-dire la capacité du biologique à sonder son environnement de façon foncièrement exploratoire – les mécanismes de communication sociale et le jeu de la survie assurant la diffusion des potentialités « avantageuses » éprouvées de cette manière.

La tolérance, parfois décisive, à l'aléatoire est permise par la capacité des systèmes auto-organisés à tirer un avantage de perturbations inessentiels en les amplifiant pour engendrer des morphologies *utiles* sur le plan évolutionniste (de nature concurrentielle au sein des écosphères). Cette idée d'un aléatoire générateur est antérieure à la théorie moderne des systèmes complexes, et au moins concomitante à l'avènement de la discipline cybernétique : on en retrouve l'intuition chez Turing [1952] pour qui l'instabilité des schémas d'équilibres peut être génératrice de formes nouvelles pertinentes, instabilité soumise à l'influence déterminante du bruit. Les systèmes dont il est question – qualifiés de « finalisés » par Dupuy [1981] – sont en mesure de réagir de manière pérenne à des fluctuations environnementales aussi bien qu'endogènes. Leur complexité récursive, impliquant des hiérarchies enchevêtrées, procède par autorégulation, sur la base de mécanismes assurant le maintien de la viabilité systémique tout en réalisant l'actualisation, voire la reconfiguration des parties conjointement à celle de leurs modes d'interaction (modification du programme par lui-même).

Au sein des systèmes anthropiques, dont les trajectoires sont essentiellement homéorhétiques, on peut aller jusqu'à évoquer une « complexité à partir du bruit », selon les termes de von Foerster et de Varela. Les trajectoires dont il est question ne divergent généralement pas à l'infini car elles sont *contenues* ; et lorsqu'elles convergent vers une limite, le régime asymptotique de cette dernière reste indéfini et variable selon les *occurrences* (analogiquement à ce qui se produit dans le cadre des expériences d'urnes de Pólya). Contrairement à l'instauration d'un « ordre par le bruit⁴⁸⁷ » où la convergence opère vers une limite finie et stable (en vertu par exemple de la Loi des Grands Nombres dont on peut trouver une manifestation dans l'expérience des aiguilles de Buffon), nous avons affaire en économie à une forme de nécessité floue, largement imprédictible. Le « tâtonnement walrasien » des marchés n'est pas la manifestation phénoménale de « l'ordre par le bruit » mais une réduction conceptuelle de la « complexité par le bruit », envisagée dans le

⁴⁸⁵ Dans [Granger, 1960], p. 142.

⁴⁸⁶ Cités par Prigogine [1983].

⁴⁸⁷ *Idem.*

cadre d'un régime de Transition Critique Étendue. La variabilité observée dans les chroniques financières se présente à la fois comme l'un des produits et, récursivement, comme l'une des causes de la nature intrinsèquement instable du phénomène de formation des prix. Elle est constitutive des systèmes, non seulement en tant que vecteur de leur régulation à différentes échelles, mais aussi comme source de leur mise en branle permanente.

L'appréhension néo-classique de la problématique de l'efficacité confère au marché la fonction déterminante de permettre la transmission de l'information détenue par les agents bien renseignés vers les autres, mais estime que ce rôle doit être assujéti à la double condition de l'atteinte d'un équilibre des prix et des volumes, et d'absence de bruit. Étudiant les marchés au comptant (*spot*), Grossman [1977] concède pour sa part que les marchés « réels » sont fondamentalement bruités, les prix relevant de maints facteurs *pollutifs* induisant des perceptions différenciées de la valeur selon les agents. Mais loin de remettre en cause l'efficacité informationnelle, cette déficience est revendiquée comme fondatrice, à l'origine même de l'établissement des marchés à termes.

La théorie « historique » de Keynes [1930] et de Hicks [1946] considère que les acteurs économiques recherchent une couverture face à un aléa se matérialisant dans le temps, que les « spéculateurs » leur concèdent en échange d'une « prime ». Elle a donné lieu à de nombreuses critiques, non pas tant sur la raison ontologique de ces marchés, mais sur les déterminants et conditions de l'interaction entre « spéculateurs » et « entrepreneurs » (toujours selon la terminologie de Keynes), à partir d'arguments d'arbitrages physiques (*cash and carry*) popularisés par Working [1933] et notamment développés par Tesler [1958] et Brennan [1958]⁴⁸⁸. S'éloignant de cette théorie, Grossman explique l'existence des marchés à termes par leur rôle en tant que lieux de diffusion de l'information, autrement inégalement répartie entre les agents économiques non seulement dans le présent, mais dans les dimensions de l'intertemporalité. En ce sens, les marchés de futures stabiliseraient en retour les marchés au comptant par leur capacité à *compenser* le bruit inhérent à ces derniers. Tout se passe là comme si le bruit était en quelque sorte ontologiquement générateur d'une forme de marché qui en retour agit sur lui. Dans la pratique, cette rétroaction est également imparfaite et elle-même soumise à son aléatoire propre.

Aussi foisonnante puisse-t-elle être, la cambiodiversité reste bornée par les limites physiques du monde (pour ce qui est des biens tangibles), par les restrictions institutionnelles de l'acte d'écriture (pour ce qui est des instruments financiers qui les prennent pour sous-jacents) et par l'intermédiation des échanges qui la structurent dans l'espace économique et social qui induit *a minima* des coûts de transaction réduisant un peu plus la concordance attendue – dans un schéma à la Arrow-Debreu – entre les états du monde et les contrats financiers qui les décrivent. Dans ces

⁴⁸⁸ Pour une synthèse de cette critique, voir Cootner [1960].

conditions, si des équilibres venaient à survenir, ils ne sauraient être que précaires et fortuits. La plupart tendrait à constituer des optimums de rangs élevés dont le « bruit » a contribué au façonnement tout en permettant, par le jeu de l'amplification contenue de petites fluctuations, de s'en extraire. Il aurait suffi à l'âne de Buridan d'une perturbation inessentielle pour que sa survie fût assurée ; pour radicale et simplificatrice qu'elle soit, cette métaphore illustre le rôle que nous qualifions de « génératif » et que nous attribuons au bruit. À partir de *l'extérieur de la théorie*, le bruit sonde certaines des limites des systèmes anthropiques organisés et participe de leur plasticité, depuis les structures fines de l'information génétique – que l'on sait sensibles dans son expression au hasard et au bruit (notamment lors du processus de transcription qui peut concerner des sous-systèmes poly-moléculaires restreints) [Raser et O'Shea, 2004]⁴⁸⁹ –, jusqu'aux macro-déterminations des processus transactionnels, notamment dans leurs manifestations critiques.

À la confluence entre le déterminisme catastrophiste de Thom – qui considère que les bifurcations critiques préexistent et qu'elles peuvent être *actualisées* aussi bien à partir de petites perturbations magnifiées que par des enchaînements causaux « macroscopiques » – et une forme de fétichisation du bruit dans la vision défendue par Prigogine et Stengers [1978], nous estimons avec Longo et Montévil [2013] que le bruit est l'une des composantes environnementales contribuant, parfois de façon décisive, à la co-constitution systémique et à son imprégnation historique. Cette conception fait en partie écho à la position de pragmatisme méthodologique défendue par Morin lorsqu'il écrit⁴⁹⁰ : « Nous devons abandonner, comme pauvre et aporétique, l'idée d'un univers seulement déterministe ou seulement aléatoire. Le postulat d'un déterminisme nouménal n'a aucun intérêt phénoménal. » Cet argument étant annoncé, il reste désormais à établir selon quelles modalités l'irruption de la nouveauté extra-théorique (au sens d'une imprédictibilité) peut être ontologiquement féconde.

6.5.3. Bruit et résonances

Le bruit dont nous pensons que les prix sont en partie faits, loin de s'avérer épiphénoménal, est *constitutif* : il importe. On sait même qu'il peut s'avérer décisif lorsqu'il se voit amplifié par le système qui l'intègre. Les trajectoires des systèmes dynamiques ont pour propriété de répondre à des lois paramétriques exponentielles vis-à-vis du temps, alors que leurs pendants non chaotiques supportent bien les « erreurs » en leur sein, celles-ci ne croissant que polynomialement. Le régime

⁴⁸⁹ Cité par West-Eberhard [2005].

⁴⁹⁰ Dans [Pomian, 1990], p. 91. Morin fait là écho à l'argument prudent de Cournot qui admet la variabilité du processus causal à l'origine des événements historiques et affirme une position médiane déniait une vision apologetique du fortuit tout en se gardant de toute revendication vis-à-vis d'un déterminisme global.

de pseudo-stabilité des systèmes que nous envisageons est en outre marqué par le fait que leurs trajectoires puissent changer de mode de détermination et par exemple répondre à des évolutions de type chaotique après avoir longtemps été faiblement divergentes (et réciproquement).

Le bruit dont il est question dans les écosphères est fait d'information, il est largement évanescant et de ce fait délicat à mesurer. De la même manière que l'on peut dissocier une forme endogène d'une forme exogène d'information, on peut estimer avec Woodford [1990] qu'il existe des fluctuations endogènes « persistantes [...] malgré l'absence de changements dans les données économiques exogènes, les “fondamentaux” tels que les préférences, la technologie et les politiques gouvernementales⁴⁹¹ ». Ces éléments de bruits seraient comme « présents dans le circuit » pour reprendre la métaphore de Turing, et suffisants, par le biais des résonances, pour s'y avérer déterminants. En cela, nous appelons à dépasser la vision efficientiste de Fama qui néglige le caractère génératif du bruit, ainsi que le bruit lui-même : « si de grandes variations de cours surviennent fréquemment, écrit Fama, cela peut vouloir indiquer que la structure de l'économie à l'origine de ces variations est elle-même sujette à des grands et fréquents changements⁴⁹² ». Cette potentialité reste bien sûr valide, mais nous estimons nécessaire de l'enrichir d'une phénoménologie plus conforme aux subtilités du réel.

Le bruit pensé dans le cadre de l'efficience orthodoxe est un bruit blanc gaussien soumis à la loi des grands nombres. Mandelbrot [1997] estime qu'il faut lui substituer une représentation non ergodique à la Cauchy⁴⁹³, afin de rendre d'une part compte de l'absence de possibilité de convergence (non-intégrabilité au sens de Lebesgue) ou de détermination analytique de moments stables, et d'autre part pour souligner la prééminence potentielle d'un seul phénomène (fût-il infiniment improbable) sur l'ensemble des réalisations antérieures.

Dans le vivant, les populations à dynamique chaotique présentent un avantage évolutionniste car la possibilité d'une croissance exponentielle de certaines caractéristiques phylogénétiques leur permet, par la pression du nombre, de transmettre largement un caractère particulier, lui faisant perdre sa marginalité princeps. Il semble en aller de même au sein des écosphères, où la transmission exponentielle d'une innovation – ou, plus généralement, de toute information nouvelle entrante – à partir d'un fait générateur potentiellement tenu participe de l'efficience d'ensemble, au sens de l'amélioration des capacités agentielles (choix plus large et mieux informé, diffusion du progrès entendu comme possibilités d'action accrues).

⁴⁹¹ [Woodford, 1990], p. 1.

⁴⁹² [Fama, 1965].

⁴⁹³ Pour une discussion mathématiquement rigoureuse sur le thème des distributions de Cauchy, voir par exemple [Pillai et Meng, 2005].

Bergson [1907] considère que l'animalité peut se définir comme la capacité d'un système à se déformer de manière « explosive », ou contrôlée par le biais des mécanismes de régulation, sous l'effet de l'énergie potentielle. L'animalité s'oppose à l'état végétatif qui se contente de maintenir cette énergie pour assurer sa conservation. Si l'on assimile l'information à l'énergie, il est intéressant d'observer que les marchés et leurs temporalités particulières fonctionnent de cette même manière, c'est-à-dire par diffusion non linéaire mais exponentielle de nouvelles données en leur sein, à l'ensemble des participants. La combinatoire des maillages inter-agentiels permet en effet ce type de dynamique.

Des phénomènes de résonance peuvent magnifier ou *perturber* les mécanismes fondamentaux de contention-canalisation naturellement à l'œuvre. Vis-à-vis du bruit, les résonances agissent en tant que *forces* révélatrices et amplificatrices ; conditionnant la manifestation de certains événements *pertinents* elles induisent une redéfinition de la notion même de « bruit » dans la mesure où ce dernier peut s'avérer décisif quant à l'évolution profonde du système et prétendre *ipso facto* intégrer la théorie qui le négligeait en tant qu'observable. Des phénomènes de « biorésonance » peuvent survenir au sein des systèmes du vivant et en première appréhension s'apparenter à ce que l'on peut observer en physique, comme le soutient Turing⁴⁹⁴ [1952] à propos de l'émergence morphogénétique : si la dynamique d'un oscillateur électrique est bien modélisable, il n'en va pas de même pour ce qui est des circonstances de sa mise en branle originelle. Le déclenchement du phénomène oscillatoire, de même que sa métrique de phase dépendent essentiellement (on pourrait écrire abusivement : de façon « critique ») de perturbations aléatoires du circuit, préexistantes à toute interaction. Une résonance opère quand il y a concordance entre certaines caractéristiques du système impacté et la nature tant qualitative que quantitative du bruit. Taleb [2014] évoque pour sa part l'amplification de petites variations en mécanique gravitationnelle pour illustrer analogiquement le rôle central du bruit magnifié⁴⁹⁵.

L'action des résonances doit notamment être pensée dans le cadre de l'hypothèse mimétique des marchés, où les actifs échangés peuvent être rendus *désirables* par le jeu de référentialités s'apparentant aux « avantages cumulatifs » de Merton [1968], en vertu desquels la valeur d'un bien tangible, ou – hors du cadre strict des marchés – d'une représentation idéale (dans le cas de l'adoption d'un symbole par exemple), peut essentiellement dépendre de son intérêt déjà acquis,

⁴⁹⁴ « The situation is very similar to that which arises in connexion with electrical oscillators. It is usually easy to understand how an oscillator keeps going when once it has started, but on a first acquaintance it is not obvious how the oscillation begins. The explanation is that there are random disturbances always present in the circuit. Any disturbance whose frequency is the natural frequency of the oscillator will tend to set it going. [...] The phase of the oscillation alone is determined by the disturbance. », dans [Turing, 1952], p. 42.

⁴⁹⁵ L'analogie gravitationnelle est également défendue par Longo et Montévil [2013] dans leur description des « biorésonances » de régulation-intégration au sein des systèmes complexes du vivant.

selon une logique de renforcement récursif. En d'autres termes, il nous paraît nécessaire de considérer qu'il existe une forme de construction de la « valeur », dont le bruit peut être la condition originelle, répondant *schématiquement* à des lois de type « Zipf ». Une vision orthodoxe des marchés n'y verrait que la manifestation d'un biais indésirable, quand une vision pragmatique pourrait y déceler la traduction d'une heuristique basée sur la confiance que les agents mal informés accordent à ceux qu'ils estiment mieux renseignés. Nonobstant la qualification qu'on lui affecterait, le mécanisme des avantages cumulatifs nous paraît bien relever de la manifestation d'un phénomène résonnant. *A contrario*, on pourrait qualifier de « désavantage cumulatif » les présupposés mutuellement conditionnés des agents vis-à-vis d'une configuration de marché particulière, parce qu'elle présenterait des similarités avec un schème critique s'étant déjà produit dans le passé. De nombreux travaux démontrent comment les divers biais liés aux heuristiques de représentation affectent les comportements des agents économiques dans le sens d'une surréactivité subie [Barberis, Shleifer et Vishny, 1998] [Frieder, 2008].

D'une manière générale, l'existence d'une corrélation de ces biais est de nature à constituer une source majeure de résonance exacerbée en période critique, au moment où – *le temps de l'action* s'accélérait pour en partie céder le pas à celui de la réaction – l'heuristique tend à prévaloir sur le stratégique. En situation d'incertitude avérée, le raisonnement calculatoire des agents dépend en effet non seulement de leurs évaluations probabilistes, mais également de leurs perceptions idiosyncratiques des probabilités en jeu [Kahneman et Tversky, 1972].

Par ailleurs, le « conservatisme » des agents économiques, c'est-à-dire leur tendance à plus se conformer à leurs référents hérités du passé qu'aux informations nouvelles [Edwards, 1968] – par rapport à ce que prévoirait la norme bayésienne – contribue à étayer les biais conjoints susdits, ce qui n'est pas sans conséquence quant à l'émergence et au déploiement des résonances dont nous faisons état. L'information nouvelle est comme sous-pondérée par rapport à ses manifestations historiques, les agents sous-évaluant plutôt les fortes probabilités et surévaluant les événements peu probables [Corcos et Pannequin, 2006]. Il en résulte comme un « ancrage » des choix à leurs réalisations antérieures, de nature proprement historique, à même d'amplifier le bruit comme les fluctuations aléatoires qui affectent la marche des systèmes économiques.

6.5.4. Bruit stabilisateur et sélection concurrentielle

Il s'agit toutefois d'éviter l'écueil consistant à faire du bruit un totem, comme d'aucuns l'ont fait pour l'équilibre. Pour autant, il importe de bien saisir le rôle des fluctuations d'origine extra-théorique non seulement dans la génération de la nouveauté, mais également dans le maintien de

la stabilité. Inversant le paradigme de la physique classique, on pourrait envisager la régularité des phénomènes se manifestant au sein des systèmes complexes issus du vivant comme suspecte, la *normalité* étant celle de leur nécessaire tolérance au « jeu » [Dupuy, 1981], la plasticité irradiant jusque dans les espaces interstitiels et permettant d'admettre autant que d'intégrer les changements induits par les perturbations issues de l'environnement ou émergeant de l'intérieur même des systèmes. En biologie, la plasticité a trait à la variabilité de la réponse morphologique à un matériau génétique identique selon les individus et les conditions de leurs environnements ; en économie, elle relève analogiquement de la variabilité de la réponse décisionnelle (expression ou non expression de choix conscients comme inintentionnels) selon les agents et le contexte (auquel l'historicité participe) au sein duquel ils évoluent.

West-Eberhard [2005] met en exergue le rôle de l'environnement sur l'expression mutationnelle, en ce qu'il peut atteindre des sous-populations entières, là où la mutation envisagée seule ne concerne d'abord qu'un individu particulier. Il en va de même en ce qui concerne l'apparition du *nouveau* dans les écosphères. Les marchés sont les sièges de « processus intermédiaires » réalisant une médiation entre les environnements (institutionnels, politiques, techniques, etc.), les marchandises et les agents soumis à d'incessants et complexes flux d'informations. La stratégie rationnelle d'un agent serait en somme comme le gène pré-codé : elle n'aurait véritablement de sens que dans une optique positiviste à même de l'isoler et de la considérer en tant que telle. Plongés dans un environnement « bruité » l'un et l'autre ne valent que parce qu'ils prennent part à des systèmes historiques rendus malléables par la mise à l'épreuve sans cesse renouvelée de leur plasticité.

Ainsi que l'a très tôt observé Cournot [1851], l'accroissement du niveau d'indéterminisme des parties d'un système peut dans certains cas renforcer la prédictibilité dudit système considéré dans son entièreté. De la même manière que l'apparente liberté⁴⁹⁶ individuelle de déplacement des particules élémentaires d'un gaz parfait fonde la prédictibilité d'ensemble relative à l'état du gaz, le libre arbitre des hommes permet l'expression de volontés indépendantes et dissemblables propice à la description statistique des ensembles qu'ils constituent. En économie, pour Keynes [1930], la diversité des choix agentiels mis en relation au travers des marchés est l'une des conditions essentielles de la stabilité ainsi que de l'efficacité de ces derniers, l'homogénéité des opinions étant *a contrario* de l'ordre du « pathologique ». En d'autres termes, la position keynésienne juge indésirables les résonances mimétiques ou liées aux corrélations par les biais. Ce faisant, elle promeut en fait une vision du hasard par la complexité, c'est-à-dire d'un aléatoire

⁴⁹⁶ Les lois qui régissent les chocs particuliers sont bien connues, mais le caractère chaotique du système empêche une prédictibilité microscopique des trajectoires individuelles, hors du modèle simplifié des particules ponctuelles soumises à des chocs parfaitement élastiques.

épistémique lié à la non-réductibilité des comportements à des déterminants simples. On peut en outre extrapoler sur cette base une *critique* de la régularité au sein des systèmes complexes, faisant de l'équilibre non seulement un leurre mais aussi un péril. Si la volatilité traduit l'instabilité fondamentale des marchés, elle témoigne en un sens également de leur vitalité et éprouve à chaque instant leur viabilité ; *non fluctuat ergo mergitur*⁴⁹⁷ pourrait en être la maxime épistémologique.

À l'extrême, le fait que du bruit le plus insignifiant puisse également sourdre l'instabilité critique la plus radicale révèle le rôle paradoxal de l'aléatoire vis-à-vis de la viabilité. Car lorsqu'une crise n'est pas « létale », c'est-à-dire lorsqu'elle éprouve les systèmes sans conduire à leur disparition, elle peut avoir pour vertu de *sélectionner* les mécanismes dont dérive ce qu'il y a de plus apte à la « survie ». Selon les termes de Kondratiev, la crise ne permet rien de moins qu'un *apurement* du dysfonctionnel en économie ; elle serait même garante de la « régénération » du capitalisme. La sélection adaptative est pour le vivant un mécanisme qui permet en un sens aux espèces de tirer profit des contingences qui agissent sur elles [Danchin, 1990] ; de même, la concurrence régissant la cambiodiversité (celle des entreprises, des marchandises entre elles, etc.) assure une forme de « macro-plasticité » fondamentale. Dupuy [1981] évoque une « tolérance au jeu » de la part des système anthropiques pour décrire cette propriété. Toutefois, il serait fallacieux de considérer que le bruit est la condition première de la stabilité, de la même manière que l'innovation ne saurait diriger entièrement l'historicité des systèmes que nous envisageons. Ce qui prime en revanche, c'est la variabilité elle-même, comme l'énonce West-Eberhard [2003] pour le vivant :

La fréquence d'expression [génétique] ne dépend pas seulement de la fréquence du facteur d'induction (mutation ou facteur environnemental). Je considère les gènes comme des suiveurs, non comme des meneurs, dans l'évolution adaptative. Un corpus très large de preuves montre que la nouveauté phénotypique est bien plus largement le fait de réorganisations plutôt que le produit de strictes innovations génétiques.⁴⁹⁸

Les morphologies du vivant et de l'économique jouent un rôle primordial et résultent en grande partie d'effets constitutifs ne nécessitant pas de ruptures sous-jacentes franches, mais elles sont en mesure de dériver d'influences originellement marginales. Sans aller jusqu'à affirmer que la morphologie prime sur le processus, il faut reconnaître sa place centrale, la sélection opérant à

⁴⁹⁷ « Sombre car ne fluctue pas ».

⁴⁹⁸ « *Frequency of expression does not depend on the frequency of the inducer (mutation or environmental factor) alone. I consider genes followers, not leaders, in adaptative evolution. A very large body of evidence shows that phenotypic novelty is largely reorganization rather than a product of innovative genes.* » (traduction personnelle).

son niveau [Mayr, 1942]⁴⁹⁹. En finance, des formes purement aléatoires (p. ex. *patterns* de prix) peuvent être « sélectionnées » (considérées comme pertinentes) par les marchés et de la sorte participer de leur historicité, parfois de manière décisive lorsqu'en retour cela induit des effets de contrainte sur leurs soubassements économiques.

Sur le temps long, la crise peut contribuer à la pérennité des systèmes complexes. Envisagée de la sorte, elle cesse d'être définie négativement comme une rupture majeure d'efficacité et devient un moment singulier – du point de vue de son influence et de sa phénoménalité – du régime de Transition Critique Étendue. Nous rejoignons en ce sens la critique de Bravi et Longo [2015] de l'appréhension par la biologie statistique « computationnelle » de la variabilité comme un bruit blanc, neutre et insignifiant d'un point de vue ontologique, vision héritée du schème simplificateur du signal propagé au travers d'un « circuit » mécanique. La variabilité est au contraire « fonctionnelle », car elle permet aux systèmes de maintenir leur intégrité. Avec Longo, nous soulignons en outre que le rôle du bruit est décisif dans la stabilisation des phénomènes loin des équilibres et pseudo-équilibres⁵⁰⁰.

6.6. Amoralité du critère d'efficacité

6.6.1. Paradoxe de l'efficacité informationnelle et justice distributive

Ayant identifié les points aveugles de la théorie efficientiste des marchés, nous nous proposons d'envisager à présent ce que cette dernière – en raison de son acceptation presque paradigmatique par les praticiens – induit du point de vue de l'éthique des échanges marchands, ce qui nous permettra ensuite⁵⁰¹ d'entamer une réflexion anthropologique quant aux enjeux relatifs à l'existence d'un système de marchés conditionné par des représentations théoriques en écart à leur fonctionnement *réel*.

Parce que l'économie financiarisée a trait à l'articulation de processus répondant à des lois ayant l'apparence de l'apodicticité⁵⁰², indifférentes aux mérites et aux torts des agents, similaires pour tous et échappant aux « incitations » sociales traditionnelles, il ne saurait y avoir de justice en économie selon Rawls [1971]. Pourtant, la formation des prix paraît opérer selon la logique aristotélicienne d'une justice de type « distributive », en vertu de laquelle, dans la sphère du

⁴⁹⁹ Cité par [West-Eberhard, 2005].

⁵⁰⁰ Du type de ceux que la réaction oscillante d'oxydoréduction de Belousov-Zhabotinsky produit [Dupuis et Berland, 2004]. En chimie, on nomme « réaction oscillante » la fluctuation potentiellement périodique des concentrations de certains composés.

⁵⁰¹ Voir Partie 7 et suivantes.

⁵⁰² Voir Partie 3.2.5. – « Intentionnalité et apodicticité transcendantale des lois de marchés ».

social, toute peine ou tout bénéfice ne serait être décorrélé du « mérite⁵⁰³ » attribuable à chacun [Jorion, 2010]. Cette forme de justice est à envisager en tant que « première espèce de la justice particulière qui s'exerce dans la distribution des honneurs ou des richesses ou des autres avantages qui peuvent être répartis entre les membres d'une communauté politique⁵⁰⁴ ». Elle n'est pas aveugle aux inégalités princeps et promeut un partage établi selon les critères d'une égalité non pas arithmétique, mais géométrique, c'est-à-dire adéquatement proportionnée⁵⁰⁵.

En théorie des marchés, ladite proportion opère classiquement selon les modalités de l'intensité d'investissement, du rendement attendu et de l'incertitude estimée. Autrement dit, la jauge « acceptable » par la théorie est une fonction croissante du montant nominal engagé, du rendement futur actualisé et du risque quantifié par la volatilité. La modélisation du portefeuille héritée de Markowitz établit en effet l'équivalence de tous les « portefeuilles » constituables à partir de ces trois critères, confirmant la vision géométrique aristotélicienne susdite.

Nous l'avons vu, un marché n'est paradigmatiquement efficient que s'il ne tolère pas (efficience *ex ante*) ou plus (efficience *ex post*) d'arbitrage, ce critère étant nécessaire à l'atteinte d'un équilibre compétitif et sous-tendant la diffusion optimale de l'information. Fama estime de surcroît que la gratuité d'acquisition de l'information est une condition suffisante à la validité de l'hypothèse du *prix-reflet*⁵⁰⁶. Cette considération est non seulement très éloignée de l'empirie⁵⁰⁷, mais elle n'est en outre pas sans conséquence du point de vue de l'efficience elle-même. Grossman [1976] puis Grossman et Stiglitz [1980] estiment que si le coût informationnel n'est pas nul, ce coût doit être *compensé* par une espérance de rendement en excès, au risque de tarir le flux d'information qui irrigue les marchés. En effet, selon la modélisation que les auteurs proposent, le système de prix intègre l'information exogène via des agents en capacité de l'y introduire, consentant pour ce faire un effort coûteux (captation, traitement, désambiguation, etc.) à la différence des agents qui se contentent d'« observer » les prix. Sous hypothèse d'efficience, une telle stratégie suffirait et l'acquisition d'information deviendrait vaine, ce qui devrait à terme se traduire par un état d'optimalité ou l'ensemble des agents se contenterait d'une position de réception passive, ce qui impliquerait *de facto* un assèchement total du flux d'information externe. Cette conséquence est incompatible avec la situation d'efficience informationnelle ; Grossman et Stiglitz en déduisent que la gratuité informationnelle constitue une condition non pas nécessaire

⁵⁰³ Herrenschmidt [2007] évoque chez Aristote une justice à la fois distributive (équité des proportions dans le partage des biens) et corrective (rectification des déséquilibres).

⁵⁰⁴ [Aristote, 1990], Livre V.

⁵⁰⁵ Il s'agit « d'attribuer à chacun son dû » (« *suum cuique tribuere* »), d'après la formulation du jurisconsulte romain Ulpien (dans *Institutes de Justinien*, Livre I, Titre I, Section III, 529).

⁵⁰⁶ Cette hypothèse consiste à considérer que le système de prix permet la diffusion complète de l'information [Mignon, 2008].

⁵⁰⁷ L'absence de coût de transaction est pourtant à la base de la démonstration de Black et Scholes par exemple.

à l'efficacité, mais qu'il existe un paradoxe interne à la théorie selon lequel les marchés ne sont utiles que si l'information est coûteuse.

On sait, depuis Akerlof [1970], que les asymétries d'information abondent au sein des marchés réels. Or, pour Stiglitz, l'existence de situations où l'asymétrie d'information prévaut est de nature à remettre en cause l'efficacité, sauf à confirmer la nécessité de marchés non plus efficaces *ex ante* mais bien efficaces *ex post*, une fois les asymétries abrasées par l'action des agents en situation inhomogène de concurrence. Il est alors question de la capacité performative des marchés à « rétablir » une forme d'efficacité du fait des mécanismes de l'arbitrabilité. Pour autant, la théorisation de Stiglitz s'inscrit dans le cadre d'une appréhension essentiellement orthodoxe des processus transactionnels, à maints égards insuffisante pour appréhender la richesse épistémologique de leur complexité.

Le paradoxe susdit s'exprime selon les termes et modalités de la justice distributive que nous avons précédemment évoquée. La *juste rémunération* des agents qui consentent à exploiter l'information coûteuse n'est pas « juste » du fait de décisions d'ordre juridique émanant d'un corps social organisé ou d'injonctions politiques particulières, mais en raison d'une forme de nécessité relevant de la cohérence interne du système d'échange marchand organisé lui-même. On retrouve là quelque écho de la distinction historique promue par Hayek [1979] entre « *taxis* » et « *kosmos* », la « *taxis* » ayant trait au champ de l'institué, de l'expression de la volonté des agents, alors que le « *kosmos* » se réfère à un ordre spontané résultant du jeu interactionnel. Le « *kosmos* » a les faveurs de l'auteur parce qu'il affiche une forme de légitimité transcendantale dont il estime qu'elle doit s'imposer aux hommes. De cela découle ce que Hayek qualifie de « catallaxie », c'est-à-dire un « ordre spontané produit par le marché à travers les actes des gens qui se conforment aux règles juridiques concernant la propriété, les dommages et les contrats ».

6.6.2. Conditions de la neutralité axiologique des processus de marché

Plaçant l'utilité générale – définie comme agrégation des utilités personnelles – au cœur de l'évaluation des principes selon lesquels les sociétés doivent être gouvernées, la philosophie de Bentham [1789] nous amène à penser le marché comme un dispositif participant de l'artifice juridique et politique visant *a minima* l'expression des espérances individuelles par le biais du « calcul des plaisirs et des peines » (« calcul félicifique ») de chacun. Mais le marché n'est pas uniquement le lieu de convergence où se produisent les échanges concrétisant les espérances traduites en intérêts d'échange, il serait – dans la perspective de l'utilitarisme – également le

moyen de compensation des déficiences individuelles (au sens bayésien du terme) afin de tendre vers le « plus grand bonheur pour le plus grand nombre ». Envisagé en ces termes, le marché ne constitue pas une fin en soi, mais contribue à la réalisation de la téléologie utilitariste de « l'harmonie sociale ». Il s'établit par ailleurs en tant que concrétisation du mécanisme de libre-échange, que Condillac [1776] estime être le seul moyen d'atteindre la « souveraineté des désirs individuels ».

Dans *La Richesse des Nations*, Smith défend l'idée que de l'expression bien ordonnée des passions et vices individuels puisse émaner le bien commun. Ce faisant, il promeut un certain cynisme pragmatique en vertu duquel l'amour-propre (« *self-love* ») peut s'avérer plus bénéfique à la société considérée dans son ensemble que la « bienveillance » de chacun. L'utilitarisme développe cette vision popularisée par Mandeville [1714], qui, dans sa *Fable des Abeilles*⁵⁰⁸ réfute qu'une action puisse être en soi haïssable selon des critères moraux sans que l'on n'évalue convenablement l'ensemble des effets qu'elle produit⁵⁰⁹.

L'efficience orthodoxe enjoint de ne tenir compte que de la résultante des actions individuelles, sans considérer les motivations, biais et histoires propres des agents. Ce qui prime, c'est la « découverte » de la valeur sous-jacente jugée profitable au plus grand nombre, que permet le marché, « seule procédure jusqu'ici découverte dans laquelle l'information infiniment éparse parmi des millions d'hommes puisse être effectivement utilisée pour l'avantage de tous⁵¹⁰ ». Par cette affirmation, il ne s'agit pas seulement pour Hayek de condamner l'arbitraire de la planification étatique de son temps, mais d'affirmer le primat du marché dans une perspective essentiellement pragmatique⁵¹¹, sur la base d'une réflexion plus fondamentale au sujet de l'établissement d'un ordre économique rationnel à partir d'informations et d'intérêts épars. Le marché permet de s'affranchir de la « connaissance des circonstances particulières de temps et de lieu » des événements, en opérant une synthèse utile au travers des prix envisagés comme indicateurs pertinents par Fama :

⁵⁰⁸ « Quittez donc vos plaintes, mortels insensés ! En vain vous cherchez à associer la grandeur d'une Nation avec la probité. Il n'y a que des fous qui puissent se flatter de jouir des agréments et des convenances de la terre, d'être renommés dans la guerre, de vivre bien à son aise et d'être en même temps vertueux. Abandonnez ces vaines chimères. Il faut que la fraude, le luxe et la vanité subsistent, si nous voulons en retirer les doux fruits. La faim est sans doute une incommodité affreuse. Mais comment sans elle pourrait se faire la digestion d'où dépend notre nutrition et notre accroissement. [...] Le vice est aussi nécessaire dans un État florissant que la faim est nécessaire pour nous obliger à manger. Il est impossible que la vertu seule rende jamais une Nation célèbre et glorieuse. Pour y faire revivre l'heureux Siècle d'Or, il faut absolument outre l'honnêteté reprendre le gland qui servait de nourriture à nos premiers pères. »

⁵⁰⁹ Selon Marcel Hénaff, on peut trouver cette conception déjà initiée dans le régime de droit anglo-saxon, qui a lui-même imprégné l'éthique protestante de l'échange affirmant l'inaccessibilité des causes premières dans l'action conjuguée des hommes [Garapon et Lassègue, 2020].

⁵¹⁰ [Hayek, 1973], p. 85.

⁵¹¹ Gibson [1889] n'écrit pas autre chose : lorsque « les actions sont dans un marché ouvert et connu publiquement, la valeur qu'elles acquièrent là peut être considérée comme le jugement les concernant mettant en œuvre la meilleure intelligence ».

L'idéal est un marché dans lequel les prix fournissent des signaux pertinents pour l'allocation des ressources : autrement dit, un marché au sein duquel les entreprises peuvent prendre des décisions de productions-investissements et les investisseurs effectuer leurs choix parmi les titres [cotés] sous l'hypothèse que les prix des instruments « reflètent complètement » et à tout instant l'ensemble de l'information disponible⁵¹².

L'efficacité posée comme « réflexion totale » de l'information permettrait l'atteinte d'un *optimum* à l'équilibre (au sens de Pareto et de Walras), censé correspondre à une optimalité allocative *bénéfique* à tous. En ce sens, elle œuvrerait à aplanir les disparités de moyens et de compétences des agents tout en assurant la bonne marche du système économique considéré dans son ensemble. Si l'information est parfaitement traduite par les prix, le processus subséquent de prise de décision individuelle s'en trouve rendu « juste » *ipso facto*. Loin de la remettre en cause, la critique de Grossman et Stiglitz dont nous avons fait état précise par ailleurs en quoi l'absence d'efficacité *ex ante* pourrait s'inscrire en cohérence avec une telle vision, dans la mesure où les agents informés y contribuent à rendre le marché efficace *ex post*, et que pour cela ils accèdent à une forme de *rétribution*, si ce n'est juste, tout au moins justifiée par des nécessités internes à l'édifice nomologique lui-même.

Cette conception néo-classique d'un prix formé à partir de la somme totale de l'information disponible n'est pas sans évoquer la « théorie du contrôle » qui spécifie les modalités de pilotage des systèmes à partir d'ensembles de paramètres pertinents [Bouleau, 2013] ; elle considère l'efficacité sous l'angle de l'efficacité opératoire. Il est intéressant de noter que Grossman et Stiglitz n'affichent pas la même hardiesse que Fama au sujet de l'intérêt de *l'efficacité de l'efficacité*⁵¹³ évaluée selon des critères d'ordre supérieur, au niveau des sociétés : « nous n'avons rien dit des bénéfices sociaux de l'information, de même ne nous sommes-nous pas prononcés sur la question de savoir s'il était socialement optimal d'avoir des « marchés informationnellement efficaces » » écrivent les auteurs⁵¹⁴.

Il faut voir que le marché ne se présente pas comme une solution donnée au « Théorème d'impossibilité » formulé par Arrow [1951], selon lequel la bascule agrégative des choix individuellement exprimés vers un choix social collectif entraîne invariablement soit une « transgression morale », soit une remise en cause de la cohérence des choix individuels :

⁵¹² « *The ideal is a market in which prices provide accurate signals for resource allocation: that is, a market in which firms can make production-investment decisions, and investors can choose among securities that represent ownership of firms' activities under the assumption that security prices at any time "fully reflect" all available information.* », [Fama, 1970] (traduction personnelle).

⁵¹³ À la différence de Walter, nous conservons la terminologie translittérale de Fama, envisagée en tant que théorie à part entière. Il nous est donc permis de dissérer à propos de *l'efficacité* de cette théorie ou de certaines de ses hypothèses, notamment dans une optique sociétale.

⁵¹⁴ « [...] we have said nothing regarding the social benefits of information, nor whether it is socially optimal to have « informationally efficient markets », [Grossman et Stiglitz, 1980], p. 405 (traduction personnelle).

si on ne fait pas d'hypothèses *a priori* sur la nature des ordres individuels, il n'y a aucune méthode de vote qui puisse surmonter le paradoxe [...], ni le vote plural, ni un quelconque système de représentation proportionnelle aussi compliqué qu'il soit ; de la même façon, le mécanisme du marché ne crée pas un choix social rationnel⁵¹⁵.

L'efficacité néo-classique est à notre sens à entendre comme condition autant que comme modalité de coordination stigmergique : elle est ce qui permettrait aux systèmes d'échanges inter-agentiels libres et équilibrés de fonctionner *adéquatement*, sans instance centralisatrice. Elle se présente également comme finalité de la stigmergie, en tant que forme souhaitable des échanges du point de vue du « bien-être » social global. La stigmergie biologique est capable de faire émerger le sens – ou tout du moins l'ordre – à partir de sous-processus non-intentionnels en recomposition permanente, hors du champ de l'arbitraire. Pour ce faire, elle procède à partir de « traces » marquant sa propre activité historique et permettant *in fine* le renforcement de comportements et décisions *souhaitables*. Les imprégnations phéromonales des animaux sociaux constituent de telles traces, à partir desquelles la coordination peut opérer. La sélection évolutionniste est garante d'une certaine efficacité de tels processus en matière de survie et de maintien des lignées phylogénétiques.

Dans son acception néo-classique, le fait de considérer les prix comme les *traces*⁵¹⁶ des processus transactionnels semble induire un paradoxe au sujet de l'efficacité : comment en effet penser la pertinence du fonctionnement stigmergique si les prix et leurs agencements temporels (tendancialité) ne permettent pas l'optimisation du déploiement systémique ? autrement dit, si les prix n'agissent pas à la manière de signaux directeurs ? C'est, à partir de prémisses différentes, l'objection que Bouleau [2013] formule à l'encontre des marchés constitués *tels qu'ils sont*, c'est-à-dire masquant (par la volatilité qui y règne notamment) la directionnalité du monde sous-jacent lorsqu'elle existe. Ce paradoxe provient du fait que nous avons tenté de réconcilier la théorie néo-positiviste des marchés à sa réalité phénoménologique. Car du point de vue de la théorie, la markovianité des processus suffit dans la mesure où la valeur existerait et qu'elle pourrait être objectivée : le prix n'y est pas un signal, c'est avant tout une référence de coordination. Dans cette perspective le marché est une méthode d'organisation dont la logique *naturelle* doit aboutir à la révélation permanente du prix ; le marché ne prévaut pas, les échanges sont utilitarisés au service de la valeur qu'il s'agit de porter à la connaissance de tous. Il suffit cependant d'envisager principalement le prix comme une convention fortement contrainte et la valeur comme son attracteur instable pour résoudre le paradoxe qui nous occupe, mais cette fois en dehors de

⁵¹⁵ [Arrow, 1951].

⁵¹⁶ Nous précisons cette idée en Partie 7.1. – « Éléments généraux d'une qualification épistémologique du prix ».

l'orthodoxie théorique et en conformité avec le réel. Seulement alors pourrions-nous d'une part comprendre que les « dérogations statistiques » à l'efficience (cyclicité, tendancialité, mémoire longue, etc.) n'en sont pas, et d'autre part accepter que les prix ne constituent pas une synthèse du monde mais doivent être entendus en tant que projections selon une transformation particulière et indicible (car performative). À ce titre, le pragmatisme nous enjoint à la prudence vis-à-vis de ce que serait une éthique des échanges organisés. La complexité d'ensemble semble amplement prémunir les agents de jugements moraux concernant leurs interactions depuis l'intérieur du système, les reléguant dans les limbes du cadre contextuel⁵¹⁷.

Il nous apparaît que les agents économiques subissent autant l'aléatoire constitutif des processus transactionnels qu'ils le façonnent intempestivement par leurs décisions. L'articulation ago-antagoniste selon les modalités de laquelle ils interagissent est étayée par la double nécessité consciente que le système dans son ensemble puisse perdurer – les faillites des parties et du tout étant mutuellement conditionnées – et que chacun puisse agir le plus librement possible dans le cadre qui lui est imposé, les environnements institutionnels étant eux-mêmes soumis à des considérations méta-systémiques de concurrence et de survie (comme cela est le cas pour les bourses entre elles). Le « clivage sociologique⁵¹⁸ » moral entre une noble analyse financière à la recherche du substrat fondamental du monde par la méthode rationnelle et une analyse technique ou psychologique répréhensible préoccupée par la spécularité endogène des marchés doit être en conséquence modérée : l'une et l'autre approches traitent de ce que sont les échanges, envisagés selon des abords différents et avec une pertinence certes inégale, mais néanmoins complémentaire. Cela étant entendu, nous nous proposons à présent de préciser les enjeux de la dichotomie essentielle qui réside entre les notions de « prix » et de « valeur », dans une optique de dissociation épistémologique de ces concepts que nous envisageons comme fondamentalement disjoints.

⁵¹⁷ Bouleau [2013] interroge la possibilité de définir ce que serait normativement l'efficience allocative, au-delà de la conception triviale d'absence d'arbitrabilité résiduelle (ce que Bouleau nomme la « viscosité » des processus transactionnels).

⁵¹⁸ L'expression est de Walter [2013].

7. DE L'ARTICULATION FONDAMENTALE ENTRE LE PRIX ET LA VALEUR

Mon royaume pour un cheval.
— William Shakespeare⁵¹⁹

Propos synthétique : Où nous nous intéressons précisément à la dichotomie essentielle entre prix et valeur au sein des marchés organisés, montrant en quoi à la suprématie théorique de celle-ci, on doit préférer la complexité pragmatique de celui-là. Nous tentons ensuite d'envisager dans quelle mesure une phénoménologie du prix bien établie doit nous permettre de mieux comprendre les mécanismes de crises que nous avons jusque-là principalement étudiés sous un abord systémique. Ce faisant, c'est la place de l'homme incarné – notamment au travers de l'influence de ses subjectivités dans la formation du prix – et non plus seulement réduit à sa fonction agentielle, que nous tentons de rétablir, en vertu d'un parti pris théorique plus anthropologique et social que nous adoptons jusqu'à la fin de notre exposé.

7.1. Éléments généraux d'une qualification épistémologique du prix

La pensée politico-économique préclassique a longtemps plaidé pour une vision fixiste des échanges⁵²⁰, considérant que l'agrégat des richesses en circulation est globalement stable et que de cette stabilité dérive la nécessité pour chaque État de mener une « guerre économique » aux nations concurrentes de manière à s'arroger la plus grande part disponible de ce qui est produit. Il faut attendre Adam Smith, inspiré par les théories des Physiocrates, pour que l'activité économique soit véritablement perçue comme génératrice de valeur et que la notion de croissance devienne centrale. Si l'enjeu de la Grande Révolution Industrielle fut la croissance des actifs *via* l'accroissement de la productivité, celui de la « nouvelle macro-économie financiarisée » s'articule autour des prix et de leurs fluctuations. Une telle évolution a été rendue possible par le

⁵¹⁹ SHAKESPEARE William, *Richard III*, 1592.

⁵²⁰ On peut considérer que cette vision dérive d'une forme de relation historique et culturelle traumatique à la pénurie.

fait insigne de la *transformation* d'« une grandeur immobilisée, le capital productif, en un actif librement négociable » [Orléan, 1999]⁵²¹.

On qualifie de « marchandise » toute chose (bien ou service) dont la propriété peut être transférée dans le cadre d'une transaction monétaire, le prix correspondant à la quantité de monnaie concédée par l'acquéreur au cédant en contrepartie de l'opération. Le prix est la matérialisation synthétique de l'expression de la « loi de l'offre et de la demande » en vertu de laquelle pour une quantité de marchandises donnée il existe un niveau auquel l'offre et la demande peuvent s'accorder, permettant *de facto* l'échange – étant entendu que de l'asymétrie entre l'intensité de l'offre et celle de la demande dépend la dynamique d'ajustement du prix (à la hausse lorsque la demande excède l'offre, à la baisse dans la configuration inverse). Pour l'orthodoxie marginaliste, ladite « loi » stipule, en des termes techniques, que dans le contexte d'un marché non biaisé mettant en relation des agents rationnels parfaitement informés, autrement dit, interagissant selon les principes d'une Concurrence Pure et Parfaite, la rencontre de « la demande et de l'offre débouche sur un ensemble unique de prix d'équilibre qui libèrent (déchargent) les marchés en égalisant offre et demande, [tous les agents] cherchant à réaliser leur propres solutions optimales dans des conditions de rareté » [Clarke, 1982]. Il s'agit là d'un parti pris théorique que Roncaglia [1978] identifie à « une tentative de construire un système qui expliquerait simultanément le prix, les quantités demandées et la répartition des revenus⁵²² ».

Le prix est en économie classique la traduction d'une valeur correspondant au « coût de production » chez Ricardo ou à une « quantité de travail » chez Marx. Pour les néo-classiques marginalistes, il doit refléter l'utilité marginale que son « payeur » souhaite satisfaire⁵²³. En situation de marché, le prix témoigne des fluctuations induites par l'équilibrage de l'offre et de la demande, autour d'une valeur au niveau de laquelle il converge lorsque l'équilibre est atteint. Dans ces différentes acceptions théoriques, le prix semble en revanche agir à la fois comme moyen plutôt que comme fin⁵²⁴ : il est ce par quoi la coordination des agents peut opérer, et ce que l'économie financiarisée vise à optimiser, dans une optique d'efficacité allocative centrée sur la notion de valeur.

Dans l'approche défendue par Grossman et Stiglitz [1980], il y a opportunité transactionnelle entre deux parties dès lors que l'une et l'autre présentent des « préférences » différentes vis-à-vis

⁵²¹ Cit p. 12.

⁵²² Cité par Jorion [2010], p. 38. Roncaglia fait ici écho à Sraffa dans sa conception de la possibilité de détermination d'un équilibre général des échanges de marchandises et d'affectation des richesses.

⁵²³ Jevons [1878] réfute l'idée-même d'une valeur intrinsèque des choses. Il plaide en faveur de la prééminence des usages comme fondation de la valeur, et enrichit l'utilité de Bentham de la notion de marginalité des « intérêts » individuels.

⁵²⁴ Marshall [1890] s'oppose à la vision d'un prix-reliquat, résultat de la mécanique des marchés. Selon l'auteur, le prix prévaut dans le façonnement des utilités, et consommateurs comme producteurs sont autant les uns que les autres à envisager comme des « preneurs de prix » (*price takers*).

du risque, des capacités et compétences dissemblables (avantages comparés), ou que leurs croyances divergent. De tels décalages sont à l'origine de niveaux idiosyncratiques de besoins que les échanges marchands peuvent satisfaire. Mais les auteurs raisonnent largement selon un paradigme de rationalité partagée selon lequel les agents sont réputés former des croyances identiques en « situation d'équilibre », lorsque aucune information n'est disponible ou *a contrario* quand tous partagent le même niveau d'information, hypothèse très idéalisée, vis-à-vis des observations empiriques.

Quand les échanges sont réalisés au travers d'un marché organisé et que les prix sont publics et univoques, on peut à notre sens considérer ces derniers en tant que « traces » des processus d'échange afférents. Ces traces sont autant de marquages phénoménologiques inscrits dans le temps et survenant dans un contexte social particulier, au sein d'écosphères imbriquées. Le prix matérialise subrepticement un *rapport de force* entre acquéreurs et cédants ; il réalise « en acte » la tension latente au sein du carnet d'ordres⁵²⁵ entre prix d'achat (*bid*) et prix de vente (*ask*), pour leur part expressions de la valeur « en puissance ».

Toute monnaie acceptée dans le cadre des marchés organisés pouvant elle-même donner lieu à échange, on peut, en théorie, normaliser l'ensemble des cotations de manière à comparer à chaque instant les prix d'actifs sur une base numéraire unique. C'est en partie ce qui a permis l'essor considérable de l'analyse technique et de la modélisation financière au cours du XX^e siècle. *Per se*, les séries chronologiques temporelles (« chroniques de prix ») constituent les objets de base des mathématiques de la finance, là où l'économie adopte généralement une perspective plus large et considère d'autres grandeurs caractéristiques (taux d'emploi, masse monétaire en circulation, etc.).

Il semble ainsi prévaloir, dans le cadre d'une approche *orthodoxe* de la finance, une pragmatique du prix consistant à considérer que ce dernier se manifeste à la manière d'une « ombre projetée » depuis la *caverne* des processus complexes de marchés sous-jacents, mais que celle-là est au mieux un reflet de celui-ci, et au pire en constitue une synthèse commode. Dans l'un et l'autre cas, ce qui importe selon nous ce sont les prix, du fait de leur performativité opératoire : il s'agit à la fois des moyens par lesquels opèrent les dynamiques transactionnelles, mais également de leurs fins dans la mesure où l'économie relève bien de la recherche de l'optimalité de l'emploi et de l'allocation des ressources disponibles dans le temps. Pourtant ce n'est pas le prix mais bien la valeur qui se trouve au cœur de l'édifice théorique néo-classique. Nous plaçons, dans la suite de cet exposé, pour une inversion de ce rapport.

⁵²⁵ Cf. entrée « Carnet d'ordres » de l'Addendum.

7.2. Apostasie de l'hypostase de la valeur⁵²⁶

L'intuition originelle d'Aristote confère à toute chose tangible un intérêt dual : celui d'être objet de jouissance par l'usage, et celui de pouvoir être échangé contre d'autres biens, la transaction provenant d'une différence d'intérêt princeps entre individus⁵²⁷. Dans son *Introduction générale à la critique de l'économie politique*, Marx [1859] distingue, en écho, la valeur d'usage de la valeur d'échange. Mais comme le souligne justement Jorion [2010], pour Aristote, il s'agit bien d'une alternative « d'utilisation », là où chez Marx, il est question de « valeurs » d'origines différenciées. L'approche marxiste considère en outre que la valeur dérive de la quantité de travail déployée. Elle serait donc une traduction matérialiste de l'effort consenti dans une perspective productiviste. Nous avons là affaire à une resucée de la conception historique classique défendue par Smith et Ricardo de la « valeur-travail⁵²⁸ ».

C'est l'utilité marginale qui fonde la valeur dans l'approche néo-classique. La valeur transpose dans l'espace transactionnel l'intérêt ou l'avantage d'un agent vis-à-vis de la jouissance d'une marchandise, du point de vue de la satisfaction d'une utilité latente. À rebours de la vision marxiste, le néo-classicisme économique prend le parti de l'acheteur et de son besoin. Orléan [2011] perçoit dans l'une et l'autre définitions une conception *ex ante* de la valeur, un substrat préexistant à la transaction, alors qu'elle ne saurait être – selon lui – autre chose qu'une « création *sui generis* des rapports marchands ». Orléan tente par là même de saisir ce qui constitue la valeur, indépendamment de toute autre grandeur existante (rareté, travail, utilité, etc.).

En pratique, le spéculateur keynésien de la *Théorie Économique* fonde en partie son estimation sur celle qu'il conçoit de la part des autres, c'est-à-dire en réponse à la perception qu'il a de l'interprétation psychologique du marché (spécularité mimétique). Pour Keynes, le spéculateur s'oppose à la figure de « l'entrepreneur » dont l'action est guidée par des anticipations *plus rationnelles* relatives au rendement escompté des actifs. En théorie, du point de vue d'un investisseur financier, les marchés se caractérisent par une parfaite substituabilité des biens. Autrement dit, pour un *spéculateur* il y règne une certaine *neutralité de substance*, une indifférence à l'endroit de l'utilité réelle, liée à la réduction à la Sharpe-Tobin en moyenne-variance (arbitrage risque-rendement) de tout actif librement échangé sur un marché.

⁵²⁶ Plusieurs auteurs ont employé l'expression « hypostase de la valeur » (voir par exemple Philippe MONGIN, *La critique de l'économie politique dans les Grundrisse de Karl Marx*, Thèse de doctorat, Paris, École des Hautes Études en Sciences Sociales, 1978) pour qualifier à la fois la prééminence de la valeur fondamentale en théorie économique classique et néo-classique, et le fait que cette dernière soit un produit des hommes devenu auto-transcendance régulatrice. L'apostasie pour laquelle nous plaçons relève autant d'une tentative de mise en perspective que de celle d'une critique épistémologique.

⁵²⁷ ARISTOTE, *Le Politique*, trad. H. Rackam, Londres Heinemann, 1932, I, III, p. 8-12.

⁵²⁸ « Le travail est la mesure réelle de la valeur échangeable de toute marchandise » [Smith, 1759].

Dans le cas paradigmatique d'une entreprise, on considère que la valeur fondamentale « juste » ($VA(t)^{529}$) doit correspondre de manière unique à l'intégralité des flux financiers qu'un actionnaire pourra en retirer. De ce fait, on écrira à tout instant t de la vie de l'entreprise :

$$VA(t) = \sum_{n=1}^{T-1} \frac{d_t(n)}{(1+r_t)^n} + \frac{VR_t(T)}{(1+r_t)^T} \quad [F4]^{530}$$

où $d_t(n)$ correspond au dividende versé la n -ième année suivant t , r_t le taux sans risque prévalant au moment de l'évaluation et $VR_t(T)$ la valeur résiduelle future de liquidation du bilan, qui pourrait survenir à l'instant T . On distingue deux composantes théoriques à la valeur globale : d'une part, ce que l'on peut apparenter à ce que Marx nomme le « capital mort », c'est-à-dire la valeur liquidative des possessions (comptabilisée algébriquement) de l'entreprise, et sa « valeur fondamentale » qui dérive de l'emploi du capital dans une perspective de génération de rendements. Par conséquent, indépendamment de leurs structures respectives de capital⁵³¹, deux entreprises peuvent être également évaluées si, à niveau de risque égal, elles présentent une valeur actualisée identique de leurs flux financiers futurs : c'est ce que stipule la « loi de conservation de la valeur des investissements⁵³² » théorisée par Modigliani et Miller [1958].

L'effort de rationalisation des normes comptables initié aux États-Unis dans les années 1970, reflète en outre la volonté de *rendre visibles* les flux de trésorerie d'entreprise, dans une optique de valorisation « pro-actionnariale » [Aglietta et Reberieux⁵³³, 2004] conforme à ce que requiert l'approche fondamentaliste dont nous faisons état.

Pour fixer la valeur des actifs financiers de type « actions », il convient donc *a minima* de former des anticipations à propos de la valeur variable des dividendes dépendant d'une activité non encore advenue, et d'une hypothétique valeur de liquidation. En outre, puisque T est aussi une variable grandement aléatoire, le taux optimal à appliquer et la répartition des flux qui en dérivent constituent des sources d'incertitudes supplémentaires. Dans la pratique, T est souvent rejeté à l'infini (le défaut restant très largement considéré comme un événement rare) et pour peu que les taux ne soient pas négligeables, l'effet d'actualisation permet en bonne approximation de ne se soucier que des premières valeurs de n , rendant l'effet de l'aléa bien plus *bénin*. Mais dès lors que

⁵²⁹ La notation « VA » renvoie à la notion centrale de « valeur actualisée » ou « présente ».

⁵³⁰ Il s'agit ici d'une forme discrète simplifiée.

⁵³¹ C'est-à-dire son mode de financement (par la dette, par des capitaux propres, etc.).

⁵³² Également désignée comme le « Théorème Modigliani-Miller (MM) du prix unique ». Bien qu'il ait été critiqué pour ses hypothèses très normatives, exprimées dans le cadre du modèle de CPP, il continue d'imprégner durablement la représentation paradigmatique de la valeur de marché des actifs financiers.

⁵³³ Les auteurs observent qu'« à la vision « pro-actionnariale » de la comptabilité anglo-américaine, comme aide à la direction financière, s'oppose une vision plus partenariale en Europe continentale » (p. 162).

l'on ne peut plus simplement « linéariser », l'incertitude peut drastiquement croître et sévèrement affecter la valeur actualisée en tant que grandeur à définir, ainsi que sa variabilité. Ce qui importe alors, c'est ce qui apparaît comme la composante la plus hypothétique car soumise à l'incertain des anticipations lointaines. Par ailleurs, c'est aussi lors des phases de transition critiques que l'on assiste à des changements de régime de corrélation, dans le sens d'un accroissement de l'indépendance des échéances futures : les dividendes d'ordinaire bien corrélés temporellement se disloquent, empêchant les commodes extrapolations ordinairement établies à partir des valeurs présentes⁵³⁴. À partir des travaux de Shiller [1981] ou de Campbell et Shiller [1988], Aglietta et Rebérioux [2004] confirment en effet que les cours d'action varient non seulement avec le dividende courant mais aussi en raison de chocs sur la croissance des dividendes escomptés ou des taux d'actualisation employés.

Sans aller, avec Pierre Balley, jusqu'à affirmer que « la quasi-totalité des commentaires consacrés à cette question [de la valeur] prennent pour point de départ une définition à laquelle son incontestable rigueur prête une apparence scientifique dont on ne peut tirer malheureusement aucune conséquence pratique⁵³⁵ », nous estimons que nous sommes là confrontés à un argument d'ordre technique confortant la thèse de la pseudo-stabilité des systèmes économiques, que nous défendons. Ce que la théorie présente sous des atours d'univocité et de simplicité apparentes recèle en réalité toute la complexité d'un aléatoire mettant à l'épreuve la perception des agents au sujet des grandeurs futures en période d'incertitude, faute de repères stables hérités du passé et réputés – dans une certaine mesure – reproductibles. Par ailleurs, les opérations de couvertures qui, en régime pseudo-stationnaire, garantissent un certain niveau d'insensibilisation au risque subissent, elles aussi, des fractures parfois profondes de nature à révéler l'inadéquation des niveaux de « primes de risque » incorporés aux valeurs fixées *ex ante*.

Il semble par ailleurs exister une forme d'homologie entre les techniques financières actuelles et les travaux liminaires de Quetelet et de Louis-Adolphe Bertillon sur la théorie des types statistiques. Ainsi que le souligne Armatte [1995]⁵³⁶, l'anthropologie de celui-ci a « réinterprété la théorie de Quetelet », en opérant la transmutation de la notion centrale de moyenne en « type⁵³⁷ ». Selon un glissement analogue, la science économique a pour sa part progressivement réalisé la transmutation de la moyenne en valeur, faisant de cette dernière à la fois la « cause finale » et la « cause essentielle » des variations de prix. Le tâtonnement walrasien est tout entier guidé par cette conception d'une valeur sous-jacente agissant comme attracteur et force de rappel

⁵³⁴ On observera que la décorrélation temporelle s'accompagne généralement de phénomènes de re-corrélation spatiale (c'est-à-dire entre les actifs, notamment d'une même famille)

⁵³⁵ Pierre BALLEY, cité par [Orléan, 1999], p. 119.

⁵³⁶ Cité par Walter [2013], p. 175.

⁵³⁷ Walter [2013] conjecture même une influence de Quetelet sur la vision de la *normalité de la moyenne* chez Regnault.

nécessaire. La valorisation des opérations produite par des heuristiques de Monte Carlo en est une autre illustration : à partir d'une distribution *valable*, il s'agit de simuler une infinité de trajectoires aléatoires cohérentes qui sont autant de réalisations futures potentielles censées, en moyenne, converger vers l'espérance de valeur future de l'actif considéré.

De surcroît, la démarche prudentielle des instances de régulation financière a induit une cristallisation de la prééminence du concept de « Juste Valeur » (*Fair Value*), considérant d'une part que les marchés doivent être les lieux de réalisation effective de celle-ci, et estimant d'autre part que cette dernière doit pouvoir être établie et fixée par les agents à tout instant et sans obstacle. Dans cette optique, la valeur apparaît non plus seulement comme une « convention » commode de coordination mimétique entre agents – exposée par les mécanismes du marché – mais se voit institutionnalisée en tant que « référence ». Du point de vue des mécanismes d'ajustements quantitatifs prudentiels, la Juste Valeur vient se substituer – en tant que grandeur liquidative – à l'approche par le « coût historique » [Aglietta et Rebérioux, 2004] dont le recours reste fréquent en comptabilité non financière.

Ce caractère opératoire central est à notre sens en mesure d'éclairer le constat établi par Orléan [2012] selon lequel, bien que la valeur économique puisse être considérée comme étant du même ordre que les *autres* formes de valeurs (la religion, la morale, etc.), c'est-à-dire concevable en tant que produit référentiel de contingences socio-historiques, elle est la seule d'entre toutes à ne pas avoir été fondamentalement déconstruite par les sciences sociales triomphantes dans le contexte de la post-modernité. Dans la continuité de la critique émise par Orléan à l'endroit de la valeur considérée comme une croyance bien établie par le « prestige » dont jouit la méthode économique, il nous paraît nécessaire – dans l'optique d'une épistémologie rigoureuse des processus de marché – de défaire *a minima* le paradigme établissant la primauté de la valeur sur le prix.

7.3. Du hiatus entre prix et valeur

En vertu de la dichotomie défendue par Keynes, une action se constitue à la fois comme « capital immobilisé », capital dont l'analyse fondamentale se veut proposer une méthode de définition de la valeur au travers de l'actualisation des flux futurs escomptés, et comme « actif liquide » dont la quantification résulte des interactions spéculatoires d'agents basées sur leurs anticipations largement auto-référentielles de la valeur à venir. On peut aisément étendre cette distinction à tout

actif valorisable en considérant que – dans des proportions variables – l’une et l’autre composantes participent de la constitution de la valeur perçue à un instant donné.

Dans le cadre du paradigme néo-classique, la valeur n’est autre que ce que le marché permet de découvrir par le jeu du système de prix, mettant en confrontation permanente des agents aux intérêts contradictoires et animés par des besoins (la théorie traitant plus volontiers « d’utilités ») différenciés. Le tâtonnement walrasien correspond à une phase transitoire au cours de laquelle le prix converge vers la valeur qui caractérise le sous-jacent ; en d’autres termes, celle-ci apparaît comme l’hypostase directrice et nécessaire de celui-là. Cette perspective considère la valeur comme une « substance » qui préexisterait au marché et qu’il s’agirait de révéler par son truchement. Or, relevant de deux dynamiques disjointes, prix et valeur coexistent sans nécessairement coïncider ; la théorie de la « valeur substance » nous paraît, avec Orléan, tenir d’une « illusion fétichiste » [Žižek, 2003] aussi fallacieuse que pernicieuse. Il nous semble notamment tout à fait inadéquat de dénier la dimension spéculative inhérente au processus de fixation des prix par les marchés, car cette dernière dérive *a minima* des dynamiques d’anticipations stratégiques (donc auto-référentielles) qui animent les agents économiques.

Nous avons jusque-là envisagé le prix selon une perspective essentiellement phénoménologique, en tant que « trace » des processus économiques et financiers. Quant à la valeur, nous l’avons essentiellement circonscrite à sa forme mathématisée définie selon les critères calculatoires de l’orthodoxie théorique. Si les processus transactionnels paraissent *conformes*⁵³⁸ à des processus stochastiques du point de vue de leur descriptibilité générique, ils n’en dérivent pas moins nécessairement d’un certain lien d’adhérence à un substrat tangible relatif à un bien ou à un service dont la détention doit être – dans une logique économique – quantitativement *compensée*, la compensation quantifiant en quelque sorte l’immobilisation de capital consentie à cet effet. C’est à notre sens ainsi que l’on peut en premier lieu le plus adéquatement aborder la notion de valeur « fondamentale ». Il suffit en effet qu’un actif puisse présenter un usage valorisable (« de jouissance ») pour que sa seule détention permette d’en établir sa valeur dite fondamentale. Dans le cas évident de la propriété d’une action, le capital investi est le soubassement d’un processus productif, lequel définit en retour la « valeur actuelle » de l’actif acquis. Une matière première « vaut » parce qu’elle est en soi désirable du point de vue de son usage, en tant que bien de consommation, et plus marginalement dérive une partie de sa valeur d’un processus subséquent de production en aval. Mais dans l’un et l’autre cas, tout ou une partie de la composante de « valeur » émane primordialement du niveau des revenus connus ou

⁵³⁸ Étant entendu que la « conformité » dont il est question n’est que toute relative, teintée des multiples objections que nous avons adressées à son égard dans le présent exposé.

estimés en anticipation que la détention de tels actifs permettra. Autrement dit, la composante « fondamentale » s'inscrit dans une temporalité uniquement projective et ne soucie guère du passé, tout entier reflété dans l'état présent amené à se déformer (vision de type « bilancielle »). Comme nous l'avons vu, le paradigme néo-classique dénie que le hiatus que nous décrivons entre prix et valeur soit pertinent ; il n'est en effet naturellement pas amené à penser la composante « spéculative » du prix. L'*homo æconomicus* est réputé à même de débusquer la valeur fondamentale sous la surface des choses, ou tout au moins de participer à sa découverte à partir de l'expression rationnelle de son utilité individuelle. Il n'est pas situé socialement et ne tient pas compte de mécanismes d'ordre stratégique, intrinsèquement incertains et hypothétiques du point de vue de leurs dynamiques. C'est ce qui permet à la modélisation orthodoxe de situer ses observables dans une anhistoricité commode et de penser ses processus selon une perspective markovienne.

Le hiatus fondamental qui réside entre prix et valeur n'est pas simplement théorique ; il est potentiellement conditionnant d'un point de vue phénoménologique. Ainsi Blanchard et Watson [1984] ont-ils montré que l'écart quantitatif entre l'évaluation fondamentale *raisonnable* d'un actif et sa résultante spéculative en matière de prix est l'un des moteurs puissants des manifestations critiques, à l'origine de ce que les auteurs nomment les « bulles rationnelles ». Pour ces raisons, dans la suite de notre exposé, nous dissocierons ces deux notions et poserons le primat du prix sur la valeur.

7.4. Le prix comme pseudo-mesure

7.4.1. Caractéristiques générales de la mesure

L'opération de mesure est essentielle à la démarche d'appréhension du monde par la science. Elle constitue la liaison entre la théorie mathématisée et le substrat de réalité que cette dernière cherche à appréhender ; elle permet aussi la confirmation empirique de nature inductive dans le cadre du renforcement expérimental. La mesure consiste trivialement à associer une valeur ou un spectre de valeurs, voire un couple de type $\{valeur ; incertitude\}$ à un processus *naturel* ou technique. Cette dernière acception, plus large, enrichit la mesure par un élément de méta-mesure : l'intervalle de confiance quantifiant la précision estimée, c'est-à-dire le degré d'incertitude introduit par l'instrumentation utilisée autant que par l'acte métrologique lui-même.

On peut justement comprendre la dichotomie bachelardienne entre sciences expérimentales « actives » et sciences de l'observation « passives » du point de vue du rôle de la mesure vis-à-vis de son support phénoménal. Dans le premier cas, la mesure peut être perçue comme intra-

théorique, car elle permet la répétabilité de l'empirie par la fixation d'un étalon invariant. Si elle peut perturber les conditions de l'expérience menée, l'aléatoire qu'elle induit reste néanmoins de nature bénigne⁵³⁹, c'est-à-dire statistiquement appréhensible. *A contrario*, les sciences du vivant et à plus fort titre les sciences humaines supportent mal la mesure, par le fait même que cette dernière altère leur cheminement historique *naturel*. La non-ergodicité des trajectoires d'observables non substituables rend la mesure intrinsèquement instable, et parce qu'elle est extra-théorique, elle peut s'avérer malencontreusement (dans une perspective de contrôle expérimental) décisive quant à la destinée du système étudié. Là où les sciences « actives » s'accommodent aisément de l'incertitude introduite par la mesure, les sciences passives doivent y prendre garde et se tenir souvent à une certaine « distance » de leur matériau d'analyse⁵⁴⁰. L'opération de « segmentation » spatiale (délimitation d'un périmètre d'étude) et temporelle (fixation d'un temps d'observation et d'une fréquence de mesure) vise à faire tendre la méthode des sciences « passives » vers celle des sciences « actives ». Elle opère par « symétrisation » aussi bien en biologie [Montévil, 2019] qu'en finance de marché, c'est-à-dire en considérant les objets qu'elle manipule comme commensurables en nature et en espèce, au mépris de leur historicité constitutive.

On ne peut en outre faire comme si l'on avait affaire à des lois *ceteris paribus* aisément reproductibles et résilientes à la stochasticité du « bruit » environnant. Quand l'occurrence d'un événement *X* est suivi par un changement de valeur ou de distribution de probabilité *Y* au sein d'un système alors qu'un ensemble de grandeurs dite d'erreur considérées comme négligeables reste invariant, on parle plus précisément de lois *ceteris neglectis* [Boumans et Morgan, 2001]. Ces dernières sont usuelles dans le cadre circonscrit des sciences de l'inerte, mais sont loin de prévaloir hors de ce strict périmètre.

Le mesurage nécessite l'emploi d'instruments *techniques*, à la fois situés à l'interface entre le matériau étudié et le modèle à valider et constituant un élément à part entière du dispositif expérimental global. L'instrument de mesure s'établit alors en tant que « théorie matérialisée » [Bachelard, 1938]. En revanche, ainsi que nous l'avons vu, lorsque l'observation perturbe ses observables, comme c'est le cas en sciences humaines, il advient que la mesure déborde le cadre de ce que la théorie peut circonscrire, pour devenir un élément extra-théorique dont les impacts altèrent irrémédiablement le réel hors de toute descriptibilité rigoureuse [Watzlawick, 1976]. Le choix de la mesure en sciences humaines n'est donc pas neutre d'un point de vue épistémologique, il peut au contraire s'avérer « conditionnant ».

⁵³⁹ Hors du cadre quantique.

⁵⁴⁰ En biologie par exemple, la mesure est bien souvent perturbatrice, soit parce qu'elle influence les conditions de déroulement *naturel* des phénomènes et objets vivants étudiés, soit parce qu'elle les « dé-naturalise » (acte de dissection par exemple).

Toute opération de mesurage opère une « synthèse » des objets ou phénomènes qu'elle appréhende, en ce sens qu'elle peut rendre compte – par le biais de variables de quantification – de l'infinie complexité des manifestations du réel. Cette synthèse est d'ordre projectif, depuis l'espace protéiforme des événements vers les espaces normés de la mesure : « peu importe le nombre d'événements imprédictibles impactant le marché, le « monde » des actifs cotés consistera toujours en une collection de prix⁵⁴¹ » [Ayache, 2010]. La distinction formelle entre le monde et l'espace projectif des prix fonde en partie la stabilité structurelle de ce dernier⁵⁴². Pour autant il ne s'agit pas d'une dissociation stricte dans la mesure où le système de prix agit récursivement sur le monde, dont il est une composante à part entière. Les prix d'instruments dérivés étendent en outre l'espace projectif des prix d'actifs sous-jacents d'autant de dimensions que la cardinalité des risques l'impose⁵⁴³. Ces dimensions ne sont pas orthogonales à l'espace des prix d'actifs cotés ; la nécessité de cohérence en termes de calibration (condition de non-arbitrabilité) impose en effet d'en revenir aux prix d'instruments de dimensionnalité inférieure (ou égale). Ayache [2010] qualifie cette imbrication inter-dimensionnelle « d'enchâssement » (*nesting*).

7.4.2. La mesure en finance et en économie

La « métrologie » affiche des liens historiques intimes avec la discipline économique. Les travaux de Paucton [1780], comme ceux, plus anciens de Simon Stevin aux XVI^e et XVII^e siècle, en témoignent, ayant conjointement traité des questions relatives aux « poids, mesures et monnaies ». Mais cette proximité n'a pas duré et l'économie s'est rapidement dissociée de la métrologie [Duprat, 1995], ainsi qu'en atteste l'aveu public d'impuissance de Condorcet face à l'insigne difficulté qui consiste à comprendre et mesurer l'effet « des forces qui agissent sur la tête du commerçant le plus borné⁵⁴⁴ ». Il faut attendre la proposition marginaliste pour que l'économie s'établisse véritablement en tant que science et réintègre par là même une perspective métrologique à son corpus méthodologique. Rejetant le relativisme d'une approche uniquement observationnelle, voire *naturaliste*, de la discipline, Léon Walras considère qu'il est possible de

⁵⁴¹ « No matter how many unpredictable events hit the market, the « world » of the underlying share would always consist of the array of prices » (traduction personnelle).

⁵⁴² Il importe là de préciser qu'il n'est pas nécessairement question d'une réduction épistémique, dans la mesure où celle-ci peut se révéler être le produit d'un écheveau d'interactions et de rétroactions à ce point dense qu'il est vain de prétendre pouvoir en décrire la nature autrement. La mesure se rend alors performative et en plus d'être conditionnante, elle devient « constituante », en tant qu'élément à part entière du système au sein duquel elle s'insère. Elle cesse alors d'être un simple étalon juxtaposé aux choses ou en surplomb de ces dernières, et acquiert une véritable dimension phénoménologique.

⁵⁴³ Nous disons là par exemple qu'une option « cliquet » accroît la dimensionnalité de l'espace de réception des risques qui émanent directement de la nature de l'instrument, autrement non pertinent dans la seule perspective des cotations d'actifs sous-jacents ; en l'espèce il est ici question de *Vomma* (volatilité de la volatilité) et de *Smile Forward* par exemple.

⁵⁴⁴ Cf. la citation de Condorcet mentionnée *in extenso* en Partie 2.5.2 – « Conditions de prédictibilité au sein des systèmes anthropiques ».

comprendre l'interaction d'échange entre deux marchandises par l'intromission du concept d'utilité, que l'on peut pour sa part dûment soumettre à la mesure [Walras, 1874] :

Il semble qu'ici je quitte décidément le terrain scientifique pour m'égarer sur celui des éléments non susceptibles de calcul ; j'espère faire voir que non. Des deux éléments que je viens d'énoncer, il y en a d'abord un qui est parfaitement appréciable : c'est la quantité de chaque marchandise possédée par chaque porteur. À la vérité, il y en a un autre qui n'est ni avec l'espace ni avec le temps dans un rapport direct et mesurable : c'est l'utilité de chacune des deux marchandises pour chacun des échangeurs. Il semble donc au premier abord que, pour cette raison, nous devions nous arrêter. Mais non : cette circonstance, qui s'opposerait évidemment à toute application numérique, ne s'oppose nullement à une expression mathématique pure et simple. En physique, en mécanique, on fait entrer dans les calculs des éléments comme les masses, par exemple, qui ne sont pas non plus directement mesurables. Usons du même procédé. Supposons, pour un instant, que l'utilité soit susceptible d'une mesure directe, et nous allons pouvoir nous rendre un compte exact et mathématique de l'influence qu'elle exerce, concurremment avec la quantité possédée, sur les courbes de demande et, par suite, sur les prix.

Je suppose donc qu'il existe *un étalon de mesure de l'intensité des besoins*⁵⁴⁵, ou de l'utilité intensive, commun non-seulement aux unités similaires d'une même espèce de la richesse, mais aux unités différentes des espèces diverses de la richesse.

Conscient que la quantité de marchandise ne suffit pas à elle seule à fonder la structure du système des prix, Walras cherche là en fait à objectiver autant qu'à unifier l'effet des désirs et besoins des agents économiques pour en dériver les lois gouvernant l'équilibre des dynamiques d'offre et de demande en situation de Concurrence Pure et Parfaite. L'utilité vaut donc avant tout pour son caractère opératoire. Dans cette approche, le prix révèle à rebours l'utilité autant que l'expression et la confrontation des utilités *forme* le prix. On peut considérer que le prix constitue une mesure de l'utilité, qui est elle-même une mesure de l'« intensité des besoins » des agents, ainsi qu'une mesure de la rareté, que l'on peut à son tour voir comme une mesure directe de la quantité des biens mis en marchés. Le prix, dans une perspective marginaliste, peut donc, à notre sens, être considéré à double titre comme une méta-mesure.

Si l'approche néo-classique comporte une dimension métrologique insigne, elle n'est historiquement pas la première. La théorie classique de la « valeur-travail » – selon laquelle la

⁵⁴⁵ Nous mettons en exergue.

valeur d'une marchandise serait une émanation de son coût de production – relève d'un postulat implicite établissant synthétiquement la valeur comme jauge d'une quantité d'effort effectivement déployée. Il s'agit aussi d'une vision « fondamentaliste » et objectivante de la valeur qui conduit à concevoir cette dernière comme une mesure juste et atteignable. Le prix pourrait être ainsi considéré comme une mesure empirique entachée d'une marge d'erreur bénigne car contingente autant que moyennable. Il n'est pas question de méta-mesure dans l'articulation prix-valeur de la théorie classique, mais d'une vision du prix ancrée dans les représentations d'une tradition galiléenne de convergence nécessaire entre un réel observable fait de variabilités phénoménales (mécanique comme science du mouvement) autant qu'artéfactuelles (justement liées à l'acte expérimental), et un faisceau de lois et de formes stables qui lui serait sous-jacent.

Il en va encore autrement hors du champ balisé de l'orthodoxie économique. Comme nous l'avons vu, la notion de valeur y est à dissocier de celle de prix. Elle est à entendre, selon nous et dans le cadre des marchés organisés, comme la *manifestation (projective sur l'espace valeur-temporel⁵⁴⁶), à chaque instant actualisée, de l'anticipation raisonnable⁵⁴⁷ des agents vis-à-vis des valeurs futures qu'ils observeront, sous contrainte d'évolution des prix des marchandises connexes⁵⁴⁸*. Quant au prix, il serait *la transcription sur ce même espace de l'acceptation ou de la capacité des agents à réaliser une transaction compte tenu de leurs représentations propres de la valeur*. Il convient de dépasser les conceptions éculées de *mesure juste* ou de *méta-mesure*, trop restrictives pour prétendre qualifier adéquatement la phénoménalité complexe des processus de marché. Les marchés sont les institutions autant que les « lieux » au sein desquels la dynamique transactionnelle s'établit, par le truchement du système organisé des prix.

Les prix advenus sont à distinguer des prix potentiels. Ceux-ci forment avec les quantités offertes ou demandées les *carnets d'ordres* et traduisent les positionnements publiquement exprimés des agents vis-à-vis de transactions probables ou escomptées⁵⁴⁹ ; ceux-là relèvent *a contrario* d'opérations réalisées, cristallisées au sein des chroniques transactionnelles. S'il y a mesure, il ne saurait s'agir que de mesure duale, à tout instant autant potentielle qu'actuelle. La potentialité que nous évoquons est à la fois explicite et implicite, elle est issue non seulement de la réunion des engagements univoques d'un ensemble d'agents, mais aussi d'un amas tacite et

⁵⁴⁶ Il serait plus juste de considérer cet espace bi-dimensionnel muni d'une sorte de « filtration » qui est l'échelle discrète des quantités négociables pour un actif donné.

⁵⁴⁷ Par « raisonnable », nous entendons raisonnée et en vertu d'une rationalité stratégique imparfaite.

⁵⁴⁸ Nous qualifions de « marchandise connexe » tout bien ou service, partiellement ou totalement substituable en utilité et en usage à la marchandise considérée. La substituabilité que nous évoquons ici est à entendre dans son acception la plus large : elle peut signifier qu'un bien intervient dans le processus de production d'un autre, ou que les utilités de deux marchandises s'équivalent. La connexité des marchés relie les marchandises entre elles par un lien de cohérence et de concurrence *éconosystémique*.

⁵⁴⁹ On parle là « d'ordres placés » au sein du carnet.

fondamentalement ambigu d'intentions *extra-marchandes* : les ordres cachés⁵⁵⁰, réflexes⁵⁵¹, conditionnés⁵⁵², etc. En ce sens, les représentations susdites comportent une dimension référentielle stratégique essentielle dont le prix est l'instrument principal d'expression autant que le support.

On peut dire du prix qu'il est le *medium* des interactions transactionnelles autant que leur finalité. De la mesure, il a l'apparence, mais sa portée épistémologique excède largement le champ métrologique. On s'y référera donc en tant que « pseudo-mesure », considérant qu'il est la projection quantitative sans cesse actualisée et actualisable d'un processus émergent complexe, sans pour autant dénier les composantes performatives qu'il recèle. Il partage avec l'opération physique singulière que constitue la mesure quantique les caractéristiques d'incertitude par la perturbation et de descriptibilité intrinsèquement probabiliste. En revanche, les matériaux pris pour objet dans l'un et l'autre cas divergent grandement au niveau de leurs symétries comme de leur historicité. En science de la nature, les périodes isotopiques de « demi-vie » sont par exemple des invariants de loi statistique connue dont les probabilités constitutives (de désintégration) ne dépendent pas du temps. Il n'en est rien dans le cadre des processus historiques que nous étudions.

Enfin, comme le souligne Longo [2016] au sujet du vivant : s'il y a mesure, il ne peut s'agir que de mesure diachronique, là où les sciences physico-chimiques jouissent des commodités de la répétabilité ergodique leur permettant une mesure synchrone⁵⁵³. Dès lors que l'on s'intéresse à un biolon particulier dans une perspective phylogénétique, l'expérience participe *ipso facto* de son historicité propre. Il en va à notre sens de même dans le champ des intégrons économiques.

7.4.3. Loi de Goodhart et renversement de la pseudo-mesure

Dans sa dimension référentielle, le prix, envisagé comme « pseudo-mesure », influence par ses propres variations les anticipations des agents [Schleifer, 2000]. Les mécanismes de mimétisme qui se déploient au niveau de ses soubassements sont à l'origine des phénomènes tendanciels « d'euphorie » et de « panique » que nous avons précédemment évoqués. Pour Orléan [2011], « le prix a la puissance d'une norme », c'est-à-dire qu'il peut conditionner les processus décisionnels à un niveau fondamental, régissant en partie les comportements et stratégies des agents.

⁵⁵⁰ La plupart des marchés organisés d'instruments financiers permettent le placement d'ordre de type « iceberg » en partie masqués et dont le déclenchement automatique dépend d'événements préconfigurés.

⁵⁵¹ On parlera d'ordre réflexe lorsque l'intention d'un agent est le fruit d'une réaction non préméditée, voire opportuniste, à un événement de marchés.

⁵⁵² Les décisions relatives à des saillances sont de ce type.

⁵⁵³ Nous raisonnons ici hors du champ des systèmes chaotiques qui supportent mal la mesure, sauf en-deçà de leurs périodes caractéristiques et pour des mesures *suffisamment précises*.

Cette norme a ceci de singulier qu'elle n'émane pas de la décision souveraine d'une institution, mais « émerge » de la confrontation non coordonnée des visions du monde des agents, que permettent les marchés considérés comme formes institutionnelles particulières. De prime abord, on pourrait estimer que, de ce fait, le prix échappe à la Loi de Goodhart en vertu de laquelle « dès lors qu'une mesure devient un objectif, elle cesse d'être une bonne mesure⁵⁵⁴ ». En pratique, il n'en est rien, car les marchés, du seul fait de leur inféodation au monétarisme politique, fonctionnent en cohérence⁵⁵⁵ avec l'évolution intentionnelle des grands agrégats économiques tels que les taux directeurs décidés par les banques centrales. En outre, l'encadrement systémique prudentiel induit une autre forme de canalisation orientante, de même que le sont les prévisions d'experts ainsi que les morphologies graphiques « chartistes ». Enfin, en raison de l'apparente transcendance de la « main invisible » des marchés, les agents tendent à conférer à ces derniers des attributs de *vérité*⁵⁵⁶, négligeant ou sous-estimant le degré de contingence qui les anime.

La Loi de Goodhart nous paraît applicable aux prix et quantités d'actifs envisagés en tant que pseudo-mesures dès lors que des tiers souhaitent leur assigner des « objectifs » d'orientation macro-économique. Dans les pires des cas, la mesure s'effondre en vertu de la dynamique particulière d'effets *paradoxaux* de type « Cobra », qui se produisent quand la mise en application d'une solution envisagée face à un problème entraîne une aggravation de ce dernier⁵⁵⁷. Lorsque les autorités nippones ont par exemple annoncé en 2012 leur volonté de soutenir les prix d'actifs (mesurés par la valeur l'indice Nikkei), ils ont par là même entraîné le délitement de cette grandeur en tant que pseudo-mesure de la vigueur économique, en raison notamment de l'appel implicite à l'opportunisme mimétique que cette décision a sous-tendu. D'une manière générale, toute mesure de risque induit en fait une altération de la perception des agents [Danielson, 2009] qui l'intègrent à leur système de représentation du monde, en plus d'imposer une polarisation et un découpage particuliers du réel à partir duquel le risque émerge.

Par ailleurs, la métrologie économique a ceci de singulier qu'elle masque l'erreur dont elle peut être entachée par « l'exactitude comptable » qu'on lui confère. Elle donne souvent l'illusion d'être infiniment précise alors qu'elle est généralement produite par des « méthodes vagues » [Bachelard, 38]. Lorsqu'il est à tort assimilé à la valeur et occulte l'incertitude intrinsèque qui l'affecte, le prix souffre de ce travers commun à toute mesure dans le champ de l'économie. Mais, considéré dans le cadre de ses déterminants ontologiques propres, c'est-à-dire en tant que pseudo-

⁵⁵⁴ « *When a measure becomes a target, it ceases to be a good measure.* » (traduction personnelle), initialement formulée de la sorte : « *As soon as the government attempts to regulate any particular set of financial assets, these become unreliable as indicators of economic trends.* »

⁵⁵⁵ Ce propos mérite d'être replacé dans le contexte de notre exposé, c'est-à-dire en considérant que ladite cohérence ne s'observe que fréquemment, et lors des phases de pseudo-stabilité.

⁵⁵⁶ Voir partie suivante : « Le prix et ses atours de vérité ».

⁵⁵⁷ L'expression date de la période d'occupation de l'Inde par l'Empire britannique. Voir Levitt et Dubner [2016].

mesure, le prix tire sa « véracité » de la performativité de son processus de production. Il ne serait alors exact que parce qu'il ne saurait être autre. Dans cette optique, il faut se résoudre à la position bachelardienne qui fonde l'« esprit scientifique », en vertu de laquelle rechercher la précision toujours plus importante d'une (pseudo-)mesure intrinsèquement imparfaite et contingente est une gageure. Il convient de se prémunir de l'« émeute de détails⁵⁵⁸ » qu'engendrerait une telle démarche, en prônant l'alternative d'une réflexion portant sur les conditions et les limites de l'acte de mesurage, autant que sur son ancrage dans un substrat éminemment social. Il s'ensuit une phénoménotechnique particulière reconnaissant dans la dynamique des prix la manifestation d'une technique à la fois conditionnante et perturbatrice.

7.5. Croyances et perturbations dans la formation des prix

7.5.1. Le prix et ses atours de vérité

Le prix quantifie autant qu'il guide les échanges, il est le *medium* permettant la circulation de la richesse au sein du corps social, au travers de ses trois modalités principales : la rente de capital, le salaire et le profit [Jorion, 2010], modalités qui se déclinent toutes relativement à un niveau de risque consenti propre. La portée des mécanismes transactionnels est devenue telle que le système marchand organisé selon les principes et méthodes de la finance institutionnalisée semble aujourd'hui figurer comme l'une des plus puissantes, si ce n'est « la plus puissante doctrine qui gouverne les comportements de tous les humains » [Bouleau, 2018]. Elle pose donc, au même titre que toutes les doctrines anthropologiques qui l'ont précédée, la question de la nature de son rapport à la vérité, condition même de son acceptabilité historique. Nous nous proposons ici de traiter cette question en nous intéressant à ce que le prix laisse transparaître de la « vérité » de ses processus sous-jacents.

Jorion considère que la vérité, comme le prix, constituent deux concepts transcendants essentiels de nos sociétés contemporaines, l'un ayant trait à la valeur des idées, l'autre à celle des choses. Cette idée est ancienne ; on peut la retrouver chez Aristote déjà, pour lequel prix et vérité relèvent d'un même modèle explicatif, celui de l'*analogia*, ou justes proportions entre deux items (deux *logon*). C'est d'une forme d'égalisation⁵⁵⁹ d'entités préalablement disjointes, mais aptes à converger afin que puisse naître la vérité ou le prix. On comprend dès lors mieux la prégnance de la science vue comme système de vérité et de l'économie vue comme système de prix, au sein de

⁵⁵⁸ *Ibid.*, p. 255.

⁵⁵⁹ Sans doute le néologisme « égalisation » siérait-il mieux à l'argument que nous développons. Il s'agit bien de déterminer les conditions d'un échange équitable satisfaisant chacune des parties pour que le lien puisse opérer.

nos sociétés contemporaines. Là où celle-ci vise communément la recherche de la juste valeur sous-jacente, celle-là s'attache – dans une optique rationaliste – à circonscrire la réalité objective qui se terre parfois sous la surface phénoménale des choses et des faits.

Il s'ensuit une autre forme de proximité entre les notions de vérité et de prix, de l'ordre de la similarité conceptuelle. Le prix apparaît selon nous moins comme une modalité particulière du vrai, qu'en tant que concept adjacent procédant en vertu d'une certaine proximité quant à ses tenants et effets anthropologiques et sociaux.

On peut, avec Soler [2009] établir la vérité d'une proposition générale selon trois critères. Le premier, de nature empirique, est celui de la correspondance de son énonciation à une réalité d'ordre extralinguistique. Il reviendrait, dans le cadre de notre problématique, à questionner l'adhérence des prix formés à ce qui serait une synthèse adéquate des intérêts individuels et à l'optimalité des répartitions de marchandises induites par les mécanismes de marchés. Il s'agit là d'une discussion que nous avons menée par l'étude de l'hypothèse d'efficience dans sa dimension allocative⁵⁶⁰ notamment.

Le deuxième critère est endogène et de nature logique, il consiste à considérer qu'un énoncé est vrai s'il est cohérent, c'est-à-dire qu'il ne présente aucune contradiction formelle. Du fait de sa composante performative, le prix paraît se déjouer de ce critère de vérité : tout énoncé le caractérisant relève d'une cohérence en quelque sorte garantie par le fait que le prix soit advenu. Dans sa conception classique, la divergence entre le prix d'un actif et sa « valeur » peut néanmoins témoigner d'une rupture de cohérence. Dans l'approche hétérodoxe contemporaine que nous défendons, si le prix advient, c'est qu'il correspond à la manifestation d'une interprétation plus ou moins partagée des informations disponibles. Nous estimons que ledit critère de cohérence est réductible à la double problématique suivante : (Proposition 1) *Le système de prix est-il en mesure de compenser l'asymétrie d'information entre les agents ?* Autrement dit, les intervenants de marchés décideraient-ils des mêmes modalités transactionnelles, selon des modalités identiques, s'ils bénéficiaient d'une information plus complète, voire parfaitement complète (considérant une filtration de rang supérieur ou maximal au sens de l'inclusion, en termes mathématiques) ? (Proposition 2) *Certains prix sont-ils inadéquats, au sens de non consistants entre eux ou vis-à-vis d'une « grandeur » de référence ?* La Proposition 1 a été débattue dans le cadre de notre discussion sur l'efficience informationnelle ; la Proposition 2 relève de l'arbitrabilité effective des marchés⁵⁶¹ et du rapport à la valeur dont nous avons traité plus haut.

⁵⁶⁰ Voir Partie 6 – « Relecture épistémologique de l'hypothèse d'efficience ».

⁵⁶¹ *Id.* pour ces deux propositions.

Enfin, le troisième critère que nous retenons avec Soler est celui de la forme faible du consensus, qui établit la vérité non plus sur la base de considérations opératoires ou logiques, mais à partir d'arguments d'ordres socio-anthropologiques⁵⁶². Le consensus à l'œuvre en économie est d'abord un consentement, à la fois collectif (le marché comme institution) et individuel (pour les agents s'y référant de leur plein gré, dans le souci de leurs intérêts propres). Selon les mots d'Austin [1950], « il faut être deux pour établir une vérité⁵⁶³ » ; c'est par le truchement du lien inter-individuel et de l'échange librement accepté que le prix comme la vérité s'établissent.

Le système de prix a ceci en commun avec la démocratie : l'un et l'autre sont nés dans la modernité et se sont imposés avec la post-modernité, en tant que modalités sociétales libérales ; et si l'un et l'autre sont régulièrement politiquement questionnés, ils n'en restent pas moins hégémoniques, faute d'alternative dont on aurait prouvé la supériorité opératoire. Par ailleurs, l'économie de marché financiarisée tire sa légitimité d'un enracinement historique profond et actualisé ; elle ne procède pas d'une rupture conceptuelle – ainsi que la *doxa* le conçoit parfois. Comme le souligne Jorion [2010], la finance étend en fait le modèle ancien du rapport de métayage où un propriétaire foncier choisit de partager le risque de perte d'exploitation de ses terres de même que les gains afférents en vertu d'un accord contractualisé *ex ante* entre les deux parties. Cette association singulière s'oppose aux modes asymétriques de collaboration que sont la location (le loueur accepte de céder la pleine jouissance risquée de l'exploitation de ses biens en contrepartie d'une rente prédéterminée) et l'emploi à la tâche (auquel cas l'employé ne supporte aucun risque mais ne bénéficie d'aucune opportunité, il est simplement rémunéré à hauteur de l'effort qu'il fournit). Le capitalisme financiarisé a bien transposé ces interactions économiques existantes dans la relation entre un investisseur, détenteur (physique ou moral) de capital et un métayer devenu entrepreneur ou gérant d'entreprise ; ainsi l'investissement obligataire⁵⁶⁴ dérive-t-il de la location, le salariat de l'emploi à la tâche et l'actionnariat du métayage. C'est là, à n'en point douter, un ressort fort de maintien du consensus.

7.5.2. Du rôle génératif des subjectivités

La proximité conceptuelle entre prix et vérité peut être utilement complétée par l'analyse des formes de *subjectivités* à l'œuvre au cours du processus de formation des prix. Les prix traduisent – selon un mode projectif⁵⁶⁵ – les complexités d'un entrelacs de processus de marché sous-jacents,

⁵⁶² Comme le mentionne Lyotard [1979] à propos de la redéfinition des critères post-modernes de légitimité du discours, reprenant là les analyses d'Habermas.

⁵⁶³ « *It takes two to make a truth* », cité par Jorion [2010], p. 14 (traduction personnelle).

⁵⁶⁴ Ou plus généralement l'investissement dans tout actif de type *fixed income*.

⁵⁶⁵ Ainsi que nous tâcherons de le montrer en Partie 7.4. – « Le prix comme pseudo-mesure ».

que nous avons qualifiés en termes d'émergences, ces dernières s'établissant à partir de mécanismes éminemment autoréférentiels et *rationnellement imparfaits* (au sens de notre Proposition première). Tirole [2016] rappelle, en réactualisant le paradigme de rationalité limitée de Simon [1957], que l'agent économique est un *homo psychologicus* dont les décisions sont affectées par de multiples biais d'ordres cognitif ou psychologique et dont l'action est par exemple parfois sujette aux vicissitudes de la procrastination. De là peuvent naître des phénomènes de fixation situationnelle irrationnels, voire fallacieusement déterminés du type de ceux à l'œuvre dans les équilibres de « tâches solaires » décrits par Jevons [1878] et dont nous déjà rendu compte.

Dès la fin du XIX^e siècle, Veblen [1899] remet en cause le postulat fondamental de la loi de l'offre et de la demande selon lequel la demande pour un bien baisse nécessairement quand son prix augmente, en montrant que des considérations d'ordre social peuvent parfois primer sur la *rationalité* économique. Le parti pris de l'individualisme méthodologique défendu par les approches orthodoxes néglige la spécularité des interactions, en réduisant ces dernières à des liens *collisionnels* précaires au sein d'un environnement constituant un cadre extra-théorique neutre et bruité. Or, la possession physique de biens en économie, comme la manifestation d'une conviction d'expert en finance comportent une part de mimétisme et de conformation à autrui, dont il est impossible de rendre compte autrement qu'en considérant les effets de type « Veblen⁵⁶⁶ » en des termes de *réflexes sociaux*, permettant – dans une optique évolutionniste – la minimisation de l'effort consenti (en matière de recherche d'information) ou du risque d'erreur (quant au prestige qu'assure la valeur perçue par le plus grand nombre). Dans cette optique, la valeur se fait génératrice de désir et récursivement le désir manifesté établit en retour la valeur ; les biens liquides se trouvent de la sorte « désirés parce qu'ils valent, et ils valent parce qu'ils sont désirés »⁵⁶⁷. Exprimé encore autrement, il s'ensuit que la valeur perçue guide le prix et que le prix confirme la valeur.

La science économique appréhende ordinairement l'histoire en tant que « connaissance rigoureuse du passé » [Marou, 1959], l'historicité étant alors entendue dans son acception de *Geschichtlichkeit*, c'est-à-dire formée d'une collection d'événements effectivement advenus dont on peut *prouver* la nature. Cette conception « scientifique » de l'histoire s'oppose trivialement à ce qui relève de la construction narrative : les récits fictionnels, les contes, la tradition légendaire. Il nous semble que cette articulation ne doive pas être considérée selon les modalités stériles de l'antagonisme, mais selon celles de la complémentarité. Le fictionnel participe du

⁵⁶⁶ L'effet Veblen se manifeste quand les consommateurs privilégient des biens plus onéreux par rapport à d'autres marchandises équivalentes (au sens de substituables mais non identiques). Cet effet matérialise la croyance selon laquelle un prix plus élevé témoigne d'une qualité supérieure, ou trahit une recherche de « prestige » social. L'auteur évoque une « consommation ostentatoire » [Veblen, 1899].

⁵⁶⁷ Orléan [2012], p. 228.

conditionnement inconscient des agents, notamment dans leurs décisions réflexes les plus intimement constituées. Il prépare en outre leur sensibilité dans la formation de nouvelles croyances : la capacité d'adhésion à une saillance, par exemple, ne figure pas dans la fonction d'utilité d'un individu, mais s'établit en réponse à un ensemble d'expériences vécues ou imaginées, que le fictionnel contribue à établir.

Dans la mesure où les processus que nous décrivons sont éminemment stratégiques et relèvent d'anticipations formulées au sujet d'un incertain irréductible, il convient en outre de saisir le rôle essentiel joué par les croyances dans les dynamiques récursives de formation des prix. Les croyances sont de deux ordres : elles sont d'une part liées à la dimension interprétative inhérente à l'appréhension humaine des phénomènes soumis à l'analyse (équivoque du langage, des implicites et des références) ; et elles dérivent d'autre part de l'actualisation des représentations et valeurs idiosyncratiques des agents. Michel⁵⁶⁸ [2018] souligne à ce sujet qu'il y a :

[...] une double facette à prendre en compte dans la formation des prix. D'un côté, les prix sont le résultat de processus interpersonnels d'interprétation (« *the process of interpersonal interpretation of prices*⁵⁶⁹ »). C'est, si l'on veut, la dimension sociogénétique ou sociophénoménologique (au sens de Schütz) qui est la mieux à même de rendre compte de cette réalité, à l'opposé de l'approche néo-classique dans laquelle prédomine une explication formelle de la logique des prix. Dans le modèle néo-classique du choix individuel, les acteurs, selon Ebeling, « reçoivent » des évaluations de bien mais ne sont jamais vraiment considérés comme les interprètes de leurs actes : les acteurs enregistrent simplement des quantités alternatives de biens qu'ils vont acheter ou vendre sur le marché, faisant ainsi baisser ou augmenter les prix. D'un autre côté, les prix sont interprétés.

Là où l'orthodoxie adopte le parti pris dual d'un réductionnisme méthodologique afin de décrire mathématiquement les dynamiques de prix, et systémique (p. ex. théorie des jeux) pour qualifier leurs processus générateurs, l'économie de marché interprétative *mixte* en faveur de laquelle nous plaidons ne nie pas l'intérêt de la modélisation, mais tente d'aborder la complexité telle qu'elle est, notamment au regard des limites épistémologiques qui s'imposent à elle.

À un niveau plus fondamental⁵⁷⁰ encore, il s'agit de ne pas négliger le rôle dual des émotions, souvent et à tort considérées comme des éléments d'expression idiosyncratique de nature

⁵⁶⁸ Citation p. 7.

⁵⁶⁹ [Ebeling, 1990], p.181.

⁵⁷⁰ Par « fondamental », nous faisons ici référence aux mécanismes biologiques et psychiques essentiellement inconscients et réflexes, en opposition et en complément à la pensée réfléchie, intentionnelle et stratégique.

biologique et réflexe, à l'origine de la disparité des décisions individuelles, et donc ferments de l'incoordination *exubérante* des marchés. Si, par leur ancrage historique *via* les mécanismes physiologiques de renforcement et d'inhibition, les émotions tendent à se polariser, ladite polarisation n'est pas aléatoire. Elle est fortement contenue et canalisée par les expositions référentielles communes aux agents, de nature culturelle notamment (contention environnementale construite). Les émotions exercent une influence non négligeable lors des phases de re-corrélation critique, de type « panique » ou, à l'inverse, lorsque les agents traversent des phases « euphoriques » également marquées par une variabilité moindre des comportements individuels.

En outre, les travaux de Damasio [2010] ont permis de montrer que les émotions peuvent catalyser les prises de décision, en permettant l'optimisation du temps de réponse réactionnel en « environnement stressé ». Elles sont à considérer au même titre que les biais cognitifs que la finance comportementale a su mettre en exergue, dans la mesure où les unes et les autres sont de nature à influencer le jugement des agents, et ce, selon des déterminations et inclinations partagées. On pourrait ainsi évoquer une « corrélation des émotions » en économie, comme on parlera plus généralement de « corrélation des biais » [Kahneman et Tversky, 1974]. À l'intersection des biais cognitifs et des effets émotionnels, on peut en outre relever certains phénomènes psychologiques de type « ancrage⁵⁷¹ » (*anchoring*) souvent bénins en situations de pseudo-stabilité mais qui peuvent s'avérer décisifs lorsque des épisodes de crise surviennent [Taleb, 2001].

Azariadis et Guesnerie [1982] ont par ailleurs montré qu'une économie dont les anticipations des agents seraient parfaitement rationnelles n'est pas garante de l'atteinte de situations d'équilibre, les systèmes de représentations particuliers (expériences propres) et partagés (culture, tradition, etc.) des agents ayant un rôle majeur vis-à-vis des dynamiques de convergence, que celles-ci aboutissent à des équilibres précaires ou stables, pré-donnables ou imprédictibles, même parfaitement *irrationnels* et fortuits.

7.6. Traitement non-tautologique du prix

La théorie de la valeur travail défendue par Marx [1859] dans *Le Capital* fait en quelque sorte du prix la transposition monétaire du « travail réalisé dans la marchandise ». Si Marx est conscient

⁵⁷¹ L'ancrage désigne le biais consistant à former des jugements à partir d'une information erronée ou imprécise, et à raisonner en cohérence à celle-ci.

de la dichotomie qui peut exister entre prix et valeur⁵⁷², il n'y voit qu'une « irrégularité » bénigne et largement contingente d'un point de vue épistémologique :

Mais le rapport d'échange peut exprimer ou la valeur même de la marchandise, ou le plus ou le moins que son aliénation, dans des circonstances données, rapporte accidentellement. Il est donc possible qu'il y ait un écart, une différence quantitative entre le prix d'une marchandise et sa grandeur de valeur, et cette possibilité gît dans la forme prix elle-même. C'est une ambiguïté, qui au lieu de constituer un défaut, est au contraire, une des beautés de cette forme, parce qu'elle l'adapte à un système de production où la règle ne fait loi que par le jeu aveugle des irrégularités qui, en moyenne, se compensent, se paralysent et se détruisent mutuellement⁵⁷³.

Marx évoque un rapport de nature presque tautologique pour qualifier l'équivalence entre une marchandise et son prix, arguant que, quelle que soit la valeur réelle sous-jacente, il existe une forme pérenne d'interchangeabilité univoque entre l'objet et la quantité de monnaie qui lui est attachée. Pour autant, il ne va pas jusqu'à étendre cette relation à la valeur, même s'il concède au prix certains attributs de vérité qu'entretient l'*illusion métrologique*.

Fondamentalement instable, le prix déborde le champ d'une réalité *de premier ordre*⁵⁷⁴ expérimentable, répétable et vérifiable – au sens constructiviste du terme – pour occuper aussi celui du conventionnalisme⁵⁷⁵ et de la subjectivité. En effet, « le premier ordre ne dit rien de la signification, ni de la valeur de son contenu » [Watzlawick, 1976]. C'est la convention et non la naturalité des faits qui fonde la correspondance instable d'une marchandise à un prix. On pourrait dire en outre du prix qu'il souffre de l'impossibilité de mesure juste d'un objet en mouvement mise en évidence par Bachelard [1938]. Il ne s'agit bien sûr aucunement d'un objet mécanique dans le cadre qui nous occupe, mais de marchandises dont la fluctuation de la valeur échappe métaphoriquement à l'appréhension fine d'une loi et que le système de prix ne parvient pas à saisir autrement qu'en se substituant à elle en tant que « réalité » phénoménologique.

Il convient de bien saisir la différenciation qui existe entre les prix au sein des marchés organisés, et ceux de l'économie dans ses acceptions les plus larges (marchés physiques disjoints,

⁵⁷² « Mais si le prix comme exposant de la grandeur de valeur de la marchandise est l'exposant de son rapport d'échange avec la monnaie, il ne s'ensuit pas inversement que l'exposant de son rapport d'échange avec la monnaie soit nécessairement l'exposant de sa grandeur de valeur. », *ibid.*

⁵⁷³ *Ibid.*

⁵⁷⁴ C'est-à-dire factuellement établie, univoque du point de vue de sa description et non (ou très marginalement) soumise à l'interprétation.

⁵⁷⁵ Watzlawick illustre son propos par l'exemple de l'or dont la valeur est liée, sans y être réductible, à ses propriétés physiques ou au travail que son extraction a nécessité.

rapports de gré à gré, etc.), notamment au niveau des dynamiques à l'œuvre. L'antagonisme et la confrontation permanente entre acheteurs et vendeurs des marchés « physiques traditionnels » diverge en effet de celle des marchés financiers. Les phénomènes de spéculation se révèlent en effet plus rares dans le premier cas que dans le second, là où la liquidité des marchandises semble primer sur leur utilité, c'est-à-dire là où ce qui est recherché, c'est la substituabilité immédiate des biens échangés, indépendamment de leur nature. Toute marchandise cotée sur un marché organisé tend à pénétrer, en le constituant, le réseau ouvert des corrélations entre actifs, sans cesse actualisées dans l'espace comme dans le temps. Dès lors, une marchandise peut ne valoir que parce qu'elle est réputée désirable, au-delà de toute considération sociale (effet Veblen). La dynamique mimétique contrarie la loi fondamentale d'équilibrage par le prix de l'offre et de la demande, en faisant du prix le *vecteur* de l'attraction de l'offre par la demande en phase de formation des bulles spéculatives, ou de répulsion de la demande par l'offre lors de leur contraction critique. Dans de telles configurations, le prix peut se dissocier de toute notion de valeur « rationnelle » pour ne plus traduire, *in fine*, que l'expression d'une contingence profonde et structurante. Pour autant, il nous paraît fallacieux de considérer que le rendement des actifs financiers est parfaitement disjoint de celui des marchandises « réelles ». Si nous ne dénonçons pas le « fossé » (*no-bridge*) keynésien, qui marque la non-réductibilité des déterminants de la finance à ceux de l'économie (ainsi que sa réciproque), nous ne considérons pas la dichotomie prix-valeur comme totale.

8. PERSPECTIVES ANTHROPOLOGIQUES DES PROCESSUS DE MARCHÉ

Dans toute assemblée humaine, il se forme un esprit général qui domine et meut la masse : Mens agitat molem.

— Louis Bautain⁵⁷⁶

Propos synthétique : Où nous adoptons un point de vue plus anthropologique afin de rendre compte du rôle ambigu, voire problématique du sujet en sciences économiques et a fortiori en finance de marché. À partir de la conception orthodoxe de l'individualisme méthodologique du sujet objectivé nous tentons d'étayer l'idée d'un sujet objectivant, notamment par le truchement du mécanisme de formation des auto-transcendances. L'objectivation dont il est question est fortement mathématisée et prend notamment appui sur l'écriture probabiliste que nous proposons d'envisager en tant que « forme symbolique » à part entière. Elle se matérialise en outre à partir d'un substrat empirique où la monnaie importe, non seulement comme vecteur des transactions marchandes, mais aussi comme « forme d'écriture » conditionnante à part entière. Ces arguments nous amènent à considérer le marché dans sa socialité, notamment au travers de son institutionnalité. In fine nous nous intéresserons au phénomène spéculatoire qui s'y déploie, le qualifiant en tant qu'intentionnalité particulière et ubiquitaire, en mesure de se nicher jusque dans les interstices les plus ténus de l'acte de couverture dynamique.

8.1. Achoppements historiques des théories économiques « classiques » : quelques jalons

Le cheminement épistémologique des sciences économiques est marqué par de nombreuses circonvolutions historiques, qui n'ont consacré jusque-là ni l'avènement d'une « physique sociale » comtienne, ni celui de l'hétérodoxie qualitative ou empirique. La complexité singulière des systèmes anthropiques a favorisé l'établissement de théories concurrentes du monde qu'il

⁵⁷⁶ Louis BAUTAIN, *Manuel de philosophie morale*, Paris, Librairie de L. Hachette, 1866.

nous paraît à ce stade essentiel de mettre en évidence⁵⁷⁷, dans l'optique d'une discussion subséquente portant sur la dimension anthropologique des phénomènes que nous étudions.

La question du « no-bridge » keynésien marque une ligne de fracture entre la voie « positiviste » qui consiste à penser les processus de marché en tant que résultats agrégés en cohérence directe avec un ensemble de lois consistantes, et celle qui se refuse à la réductibilité d'échelle, pour pouvoir penser le réel dans toute sa complexité. Cette partition dérive de l'opposition princeps entre l'Économie Classique attachée à caractériser le réel tel qu'il advient et l'approche néo-classique – ainsi que son actualisation sous la forme de la Nouvelle Économie Classique (École de Chicago) – qui prend pour objet une « modélisation » expurgée des scories du réel. En des termes contemporains, le « fossé » susdit se manifeste au travers de deux lignes de fracture : la capacité macroscopique d'auto-régulation *juste* ou *efficente* des marchés d'une part et le paradigme de rationalité des agents d'autre part. Il importe en outre d'observer que ces problématiques essentielles, loin d'être disjointes, ont toutes deux influencé les principaux courants méthodologiques au cours du siècle passé, notamment en ce qui concerne certaines des modalités de leur articulation.

Le postulat théorique d'un marché essentiellement auto-régulé, hérité de la conception classique de la « main invisible » s'est vu largement adopté par les écoles néo-classique, néo-libérale et keynésienne, bien que pour celle-ci il ne puisse s'agir que de phénomènes d'auto-régulations imparfaites, alors qu'elle est constitutive du cadre de Concurrence Pure et Parfaite développé par celles-là. La capacité d'un marché à s'auto-réguler pose en creux la question centrale de son fonctionnement « pathologique », qui est souvent traité par la théorie en termes de tolérance au déséquilibre. L'École keynésienne tente de penser les conditions de survenue d'événements critiques, là où le néo-classicisme prend le parti de les réduire à un ensemble d'effets de bord indésirables produits par le non-respect du principe d'efficience – quand ils ne sont pas simplement rejetés hors du champ de la théorie, comme dans l'approche de la Nouvelle Économie Classique.

Développant les intuitions de l'École Classique, les néo-classiques ont promu une vision marginaliste et atomiste du fonctionnement des marchés, rendue possible par le paradigme de rationalité parfaite qui se déploie à partir d'une information jugée complète et modélisée comme telle. C'est en enrichissant le modèle d'équilibre néo-classique par la prise en compte des anticipations « rationnelles » dans les années 1960 et 1970 (à partir du modèle de Muth [1961]) que l'École de Chicago a pu proposer une explication du phénomène macroscopique de cycle

⁵⁷⁷ Cette partie ne prétend pas à l'exhaustivité. Nous y soulignerons les courants structurants de l'évolution de la pensée économique dont l'impact s'est à notre sens révélé significatif sur les plans conceptuel et représentationnel. Elle prend notamment pour base la recension proposée par Montousse [2002].

économique. Ces travaux se distinguent des modélisations précédentes en ce qu'ils ne se fondent pas sur les dynamiques monétaires (la monnaie y est considérée comme « super-neutre⁵⁷⁸ » et ses effets inclus dans le système), mais sur les variations exogènes d'offres et de demandes, ainsi que sur l'adaptation subséquente des comportements agrégés des agents.

La théorie des coûts de transaction introduite par Coase [1937] et développée par Williamson [1986] permet quant à elle de concilier le cadre normatif hérité du néo-classicisme avec la formation constatée de marchés oligopolistiques en situation de concurrence pure, assurant la conservation des hypothèses structurantes de l'approche orthodoxe. L'avènement du libéralisme et la financiarisation de l'économie au cours du XX^e siècle ont favorisé une forme de convergence des structures traditionnelles de marché vers leur modélisation théorique, confortant un peu plus la validité de cette dernière⁵⁷⁹.

A contrario, de nombreux travaux ont affaibli le paradigme de rationalité limitée, inapte à rendre compte des préférences effectives des agents en situation de choix, même lorsque l'information est disponible et univoque. Le paradoxe d'Allais⁵⁸⁰ a par exemple permis de mettre en évidence la nécessité d'enrichir le concept central d'utilité de manière à tenir compte de la position des agents face au risque (gradient d'appétit-aversion) [Savage, 1954], ces derniers appréhendant de manière différenciée les probabilités de gains et de pertes liées à leurs décisions. S'ils étaient également distribués, on pourrait n'y voir qu'une perturbation bénigne du modèle. Or on observe que ces biais, bien que largement répandus, varient selon les individus autant que selon la nature des choix en jeu [Kahneman et Tversky, 2000]. Même dans un cadre d'étude simple, il a été possible de mettre en évidence la formation d'équilibre sous-optimaux au sens de la théorie des jeux. Nous nous proposons d'en détailler certaines des modalités parmi les plus essentielles dans les développements qui suivent.

8.2. Position du sujet objectif et objectivant

8.2.1. Individualisme et sujet objectif

L'individualisme méthodologique en sciences sociales consiste à dériver des phénomènes collectifs à partir des comportements idiosyncratiques standardisés des individus. L'approche

⁵⁷⁸ La super-neutralité de la monnaie correspond à l'indépendance des variables macro-économiques (p. ex. PIB, croissance de la production, etc.) vis-à-vis de l'offre de monnaie.

⁵⁷⁹ Ce thème sera l'objet de plus amples développements dans la dernière partie du présent exposé.

⁵⁸⁰ Sur ce thème voir par exemple [Mongin, 2014].

praxéologique fondatrice défendue par Von Mises [1949] traite, de la sorte, « de l'action humaine en tant que telle, d'une façon universelle et générale. Elle ne traite ni des conditions particulières de l'environnement dans lequel l'homme agit, ni du contenu concret des évaluations qui dirigent ses actions ».

Or, pour être « réaliste » il lui faut pouvoir tenir compte des complexités de la psyché humaine, ce que d'aucuns continuent d'estimer être une gageure. Davidson [1970] considère ainsi que « l'anomalisme du mental » empêche la mise en évidence de lois stables en la matière. Pour contourner cet écueil on considère généralement l'individu non pas selon ses singularités mais à partir de ses *régularités* au sein de groupes. L'archétype de l'*homo œconomicus* répond à la nécessité pour le modélisateur de pouvoir disposer d'un objet d'étude générique, symétrique et stable. Sans *épaisseur ontologique ni historique* l'*homo œconomicus* n'a du sujet que sa capacité à agir et à décider, ladite capacité répondant au paradigme de rationalité parfaite (représentation computationnelle de l'information disponible) ou limitée (représentation processuelle de l'information perçue). Le modèle de rationalité limitée ne vise pas une remise en cause de l'*homo œconomicus*, mais plutôt sa *naturalisation* en reconnaissant notamment que les agents n'optimisent pas leurs choix par une exploration systématique et exhaustive de l'univers des possibles, mais usent d'heuristiques « raisonnables » [Simon, 1982] : « la plupart des décisions humaines se rapportent à la découverte et à la sélection des choix satisfaisants ; ce n'est que dans des cas exceptionnels qu'elles se rapportent à des choix optimaux » – position par ailleurs également défendue par la théorie évolutionniste [Nelson et Winter, 1982], en raison de « l'avantage » concurrentiel que le recours à des heuristiques imparfaites peut conférer en matière de survie.

Pour autant, l'agent économique reste largement réputé fondamentaliste, c'est-à-dire qu'il cherche à fonder son jugement sur l'appréciation, même biaisée ou « bruitée » de la valeur présente des biens auxquels il a accès. Cette conception s'inscrit dans le cadre de l'*objectivité marchande*. Elle considère en effet implicitement que par ce truchement s'opère l'actualisation permanente et optimale des prix, condition *sine qua non* de l'efficacité allocative. Elle fait fi de l'ancrage contextuel *réel* des marchés au sein desquels se manifestent des phénomènes complexes émergeant des interactions elles-mêmes (jugements établis à partir d'un guidage d'expert, de la confiance en un consensus, etc.).

La vision économique libérale affiche une certaine cohérence avec l'hypothèse de l'individualisme méthodologique, dans la mesure où elle considère la réalisation d'un Bien commun supérieur comme la résultante directe des confrontations concurrentielles inter-individuelles en dehors de tout lien social pérenne qui serait de nature extra-économique. Elle tire

son acceptabilité de la médiation de la marchandise, à l'origine de la bascule entre le rapport sociologique entre les hommes à celui, économique, structuré par l'interaction transactionnelle. L'avènement des marchés financiers a fait évoluer cette première mutation en rendant fongibles entre eux les actifs cotés et en désincarnant, voire en désindividualisant les agents. Le système de prix y prévaut, dans une perspective d'équivalence générale des marchandises. La marchandise importe dès lors moins que son prix, ce dernier devenant le pivot essentiel de la médiation, impliquant un degré de désociabilisation de la relation plus important encore, car à la fois déshistoricisé et dématérialisé. L'adoption large du mode de règlement-livraison⁵⁸¹ conjuguée à l'usage de la collatéralisation⁵⁸² et de la compensation⁵⁸³ a évincé une grande partie du risque de crédit lié à toute opération financière. Ce faisant, elle a rendu superfétatoire la connaissance de la contrepartie engagée dans l'échange, à la fois anonymisée⁵⁸⁴ et diluée par lesdits dispositifs.

Pour l'orthodoxie académique, le sujet agissant devient de la sorte *objectivé*, car descriptible selon un « modèle de boîte noire » dont la fonction de transfert correspondrait à sa fonction d'utilité. Il s'agit là d'une hypothèse de réduction forte, d'inspiration mécaniciste, comme nous l'avons précédemment montré. Toutefois, en économie le sujet ne saurait tolérer d'être simplement objectivé et soumis à l'étude ; il doit aussi être envisagé dans sa dimension objectivante, c'est-à-dire dans son rôle de façonnement de son propre environnement.

8.2.2. Auto-transcendances : le sujet objectivant

« Quand les consciences individuelles, écrit Durkheim, au lieu de rester séparées les unes des autres, entrent étroitement en rapport, agissent activement les unes sur les autres, il se dégage de leur synthèse une vie psychique d'un genre nouveau⁵⁸⁵ ». Il y aurait alors des « idéaux collectifs », que l'on pourrait qualifier d'émergences, à même de transcender les individus tout en étant produits par eux. Selon Hayek, le marché tire son opérabilité de « l'autorité abstraite » qu'il parvient à imposer, autorité de laquelle dérive un « ordre impersonnel » supra-individuel régulateur [Frydman, 1989]. Parce que les déterminants du marché restent largement inaccessibles, tout en étant rationalisables *ex post*, les agents peuvent lui concéder un rôle de médiation légitime. En son sein agissent des forces implacables dont les effets ont valeur de lois⁵⁸⁶. Cette forme d'auto-extériorité s'inscrit dans la tradition hégélienne de l'*Entäußerung* et

⁵⁸¹ Cf. entrée « Règlement-livraison (DVP) » de l'Addendum.

⁵⁸² Cf. entrée « Collatéralisation » de l'Addendum.

⁵⁸³ Cf. entrée « Compensation (*clearing*) » de l'Addendum.

⁵⁸⁴ On trouve cette idée de l'anonymisation des relations économiques chez Marx et Engels [1848], dans leur critique du modèle capitaliste imposé par une « bourgeoisie [qui] n'a pas voulu qu'il subsistât entre les hommes d'autre lien que l'intérêt tout nu, où le sentiment n'a point de part, et que les strictes exigences du paiement au comptant. », cit. p. 23.

⁵⁸⁵ [Durkheim, 1911], p. 133.

⁵⁸⁶ Similairement, le nouveau régime du Mal mis en évidence par Hannah Arendt [1963] n'est pas issu d'une volonté souveraine identifiable, mais émane de la mise en branle d'un système tout entier.

constitue ce que Dupuy [2012] qualifie d'« auto-transcendance ». On peut la retrouver chez Hobbes à l'origine même du système politique, dans la figure métaphorique du Leviathan. Les hommes, incapables de maintenir la paix tout en garantissant la propriété privée à l'état de nature ont été amenés à bâtir une extériorité transcendantale à laquelle ils acceptent de se soumettre, malgré la dépossession d'une partie de leur souveraineté individuelle de ce fait induite. Le corps social organisé, aussitôt constitué par la volonté des hommes, leur a ensuite échappé et a conditionné en retour le cours de leur histoire.

Le système de prix semble procéder de cette capacité à la fois émergente et instituante. Le concept d'auto-transcendance permet d'établir un pont entre individualisme et holisme méthodologique et de mieux saisir les enjeux du déploiement de ces « processus sans sujet » dont l'apparence est celle de phénomènes intentionnels, mais qui ne nécessitent l'action d'aucun agent coordinateur pour se maintenir. Ces processus complexes parviennent à assurer leur pérennité en fondant leur cohérence sur un ensemble de sous-déterminations qui en contiennent et en canalisent l'évolution. Sans l'avoir théorisé de la sorte, c'est bien à cela que Tocqueville faisait référence en évoquant la « pression immense de l'esprit de tous sur l'intelligence de chacun⁵⁸⁷ ».

Avec Dupuy, nous pensons pour autant que les prix ne sont pas contrefactuellement indépendants de l'action des agents. Le système n'a pas besoin d'être fondé sur une rupture de causalité parfaite entre ses soubassements interactionnels (niveau des actions individuelles dissociées) et ses résultantes (niveaux des prix). En d'autres termes, l'hypothèse d'une césure entre les niveaux d'organisations ne nous paraît ni valable, ni nécessaire. Dans les faits, on peut la reformuler selon les termes d'une convention. Dans cette optique, les agents délèguent de plein droit l'exercice de la coordination au marché, et acceptent l'« autorité » des prix comme donnée exogène, bien qu'ils aient conscience de leur capacité à avoir un effet sur eux. Cette convention est acceptée, d'une part en raison de la « commodité » qu'elle présente (argument pragmatique), d'autre part du fait de sa validité partielle (argument épistémique) : du point de vue des agents, tout se passe généralement *comme si* l'indépendance contrefactuelle était établie. C'est là l'une des conséquences particulières du régime de pseudo-stabilité micro-critique qui opère au sein des systèmes de marché.

En outre, par l'entremise des prix, les agents peuvent réaliser l'*hybris* nietzschéen qui consiste pour l'homme à « voir et anticiper le lointain comme présent⁵⁸⁸ ». Les prix actualisés des actifs futurs constituent une certaine vision du *distant*, accessible dans le présent. Une courbe future ne préjuge pas de ce que seront effectivement les prix dans l'avenir, mais rend compte du consensus

⁵⁸⁷ Alexis DE TOCQUEVILLE, *De la démocratie en Amérique*, Paris, Pagnerre, t. 3, 1848 – cit. p. 16.

⁵⁸⁸ Friedrich NIETZSCHE, *Généalogie de la morale*, cité par Dupuy [2012].

présent établi compte tenu de l'information disponible et de l'état contingent des interactions au moment de sa formation. La vision de l'avenir conditionne ainsi activement ce qui adviendra dans les faits. Ce phénomène n'est pas propre au champ de l'économie, on le retrouve également matérialisé dans la composante performative des sondages en sciences politiques. Le simple fait d'administrer un sondage est une mesure perturbante vis-à-vis de la conception de l'avenir des agents dans le présent. Sa mise à disposition publique témoigne de cette dernière et influe sur le futur, entraînant notamment des mécanismes d'adhésion mimétique ou de rejet du consensus. Le système de prix peut être perçu comme une forme de *sondage permanent* relatif aux velléités tacites et exprimées des agents économiques vis-à-vis de l'ensemble des marchandises mises en marché.

Les crises questionnent la pérennité des dynamiques d'auto-transcendance, qui supposent un certain niveau de coordination. Dans ces situations, les agents ne se réfèrent plus au marché mais le prennent pour objet, les prix n'agissent plus en tant que pseudo-mesures, mais deviennent des finalités (limitation de la perte sèche en cas de correction baissière, limitation de la perte d'opportunité en cas d'envolée euphorique), et leur volatilité traduit l'amplitude de la rupture d'auto-transcendance qui s'opère. Une nouvelle forme de « coordination », de nature essentiellement mimétique, s'instaure et relègue les mécanismes stables au second plan. L'auto-transcendance des prix n'est plus « guidée » par les experts des marchés, ni « contenue » par les valeurs extrêmes fondamentales. La re-corrélation brutale des comportements agentiels trahit un régime de fonctionnement où la liberté apparente est singulièrement restreinte et supplantée par des nécessités de *survie*.

La valorisation financière ne relevant pas d'un équilibre à somme nulle – puisqu'elle intègre la production comme la destruction de la valeur échangée *via* l'inflation et la déflation des prix d'actifs –, peuvent s'y produire des phénomènes assimilables à des « tragédies des biens communs » [Hardin, 1968] lors des phases critiques⁵⁸⁹. Paradoxalement, alors que c'est l'agrégation des capacités *atomiques* des agents à satisfaire leur utilité propre qui fonde la « fiabilité » du système de prix, c'est cette même recherche d'optimalité égoïste qui contribue à déstabiliser le système en période de crise et paradoxalement à nuire à chacun des agents en retour.

⁵⁸⁹ On notera néanmoins avec Ostrom [1990] que la complexité des émergences dont nous traitons réside dans le fait que les marchés hébergent aussi des formes d'auto-organisations œuvrant *a contrario* au maintien des biens communs.

8.2.3. Aux frontières de l'objectivation et de l'objectivité : procyclicité technique du risque et aléa moral mathématisé

L'analyse fondamentale de la valeur réalisée à partir de l'espérance des rendements actualisés⁵⁹⁰, pilier de l'édifice financier, montre que l'influence des événements futurs décroît avec leur *distance* temporelle. Analogiquement à ce qui se produit dans le cadre des forces de gravité ou des interactions électromagnétiques, dont l'incidence est inversement proportionnelle au carré des distances spatiales, on assiste à une atténuation de l'effet des éléments ou événements éloignés. C'est notamment ce qui permet un certain « confinement » des systèmes et qui en garantit une pseudo-stabilité subséquente. En théorie financière, le temps correspond à l'exposant d'atténuation exponentielle et le taux sans risque agit à la manière d'un facteur harmonique, au sens mathématique du terme. En période de ralentissement économique, lorsque des craintes déflationnistes surviennent⁵⁹¹, les politiques monétaristes tendent à adopter des politiques dites « accommodantes » de taux directeurs bas. On peut de ce fait considérer que l'amortissement harmonique est moindre dans ces configurations : l'incertitude lointaine prend plus d'importance dans l'évaluation des agents et renforce la *vulnérabilité* systémique d'ensemble. *A contrario*, en période de croissance, le lointain est plus amorti et importe moins, ce qui facilite la coordination implicite autour des prix. Il y a là une forme de « procyclicité monétaire » dont la logique est endogène au mécanisme qui la génère, ce dernier relevant d'une auto-transcendance particulière.

Procédant selon sa logique technique propre, la théorie des marchés est également à même de conduire à des phénomènes de procyclicité du risque. L'« assurance de portefeuille » développée par Leland et Rubinstein en 1976 et visant à établir une méthode de réplique synthétique de protection baissière en l'absence de produits dérivés cotés suffisamment liquides [Leland et Rubinstein, 1988] aurait conduit – selon la Commission en charge des investigations portant sur le krach historique d'octobre 1987 – à « des ventes massives et insensibles aux prix » dans un marché dont la liquidité était très faible⁵⁹². Autrement dit, pour se prémunir d'une baisse du prix des actifs en période pseudo-stable, des investisseurs ont eu recours à l'achat d'options de vente synthétiques dont la dynamique de réplique impliquait une vente d'actifs dont l'intensité s'accroît à mesure que le niveau des cours boursiers baisse. Cet exemple séminal illustre ce que l'on peut qualifier d'effet de « procyclicité technique », à l'œuvre au sein des marchés organisés. Là encore, la mécanique déployée est proprement endogène. Benzoni *et al.* [2011] rappellent que

⁵⁹⁰ Cf. formule [F4].

⁵⁹¹ Les banques centrales mondiales majeures ont des objectifs similaires : maintenir la « stabilité » du système économique en garantissant une croissance pérenne et une inflation contenue.

⁵⁹² On pourra consulter [Bernstein, 1987], p. 287 pour une description plus détaillée des événements.

la « faillite » de l'assurance de portefeuille lors de la crise de 1987 a durablement affecté les représentations des agents quant à la robustesse d'ensemble du système économique-financier, dans la mesure où la fonction de transmission du risque en son sein semblait ne plus pouvoir être réalisée avec la même efficacité. La persistance du *smile* de volatilité bien au-delà des périodes critiques serait de nature à valider en partie cette hypothèse.

D'une manière générale, l'existence même de stratégies de couverture « universelles » et opérables induit à la fois une communauté de représentation du risque, perçu comme annihilable, et une corrélation des comportements et des pratiques. La couverture agit comme élément de coordination et sa méthode précipite souvent ce qu'elle est censée prémunir. Si l'hétérogénéité de la structure par terme de la volatilité selon les niveaux de marché (courbure en *smile* ou en *smirk* de volatilité) permet de quantifier l'emprise de ce phénomène, il ne s'agit dans les faits que d'une représentation très imparfaite, elle-même sujette à déformation brutale dans les zones de valeurs extrêmes.

Avec la gestion structurée, la « procyclicité technique » s'est complexifiée et *enrichie*. L'innovation financière a permis l'émergence de produits dérivés plus sophistiqués que les options dites « vanilles », de type options binaires (ou digitales), qui ont rendu possible des opportunités d'investissement aux formules de rendements (*payoffs*) discontinues. Concrètement il s'agit par exemple pour les spéculateurs, acquéreurs de produits structurés et ordinairement positionnés à la hausse, de financer leur optionalité à l'achat par la cession d'une option de vente à déclenchement digital (*down-and-in put*). Cette configuration vient naturellement contrebalancer les stratégies de couverture de type « assurance de portefeuille », puisque qu'elle troque la possibilité d'un bénéfice haussier contre celle, jugée moins probable, d'une baisse importante. Il s'agit d'un choix raisonné visant à tirer parti de la rareté des manifestations de queues de distribution. Cependant, le contrebalancement dont il est ici question, n'est ni parfait, ni stable. Il induit en revanche une forme de contracyclicité puisque la réplique dynamique des produits qui le génère implique le rachat d'actifs à mesure que le marché baisse.

En théorie des contrats, on considère qu'un aléa moral survient dès lors qu'une relation contractuelle induit une détérioration du comportement vis-à-vis du risque de l'un ou l'autre des co-contractants, dégradant la situation d'ensemble par rapport à ce qu'elle était initialement. L'existence même des stratégies de couverture des risques extrêmes est à notre sens de nature à induire un aléa moral. Elle incite d'une part les teneurs de marché à proposer des options hors de la monnaie et à assurer une certaine liquidité sur ces zones moins « concurrentielles ». D'autre part, elle ouvre la possibilité à des pseudo-arbitrages d'événements perçus comme lointains (cf. produits structurés susdits). Enfin, parce qu'elle se situe souvent aux « limites » des modèles

(périmètres de non gaussianité), elle suscite une forme de tolérance d'ordre à la fois technique et institutionnelle. Les événements critiques se réalisant avec une brutalité souvent importante et une altération de la liquidité, ils masquent l'incapacité des agents à y faire face et les solidarisent dans leur impuissance. Les limites en matière de modélisation étant connues mais en partie non dépassables, elles constituent un point aveugle pour l'ensemble des agents, ce qui en fait une sorte de *convention acceptable* : c'est ce que nous nommons la « tolérance technique ». Son versant institutionnel en dérive et a été abondamment commenté avec la crise des *subprimes* de 2008 : les banques centrales publiques ont agi en dernier ressort pour réassurer les établissements bancaires les plus fragilisés⁵⁹³ sans contrepartie directe réelle⁵⁹⁴, cautionnant *ipso facto* certaines pratiques jugées – à l'aune des événements – imprudentes. Les activités économiques de gestion des risques extrêmes doivent faire face à une forme de quasi-transcendance temporelle des événements critiques. Souvent exclue du domaine de représentation usuel des individus, la crise est comme psychologiquement virtualisée. Comme sa survenue tend à re-corréler les comportements, elle est intimement liée à l'expression d'un fatalisme déresponsabilisant.

Par ailleurs, cette re-corrélation des comportements ne se fait pas selon n'importe quelles modalités. Elle met en branle ce que Dupuy [2012] qualifie de « catastrophisme des agents économiques », c'est-à-dire une accentuation conjointe, réciproque et fortement biaisée de la perte de coordination et de repères. De ce catastrophisme dérive en partie les phénomènes d'accélération de variation de prix, déformant la structure temporelle des processus de marché. Ses déterminants sont nombreux, relèvent des limites de la rationalité et peuvent être vus comme des facteurs de sous-optimalité en théorie des jeux. Leur cohérence interindividuelle et leur conjonction critique nous conduit à les considérer comme une nouvelle forme de procyclicité de nature cognitive et psychologique. Taleb [2001] affirme que le fait même que les opérateurs de marché puissent acquérir la conviction que leur pratique financière soit en mesure de leur permettre de « dompter le hasard » est de nature à amplifier les biais de jugement dont ils sont victimes, ce qui correspond aussi à la « procyclicité cognitive » que nous voulons mettre en lumière.

Enfin, il existe à notre sens une dernière forme de procyclicité, propre aux systèmes complexes dotés d'intentionnalité. Cette procyclicité résulte de la dualité de ces systèmes intrinsèquement inaptes à penser les conditions précises de leur survie, notamment « car les causes et les effets s'y confondent⁵⁹⁵ », mais capables de se représenter leurs limites et de se doter de mécanismes

⁵⁹³ Il en est au moins allé de la sorte des principaux établissements jugés « systémiques » (même si cela n'a pas empêché la faillite de la banque Lehman Brothers notamment), en vertu des principes du « *Too Big to Fail* » (« Trop important pour faire défaut ») ou du « *Too Interconnected To Fail* » (« Trop interconnecté pour faire défaut »).

⁵⁹⁴ On peut néanmoins s'interroger sur le fait que l'accroissement notable des exigences en capital autant qu'en termes d'encadrement et de supervision des risques opérationnels par les instances de régulation, ne constitue pas en soi une forme de compensation *ex post* de cette réassurance (nonobstant sa dimension réellement prudentielle).

⁵⁹⁵ [Dupuy, 2009], p. 350.

puissants d'autorégulation à même d'assurer leur préservation. Cette procyclicité procède par auto-renforcement, à mesure que le système survit à des événements critiques et s'y adapte. En ce sens, nous la qualifierons de « procyclicité historique » : plus un système anthropique complexe a vécu de crises, plus il tend à en « accepter » d'autres, du fait même de la perception magnifiée par l'expérience de sa robustesse. En d'autres termes, on pourrait dire de la crise que plus elle survient, plus elle cesse d'être un horizon indépassable et pénètre le champ des catégories usuelles. Or, là est l'écueil : par essence, bien qu'ils puissent présenter des similarités entre eux, les phénomènes critiques contiennent nécessairement une part d'aléa extra-théorique et extra-représentationnel⁵⁹⁶.

Pourtant, la mathématisation, en économie financiarisée, œuvre justement à permettre la représentation et non pas seulement la manipulation par le calcul. Élie Ayache [2004] considère qu'un processus stochastique est justement une représentation, en écriture, de faits ou événements se déployant dans le futur. L'écriture dont il est question est permise par les méthodes de résolution des équations différentielles stochastiques supposées décrire la cinématique observée, dans un espace des phases fixe et pré-donné. Bien qu'un tel mode opératoire permette de dire quelque chose des systèmes observés, il relève pour Ayache d'une idéalisation essentiellement simplificatrice, assimilable à une condensation du futur par le truchement d'une opération de réduction mathématique de nature scripturale. Nous soutenons qu'une telle opération n'est pas neutre du point de vue de l'appréhension tout entière du risque au sein des systèmes économiques.

8.3. L'écriture probabiliste comme forme symbolique : la représentation du risque

8.3.1. Enjeux épistémologiques

Avec Descartes et Newton, et à la suite de Galilée, s'est produite au XVII^e siècle une bascule dans la conception philosophique des mathématiques, ces dernières quittant la sphère transcendante du divin pour pénétrer celle de la nature, dont elles deviendront progressivement le référentiel abstrait autant que le langage⁵⁹⁷. Avant de constituer un champ à part entière de la science mathématique, par le développement de ses méthodes calculatoires, la probabilité a notamment occupé celui de la rhétorique envisagée dans le contexte de la parole judiciaire, d'abord

⁵⁹⁶ C'est-à-dire hors du champ de ce que l'on peut figurer.

⁵⁹⁷ Ce tournant marque l'entrée dans l'« ère scientifique » pour Bachelard, comme évoqué en Partie 2.1.

avec Corax⁵⁹⁸ puis avec les sophistes dont Gorgias et la notion de droit « du plus probable » qu'il développe [Taleb, 2001]. Mais comme l'analyse Giuliani⁵⁹⁹ [1971], le « probable » dont il est alors question n'est pas exprimable en termes contemporains de statistique, de propension ou de fréquence ; il a avant tout trait au lien de « vraisemblance » entre une hypothèse et ses preuves afin de rendre compte, non pas d'une série d'événements, mais de cas uniques. Ledit lien se retrouve dans la théorie classique des probabilités, en tant que rapport logique et quantifiable entre propositions⁶⁰⁰. Pour autant, le probable est bien perçu comme une manière d'accéder à une forme faible d'objectivité ensembliste, ainsi que le rappelle Aristote : « [...] la rhétorique, non plus, ne considérera pas spéculativement le probable pour l'individu, par exemple pour Socrate et Hippias, mais le probable pour les hommes de tel ou tel caractère, tout comme fait la dialectique ».

L'acception fréquentiste – qui prévaut largement aujourd'hui – s'est structurée à la confluence des voies du débat épistémologique fondateur entre la position objectiviste consistant à penser les probabilités comme fondamentalement *inscrites* dans la nature, et les approches subjectivistes pour lesquelles les croyances de l'observateur priment. En théorie financière, la probabilisation se traduit selon nous par une opération de projection de l'information portant sur une perception intertemporelle du monde et aboutissant à un choix arithmétique (la valeur jugée « juste »⁶⁰¹) conformé par une « pseudo-mesure » (le prix final de la transaction). Elle constitue une forme de « réductionnisme cognitif » [Walter, 2013]⁶⁰² des phénomènes économiques et revêt la forme commode d'une « convention stochastique » [Walter, 2006], le terme de « convention » étant à envisager à la fois dans son sens de quasi-postulat de la *stabilité* ontologique des marchés proposée par Keynes⁶⁰³ [1969] (lien des agents entre eux) et dans celui de son versant « scientifique » défendu par Poincaré⁶⁰⁴ [1902] et par Duhem [1906] (lien entre les agents et les phénomènes).

Walter estime en outre que la représentation brownienne du hasard relève d'un choix en grande partie arbitraire, où le risque est ramené à sa représentation triviale en variance, choix non sans

⁵⁹⁸ L'argument dit « du Corax » est ainsi présenté par Aristote (*Rhétorique*, III, 24 d) : « Si un homme ne donne pas prise à l'accusation dirigée contre lui, si par exemple un homme faible est poursuivi pour sévices, sa défense sera que sa culpabilité n'est pas *vraisemblable* ; mais, si l'inculpé donne prise à l'accusation, si par exemple, il est fort, sa défense n'est pas *vraisemblable* parce qu'elle devait le paraître et qu'on le savait à l'avance » (nous mettons en exergue).

⁵⁹⁹ Cité par Palermo [2013].

⁶⁰⁰ Carnap [1926] parle de « mesurabilité » de l'expérience. Keynes et Jeffreys s'accordent sur ce point.

⁶⁰¹ L'expression est à entendre dans son sens le plus large. Elle tolère le jeu des intersubjectivités, des biais et des erreurs.

⁶⁰² Nous suivons dans ce sous-paragraphe le raisonnement de Walter [2013].

⁶⁰³ « Dans la pratique, nous sommes tacitement convenus [sic], en règle générale, d'avoir recours à une méthode qui repose à vrai dire sur une pure convention. Cette convention consiste essentiellement [...] dans l'hypothèse que l'état actuel des affaires continuera indéfiniment à moins qu'on ait des raisons définies d'attendre un changement [...] Dans la pratique, nous supposons, en vertu d'une véritable convention, que l'évaluation actuelle du marché, de quelque façon qu'elle ait été formée, est la seule correcte [...] La méthode conventionnelle du calcul indiquée ci-dessus est compatible avec un haut degré de continuité et de stabilité dans les affaires, *tant que l'on peut compter sur le maintien de la convention* », p. 167-168, cité par Walter [2013], p. 214.

⁶⁰⁴ « Les axiomes géométriques [...] sont des *conventions* ; notre choix, parmi toutes les conventions possibles, est *guidé* par des faits expérimentaux ; mais il reste *libre* et n'est limité que par la nécessité d'éviter toute contradiction », p. 75, cité par Walter [2013], p. 252.

conséquence sur la psyché collective des agents économiques. Dès lors, il s'interroge – à juste titre – sur les incidences de cette convention particulière sur le système dans son ensemble, notamment du point de vue de son façonnement historique : « la pénétration des concepts centraux de Markowitz, Tobin et Sharpe a-t-elle été facilitée par une représentation de l'aléatoire formée depuis deux siècles, reposant sur le socle « théorie des erreurs – théorie des moyennes – loi normale de l'erreur », qui aurait opéré à la manière d'un conditionnement cognitif⁶⁰⁵ » ? La prééminence de la modélisation brownienne du hasard résulterait de ce socle et constituerait selon l'auteur rien de moins qu'une « forme symbolique⁶⁰⁶ » à part entière. Si la filiation historique proposée nous semble pertinente, nous ne pensons cependant pas qu'il soit parfaitement valide de parler de forme symbolique à propos de la représentation brownienne.

Ce concept philosophique central émane – dans la lignée de Leibniz – de la quête d'une « caractéristique universelle » de la connaissance, qui se déploierait à la manière d'une « grammaire de la fonction symbolique » [Cassirer, 1923], dont les arts, les sciences, les mythes et les religions seraient autant de déclinaisons possibles. Il tente de dépasser le dualisme métaphysique classique séparant le *mundus sensibilis* du *mundus intelligibile* en établissant un pont entre eux par l'entremise de l'esprit rendu capable d'appréhender les faits du monde, de les synthétiser en vue de produire du sens afin d'agir en retour sur les conditions d'établissement du sensible. La forme symbolique agit à la manière d'une « fonction médiatrice pour les multiples directions de l'esprit », en se constituant en tant qu'« unité logique » princeps à une connaissance des formes de culture et de savoir [Jacob, 1970]. Par son truchement, Cassirer a tenté de transposer la critique transcendantale kantienne à la sphère culturelle.

Si l'on accepte le postulat humboldtien d'un homme qui serait principalement un « animal symbolique⁶⁰⁷ », la recherche d'une « morphologie » dépassant la conception réaliste d'un esprit *computationnel* devient centrale. Le programme philosophique cassirerien se veut à la fois constructiviste – les objets et événements du monde ne sont pas naturellement accessibles à l'esprit, mais saisis et interprétés par lui, selon des modalités culturelles particulières – et phénoménologique – l'*Être* des choses étant largement inaccessible à la connaissance⁶⁰⁸, il faut se contenter de l'appréhension de ses *Étants* multiples que sont les phénomènes, inscrits sur le substrat naturel du monde. Réfutant le sensualisme, l'empirisme de même que tous les réductionnismes matérialistes, Cassirer revendique l'approche rationaliste cartésienne qui pose le

⁶⁰⁵ [Walter, 2013], p. 124.

⁶⁰⁶ Dans [Walter et Brian, 2008], p. 166, il est explicitement fait mention de la notion développée par Cassirer et Panofsky.

⁶⁰⁷ Pour Cassirer, comme dans la théorie de la connaissance de Hertz dont il s'inspire, les symboles agissent à la manière de « simulacres internes » : ce sont des représentations qui doivent être en *adéquation* avec le réel, sans pour autant lui être parfaitement, « conforme ». Il y a là une conception proche de celle que propose l'empirisme logique et que l'on retrouve notamment chez Helmholtz [Cassirer, 1923].

⁶⁰⁸ Cassirer [1923] reconnaît néanmoins qu'il puisse exister des constructions idéelles autonomes, détachées du réel, auxquelles l'entendement puisse directement accéder ; l'art et la religion sont de celles-là.

primat de l'esprit et s'attelle à en saisir les conditions d'établissement et les déterminations fondamentales (« *ingenii limites definire*⁶⁰⁹ »).

Nous défendons l'idée selon laquelle la pensée économique et sa dérivation financière seraient, au même titre que les religions ou les arts, des formes culturelles évoluées à part entière, établies à partir de *mythologies*, systèmes de références et soubassements langagiers propres, ces derniers étant autant de formes symboliques primitives nécessaires. En l'espèce, nous considérons que le langage probabiliste opère en tant que forme symbolique sous-jacente au champ des savoirs économiques et financiers. Le fait que la représentation gaussienne des rendements ait à la fois pris corps en France, comme aux États-Unis dans les mêmes années, respectivement sous et en dehors de l'influence de Quetelet [Preda, 2004], tend selon nous à confirmer cette hypothèse.

Au regard des critères énoncés par Lassègue [2016], la forme symbolique probabiliste est d'une part bien dotée d'un « pouvoir instituant », c'est-à-dire à même de générer de nouvelles relations signifiantes, et émane d'autre part d'une nécessité qui *impose* son recours (ici celle de la descriptibilité « objective » des phénomènes aléatoires). Le langage probabiliste articule en son sein la stochasticité dans son acception large (processus aléatoires temporels), la représentation de marche au hasard (paradigme mécaniciste de l'aléatoire), l'univocité bayésienne (accessibilité de la classe de référence), aussi bien que l'idée d'un univers des possibles stable et posé en prolégomène (prédéfini et permanence des espaces des phases). Les incidences de ces conventions tacites sont nombreuses et ne sauraient à notre sens se réduire à la seule contamination de la pensée financière par le « virus brownien⁶¹⁰ ». Notre optique est celle – globale et en quelque sorte post-structuraliste – de Cassirer, là où Walter opte pour une conception panofskienne réduite et historique de la forme symbolique. Nous estimons en effet avec Cassirer que la « forme » d'un système se situe plus dans les interactions qui se déploient en son sein, que dans ses structures morphologiques, lesdites interactions échappant pour l'essentiel aux contingences environnementales qui contribuent certes à les modeler, mais ne les déterminent pas d'un point de vue ontologique. Quant aux structures morphologiques dont il est question, elles peuvent être envisagées selon des abords très hétérogènes : elles sont en effet autant affaire de variabilité de conformations remaniées des intégrons ou des orgons (agencement de leur composantes, caractéristiques fonctionnelles, etc.) que de *formes* nouvelles produites par leurs interactions (*patterns* au sein des chroniques de prix, nouveaux instruments financiers dérivés, voire marchandises particulières résultant d'une démarche d'innovation).

⁶⁰⁹ *Ibid.*

⁶¹⁰ L'expression est celle de Christian Walter [2009].

Envisagée de la sorte, la forme symbolique probabiliste excède le champ d'un simple cadre épistémologique et ouvre la voie à une analyse plus précise de l'influence décisive des représentations au sein des systèmes financiers qui nous occupent.

8.3.2. La forme symbolique probabiliste : un obstacle épistémologique

Comme Panofsky [1975], Walter interroge une modalité représentationnelle particulière à l'aune du concept générique de forme symbolique : la perspective dans les arts chez le premier, le mouvement brownien en finance chez le second. Les similitudes argumentatives abondent entre les deux auteurs. En premier lieu, l'un et l'autre évoquent les nécessités d'une *technè* convoquée en vue de permettre la représentation. Ils identifient chacun aussi l'effort de « scénographie », pour ne pas dire de simulacre du réel, rendu nécessaire par sa mise en œuvre – en écho à la critique platonicienne de la substitution de « l'essence symétrique » par le « semblant beau⁶¹¹ ». La perspective, selon Panofsky, singerait l'espace comme la marche aléatoire brownienne réduirait le hasard pur à une pâle copie simplifiée pour Walter. L'artiste et l'investisseur font tous deux fi des *dimensions* réelles des phénomènes qu'ils abordent pour se concentrer sur la plus fidèle transcription de leurs configurations apparentes, fût-ce au prix de la glorification excessive d'un représenté *docile*, au détriment d'un réel par trop revêché. En deuxième lieu, Panofsky perçoit une logique d'ordre historique dans la concomitance entre l'abandon de la spatialité classique en arts au profit de son évolution projectiviste plus « rigoureuse », et le renoncement à une conception de l'infini « en puissance » héritée d'Aristote vers un infini « en acte » rattaché à la sphère humaine par la Raison – là où Walter évoque la *préparation* de la réception théorique du modèle brownien par le socle ternaire mécaniciste dont nous avons précédemment rendu compte⁶¹². Ce processus de maturation pourrait en partie expliquer l'insuccès de la thèse de Bachelier au moment de sa parution et sa *redécouverte* ultérieure. Enfin, il nous paraît important de souligner que pour la perspective, aussi bien que pour le mouvement brownien, « on avait, selon les termes mêmes de Panofsky⁶¹³, réussi à opérer la transposition de l'espace psychophysique en espace mathématique, [c'est-à-dire], l'objectivation du subjectif⁶¹⁴ ».

Perspective et mouvement brownien relèvent d'une logique commune, en vertu de laquelle « un contenu signifiant d'ordre intelligible s'attache à un signe matériel d'ordre sensible pour s'identifier à lui⁶¹⁵ », lequel signe agit en retour sur les appréhensions collectives « culturelles »

⁶¹¹ PLATON, *Le Sophiste*, cité par Panofsky [1975], p. 70.

⁶¹² Pour mémoire : « théorie des erreurs - théorie des moyennes - loi normale de l'erreur ».

⁶¹³ *Ibid.*, p. 59.

⁶¹⁴ Il serait plus précis d'écrire, au sujet du hasard, que « l'on avait réussi à opérer la transposition d'un *processus* psychophysique en *processus* mathématique ».

⁶¹⁵ Panofsky [1975], p. 78, à propos de la forme symbolique chez Cassirer.

des phénomènes et de leurs interactions fines. C'est ce que Walter [2013] illustre très justement en mettant en évidence la convergence du modèle hérité de Quetelet en moyennes et erreurs et le développement de la gestion indexée, notamment sous-tendue par la possibilité d'établir des comparables exprimés en termes de risques et de rendements (modèle du MEDAF), sortes de mesures d'équivalence générale entre les éléments des marchés autant qu'en référence au marché lui-même.

Il existe chez l'homme une forme d'aversion atavique au hasard, issue d'une nécessité d'ordre évolutionnaire de contrôle sur son environnement [Lejeune, 2007]. Il s'ensuit un « besoin de causalité » duquel dérive le mythe explicatif – forme symbolique primitive progressivement supplantée par la pensée probabiliste, qui certes tait la causalité, mais ne la nie pas, au profit d'une scientificité renouvelée. Les formes symboliques se déploient en effet en situation de concurrence, voire de conflit, les unes par rapport aux autres, bien que leurs champs représentationnels puissent parfois se recouvrir ; c'est là même l'une de leurs caractéristiques [Cassirer, 1923]. Paré des atours de la scientificité que lui confère le formalisme de Kolmogorov, de même que son efficacité calculatoire, le langage probabiliste a bien évolué selon les trois phases menant au « nouvel esprit scientifique » décrites par Bachelard⁶¹⁶. Paradoxalement en finance, il semble toutefois souffrir de certains des écueils *anachroniques* propres aux formes de savoir de l'« ère préscientifique » :

- « L'obstacle verbal » a trait à l'usage d'un répertoire sémantique et symbolique de nature quasi-métaphorique. Au lieu de se figurer une moyenne relative à une distribution, les agents se représentent cette notion de manière simplifiée, non barycentrique (distributions homogènes), dans les meilleurs des cas sur la base de distributions gaussiennes. Cette déficience s'accroît avec la magnitude des moments considérés (ainsi que nous l'avons vu, la variance historique des processus stochastiques de marché est souvent infinie, mais jamais perçue comme telle).
- « La tentation de l'explication globalisante » induit la réduction synthétique de la complexité réelle des phénomènes à quelques grandeurs émergentes dont le prix est l'archétype. La théorie financière tout entière (dans sa forme orthodoxe) est d'ailleurs fondée sur « l'explication globalisante » : les actifs sont fongibles entre eux (CAPM),

⁶¹⁶ Nous rappelons au lecteur ce dont il s'agit : à l'état dit « concret » qui est celui de l'observation de la nature (« ère préscientifique » depuis l'Antiquité jusqu'au XVII^e siècle), succède celui que Bachelard qualifie de « concret-abstrait » (période de la méthode moderne, des Lumières et du positivisme du XVII^e siècle à 1905), marqué par une « géométrisation théorique » rigoureuse et fortement mathématisée. Cette évolution aboutit à l'état « abstrait », essentiellement formel et conceptuel, autonomisé dans son développement vis-à-vis de l'empirie [Bachelard, 1938].

l'historicité propre n'intervient pas (martingalisation), l'environnement est réputé non-rugueux et stable, et les agents y sont homogènes (hypothèse de rationalité parfaite).

- La modélisation néo-classique est en quelque sorte substantialiste dans la mesure où elle considère ses objets comme *pétris de hasard*, par la nécessité de la dynamique de marché. Le hasard serait cette substance qui confère certaines des propriétés qualifiantes aux actifs de la finance.

Si l'approche probabiliste permet de projeter utilement le hasard sur les dimensions de la certitude scientifique nomologique, elle s'avère en elle-même porteuse de nouvelles sources d'incertitudes ou d'ambiguïtés langagières et conceptuelles. L'applicabilité universelle de Loi des grands nombres au champ des faits économiques – envisagée en tant que quasi-postulat stipulant la possibilité de jonction entre le discret de l'événementiel phénoménal et le continu de la théorie mathématisée – est au nombre de ces conditionnements globalisants biaisant fondamentalement les modes d'appréhension du réel par les agents.

Sur la base de la « théorie du reflet », selon laquelle le langage agit en miroir des structures mentales des individus, on peut par ailleurs questionner la *naturalité* éventuelle d'une conformité réciproque des biais cognitifs agentiels aux déformations induites par le langage probabiliste. Ce « co-conditionnement » est par exemple évoqué dans la thèse de Panofsky [1975] portant sur la perspective comme forme symbolique : si principalement la représentation perspectiviste a dû s'établir sur une déformation géométrique du réel en raison de la nécessité réaliste d'une prise en compte des biais psycho-physiologiques des observateurs (mécanismes de compensation, artefacts de déformation latérale, etc.), cette modalité figurative particulière a opéré en retour un conditionnement profond, fondamental et durable sur la représentation même de l'espace par l'homme.

Le « virus » brownien décrit par Walter doit à notre sens être envisagé comme un élément *pathologique* d'une forme symbolique plus large (celle du langage probabiliste dont elle est le parangon stochastique pour les processus de marché), qui pour sa part constitue un « obstacle épistémologique » au sein du domaine que nous considérons et plaide en creux pour une approche philosophique transdisciplinaire et pluri-conceptuelle du type de celle que nous défendons. Il est en partie responsable de la perception inadéquate des événements critiques, car il en fait des aberrations qui *doivent* cesser pour que le régime « normal » puisse de nouveau s'instaurer.

La valeur financière théorique est établie sur la base de la dichotomie entre une composante fondamentale (celle des « entrepreneurs » keynésiens), résultante déterministe d'un ensemble

d'anticipations et d'évaluations rationnelles, et une composante stochastique (le « bruit » des spéculateurs de Keynes ou des *noise traders* de Black). Pour être universellement valide, cette dernière adopte la forme « neutre » d'une homothétie du processus de Wiener standard, et a conduit à considérer les « erreurs » dans l'optique du théorème de Laplace-Gauss. Or, les erreurs ne sont pas de la nature décrite par la théorie et leurs asymétries expliquent en partie les défauts de l'hypothèse d'efficience. En particulier, lorsqu'il s'est agi, dans les années 1980, de confronter cette hypothèse à l'empirie des crises spéculatives récurrentes, loin de remettre en cause son bien-fondé, « les débats se sont déplacés (*problem shift*) vers la recherche d'explication des écarts constatés [...] les universitaires [ayant eu] recours à des « stratagèmes conventionnalistes^{617,618} » », s'appuyant sur un ensemble d'« hypothèses auxiliaires » (au sens de Duhem-Quine)⁶¹⁹ à même de compenser les déficiences de la théorie afin de sauvegarder sa philosophie profonde [Lakatos, 1970]. Le mécanisme à l'œuvre est celui du « consensus » de Kuhn dont l'objet n'est autre que d'assurer la sauvegarde de la théorie tant qu'une alternative suffisamment satisfaisante ne peut lui être substituée ou jusqu'à ce que « [s]es colonnes vermoulues ne [puissent] plus supporter un édifice qui branle de toutes parts⁶²⁰ ».

Il faut par ailleurs préciser que l'écriture probabiliste n'est pas seulement une forme de savoir, c'est aussi une « technique » à part entière. Or :

[d]ans son épanouissement, la technique ne vient pas elle non plus simplement se juxtaposer aux autres directions fondamentales de l'esprit, pas plus qu'elle ne prend rang pacifiquement et harmonieusement parmi elles. Non seulement elle se cramponne à sa propre norme, mais elle menace de poser celle-ci comme un absolu et de l'imposer aux autres domaines. Ceci entraîne dans la sphère de l'activité de l'esprit, et pour ainsi dire en son sein même, un nouveau conflit⁶²¹.

Il semble en la matière exister une force de rappel puissante vers la trivialité de la forme symbolique probabiliste, paradoxalement sauvegardée par le façonnement d'édifices mathématiques parfois extrêmement sophistiqués. Cette tendance à un retour vers un « modèle idéal chimérique » conduit Ayache [2004] à percevoir le processus stochastique (*stochastic process*) comme une « rétrogradation stochastique⁶²² » (*stochastic regress*). Elle fait écho à la

⁶¹⁷ [Popper, 1985], p. 65, cité par Walter [2013].

⁶¹⁸ [Walter, 2013], p. 198.

⁶¹⁹ « Les hypothèses auxiliaires furent relatives à la calculabilité de la valeur, à la rationalité des attentes des agents et à l'agrégation de l'information dans les prix », *ibid.*, p. 199.

⁶²⁰ [Duhem, 1906], cité par Walter [2013], p. 253.

⁶²¹ [Cassirer, 1930], p. 91.

⁶²² Pour éviter toute ambiguïté liée à la polysémie du terme « régression », nous privilégions l'expression « rétrogradation stochastique ».

« tendance rationaliste naturelle de l'homme » décrite par Kojève⁶²³ [1932] et sous-tendue par un argument « d'efficacité » de la modélisation probabiliste.

Enfin, comme le concept de déterminisme causal, le probabilisme doit être reconnu comme « idée régulatrice⁶²⁴ » au sens kantien du terme, c'est-à-dire en vertu de sa capacité à « légitimer » les efforts de recherche et de modélisation visant à l'amélioration des théories dépendant de ces partis-pris conceptuels. La persistance de cette « idée régulatrice » est à rebours liée à la puissance opératoire de la démarche de mathématisation des phénomènes observables et quantifiables dont les processus transactionnels font partie. Nous nous proposons d'en détailler à présent les principales limites.

8.3.3. Des limites de la mathématisation

Convaincu du primat de la modélisation mathématique et de la pertinence de ce qu'elle dit du monde, Bachelier [1901] conclut sa démonstration historique par ces mots péremptoires :

Si [...] j'ai comparé les résultats de l'observation à ceux de la théorie, ce n'était pas pour vérifier des formules établies par les méthodes mathématiques, mais pour montrer seulement que le marché, à son insu, obéit à une loi qui le domine : la loi de la probabilité⁶²⁵.

Autrement dit, les mathématiques permettent non seulement d'exprimer le réel dans le cadre balisé et systématique d'une théorie, mais semblent témoigner aussi, plus fondamentalement, de la réalité ontologique du monde et des règles qui le régissent. La méthode probabiliste est là convoquée par Bachelier avec la force d'une évidence et l'intransigeance d'une norme. Ainsi que nous l'avons vu, hors du champ de la technique mathématique, elle opère en outre à la manière d'une forme symbolique ; elle investit le champ, bien plus vaste et déterminant du sens jusque dans sa dimension interprétative. La théorie financière véhicule ainsi autant un savoir-faire analytique qu'elle met en branle tout un système de représentations et de croyances.

Dans son *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* Claude Bernard [1865] conçoit – très classiquement – le déterminisme comme « rapport absolu et nécessaire des choses » du vivant comme de l'inerte, tout en considérant les limites inhérentes à la théorie elle-même en ce qu'elle constitue une représentation nécessairement imparfaite de la réalité qu'elle cherche à

⁶²³ Kojève faisant pour sa part référence à la persistance du modèle causal. Cf. p. 139.

⁶²⁴ *Ibid.*, p. 137.

⁶²⁵ *Op. cit.*

circonscrire. La théorie financière orthodoxe tend à procéder selon une logique proche : le *pseudo-déterminisme* fréquentiste prône une vision en vertu de laquelle tout événement affectant la chaîne informationnelle des marchés *doit* – de toute nécessité – induire un repositionnement conforme de la valeur. La cohérence de l’édifice repose sur l’action équitable et non entravée de la loi de l’offre et de la demande, le marché se présentant à la fois comme *milieu naturel* de l’information et dispositif technico-institutionnel de sa transmission entre les agents ; Brian et Walter [2008] affirment à cet égard que les marchés financiers « se définissent par leur capacité à transformer de l’information en prix ». L’efficacité *ex post* témoigne par ailleurs de la dilution des causalités transactionnelles locales dans un bain d’indéterminisme envisagé comme le reflet de l’aléatoire sous-jacent du monde.

La complexité des interactions et sous-déterminations réellement à l’œuvre est telle que la théorie doit adopter un ensemble d’hypothèses simplificatrices à la fois normatives et positives pour appréhender les phénomènes qu’elle cherche à décrire. Et, dans la mesure où elle doit tenir compte d’événements critiques rares à même de bouleverser jusque les structures profondes des espaces des phases, elle comporte une dimension structurelle « sémantique et interprétative » basée sur la « lecture » de l’économie [Bouleau, 2011], que ce soit au niveau de l’établissement des anticipations fondamentales, ou du point de vue de la représentation de la relative *terra incognita* des queues de distribution statistiques et des « turbulences⁶²⁶ » au voisinage de grandeurs intensives divergentes, celles dont Mandelbrot [1997] disait qu’elle subissent la tendance de la théorie à en écrêter les valeurs extrêmes ou à y appliquer des transformations linéaires. La persistance du paradigme du modèle gaussien, là où les distributions Lévy-stables devraient pouvoir s’appliquer, témoigne de cette tendance première de la mathématisation à visée opérationnelle.

L’hypothèse centrale d’efficacité informationnelle des marchés pose elle-même question, en ce qu’elle semble fondamentalement échapper à toute tentative de « preuve » : « aucun test (statistique) ne peut trancher [cette] question » affirme LeRoy [1989⁶²⁷]. Comme le rappelle Mignon [2008] tout test de l’hypothèse d’efficacité, est en effet aussi un test du modèle d’évaluation des actifs⁶²⁸ :

[...] tester l’efficacité au moyen même d’un simple test de marche aléatoire ou de martingale est déjà un test joint puisque l’on suppose dans ce cas que le modèle de

⁶²⁶ On notera avec Ekeland [1995] que les théories du chaos et la modélisation des systèmes turbulents (anticipations agentielles, alternance générationnelle, etc.) ont permis d’appréhender différemment certains phénomènes complexes à l’origine de la cyclicité des crises, traditionnellement traitée comme un facteur stochastique extra-théorique.

⁶²⁷ [LeRoy, 1989], p. 159, cité par Walter [2013].

⁶²⁸ Cet argument tire son origine des travaux de Fama.

formation des prix répond à un processus de type marche aléatoire ou martingale. Une conclusion majeure est qu'il est impossible de déterminer avec certitude si le rejet de l'hypothèse nulle provient de l'inefficience du marché ou d'une mauvaise spécification du modèle d'évaluation retenu. En revanche, si l'on accepte l'hypothèse nulle, ceci signifie que l'efficience est acceptée puisque, dans ce cas on accepte à la fois l'efficience et la validité du modèle d'évaluation, ce dernier « incluant » l'hypothèse d'efficience.

Le nécessaire asservissement de celle-là à celui-ci éclaire l'assertion de Le Roy⁶²⁹. Cette problématique est à ce point fondamentale que Fama [1991] lui-même en fait état (« La notion d'efficience informationnelle des marchés et la question de l'évaluation des actifs financiers sont indissociables »), estimant qu'il faille malgré tout continuer de tester l'hypothèse d'efficience en raison de l'importance de ces travaux sur « la vision et la pratique des professionnels du marché⁶³⁰ ». Fama manifeste là une certaine prudence vis-à-vis de la mathématisation et de ses limites, loin de la tentation *essentialiste* que les professionnels peuvent afficher, à dessein – du fait de leurs intérêts particuliers à se doter d'un cadre normatif, prédictif et opératoire stable – ou malgré eux, tant les influences sur leurs systèmes de représentation sont profondes.

Bouleau [2011] va jusqu'à évoquer, à raison, une forme de *foi néo-galiléenne* en la capacité de révélation de vérités nouvelles « cachées » rendues accessibles par le « dévoilement syntaxique » que permet la méthode mathématique. Paradoxalement, la capacité de raffinement dudit dévoilement agit à la fois comme élément de renforcement de la qualité épistémique des modélisations développées et comme facteur d'adhésion à la croyance, largement illusoire, selon laquelle la perfectibilité des représentations théoriques pourrait permettre de circonscrire vraiment les phénomènes qu'elles cherchent à décrire. C'est ce qui nourrirait, selon Bouleau, une tendance à « la mathématisation excessive », qui négligerait le *caveat* hégélien stipulant que tout exercice raisonné de l'entendement comporte une part de « destruction », appauvrissant et dissociant les choses du monde qu'il manipule⁶³¹. L'illusion techniciste dérivée du perfectionnement modélisateur masque par ailleurs que, souvent, on néglige le fait que « l'on applique des méthodes sophistiquées à des hypothèses vagues » [Bouleau, 2009a]. Elle occulte nombre des approximations axiomatiques, savoir théoriques sous-jacents et autres infra-interprétations, pourtant décisives dès lors que l'on a affaire à l'appréhension de la complexité. Au-delà du seul champ de l'économie financière, il faut y voir l'un des obstacles lourds portés en

⁶²⁹ L'intrication entre l'efficience et le modèle d'équilibre qui lui est corrélatif pose en outre le problème de la non-falsifiabilité de la théorie selon Guerrien et Gun [2011], donc en creux celui de la scientificité de la théorie financière des marchés.

⁶³⁰ Cit. par Mignon [2008], p. 25.

⁶³¹ Georg W. F. HEGEL, *La différence entre les systèmes philosophiques de Fichte et de Schelling*, 1801, Paris, Vrin, Bibliothèque des Textes Philosophiques, 1986. Hegel distingue l'entendement de la raison, raison à laquelle il confère justement le pouvoir d'enrichir le dissociatif porté par l'entendement.

son sein par la forme symbolique probabiliste, partout où elle se déploie dans les affaires humaines.

Pour pertinentes qu'elles soient, les lois de la physique elles-mêmes portent une part irréductible de conventionnalité : elles ne sont autres que « formes artificielles symboliques du réel » [Bergson, 1907] ; et l'édifice mathématique de nécessité logique sur lequel elles reposent n'y change rien. Si les mathématiques permettent de dire quelque chose du monde, il convient de les subordonner aux phénomènes. La non-substituabilité historique des faits et choses relevant du complexe doté d'intentionnalité amplifie selon nous cette assertion, tant sur les plans métaphysique qu'épistémique. Par ailleurs, la mathématisation excessive manifeste dans le champ de la discipline financière a pour effet selon Bouleau [2013], d'induire – en plus d'entretenir l'illusion *techniciste* précédemment évoquée – une forme de « confiscation » *techniciste* du débat politique autour de la gestion économique des sociétés au profit des experts, renforçant de fait les effets d'auto-référentialité qui s'y produisent. Elle n'est donc pas neutre et va jusqu'à influencer la manière dont le sens s'y constitue.

8.3.4. Une mise en marché du sens

Bouleau [2009] conçoit l'opération de mathématisation de l'aléatoire comme une réduction : « probabiliser une situation est fondamentalement une éviction, un effacement *du sens*⁶³² », car une telle opération occulte en partie la compréhension nécessaire des situations interprétées. Un tel appauvrissement, s'il est parfois nécessaire⁶³³, n'en est pas moins parfois problématique, notamment dès lors qu'il est question de la perception de risques liés à l'expression de comportements humains. Malgré cela, le XX^e siècle a bien été marqué par l'« éviction graduelle de l'économie interprétative non mathématisée » [Bouleau, 2011]⁶³⁴. Comme le souligne Lassègue [2016], l'existence d'une « plurivocité originaire du sens » fait de toute forme symbolique une « construction particulière » que l'on ne saurait envisager comme préalablement donnée. Le sens est fait d'« horizons » multiples à la lisière desquels la forme symbolique peut se déployer, au contact d'autres formes symboliques, chacune traçant un sillon autonome : celui d'une signification *a contrario* « immanente ».

⁶³² Nous articulons ici sens et signification, entendant la signification comme l'ensemble de ce qui est impliqué en termes de dénomination, de connotation (associations d'idées, liens entre concepts) et de réactions induites chez les agents. Le sens correspond pour sa part à la manière dont les événements sont interprétés en fonction d'un agrégat référentiel culturel inscrit dans l'histoire. Pour Bouleau, « c'est la signification de l'événement qui fait le risque ».

⁶³³ Bouleau concède par exemple que « dans le cas particulier de la physique, [elle soit] le résultat du processus de construction des connaissances scientifiques sur les lois de la matière », *ibid.*

⁶³⁴ « *A gradual eviction in the backyard of all that concerns the interpretation of phenomena* » (traduction personnelle).

À un niveau infrastructurel dans le cadre des systèmes transactionnels organisés, des morphologies signifiantes peuvent émerger en tant que manifestations phénoménales de la forme symbolique probabiliste et constituer autant de substrats *transcendants* à part entière, en ceci qu'elles s'avèrent parfois en mesure de gouverner, selon des modalités propres, la façon de produire du sens.

Plus précisément, il convient d'observer que la forme symbolique probabiliste opère « une projection de l'espace multidimensionnel de la signification vers le quantitativement valable⁶³⁵ ». Son écriture est héritée du formalisme de Kolmogorov, mais ses modes de représentation usuels sont principalement ceux du probabilisme fréquentiste « ludique ». Elle instaure de ce fait un régime singulier où, loin d'enrichir la production de sens, elle semble l'altérer et dans certains cas la restreindre. Le système de prix se présente quant à lui comme un *condensat* de la forme symbolique probabiliste, condensat dont les éléments s'établissent sur la base de lois et sont décrits au moyen de moments mathématiques d'ordre faible qui ont pour effet de masquer la complexité réelle des trajectoires individuelles, que celles-ci soient bénignes ou à l'inverse radicalement décisives. La fixation d'une valeur d'échange à partir d'un modèle établi sur la base d'une loi de distribution pré-fixée est une opération neutre vis-à-vis du processus qui lui est sous-jacent. Néanmoins la « relation d'équivalence » apparente – entre le signifiant et le valable – qui en découle constitue une « mutilation » de la réalité pour Bouleau, ce qui peut aller jusqu'à s'avérer préjudiciable au système économique dans son ensemble⁶³⁶. Pour l'exprimer plus en détail, les événements du monde sont porteurs de sens, ce sens est à la fois effacé par la modélisation probabiliste et *écrasé* par l'opération de projection-réduction sur l'espace des prix. Ainsi constituées les morphologies rendues visibles par le système de marché (p. ex. : régimes de corrélation entre actifs, patterns de prix) deviennent elles-mêmes supports signifiants, et de ces significations dérivent des choix qui fondent récursivement la dynamique observable des marchés et *ipso facto* de nouvelles morphologies potentielles. Les marchés n'étant pas juxtaposés au monde, mais le constituant en partie, les événements sous-jacents qui s'y produisent s'en trouvent par la suite eux-mêmes altérés par les flux d'informations relatifs à leur valeur et à leur utilité⁶³⁷.

Nous avons là affaire à une réductibilité non seulement théorique mais aussi opérationnelle à partir de laquelle se fonde l'institutionnalité *concrète* du système d'échange ; notre premier argument est donc celui de la performativité ontologique de la forme symbolique probabiliste.

⁶³⁵ Nicolas BOULEAU, « Limite de la valuation économique des risques », *CIREP Working Papers*, 2011.

⁶³⁶ Pour Bouleau elle nuit par exemple à la prise de décision politique sur la base d'une analyse « coût-bénéfice » – étant entendu que le « coût » ici mentionné l'est dans la perspective de Markowitz, c'est-à-dire en tant que risque (modélisé par la variance) –, laissant le champ à de néfastes conséquences de tous ordres, dont celui de l'éthique.

⁶³⁷ Plus prosaïquement dans le cadre des marchandises tangibles, l'altération se matérialise notamment par les opérations de livraisons physiques, affectant la marche des mécanismes productifs de l'économie « traditionnelle ».

Ensuite, il faut reconnaître que le masquage du sens opère par le biais d'un mode de représentation certes limitatif permettant une dynamique alternative de coordination sociale. Ce masquage ne relève selon nous pas simplement d'un effacement, il obère plutôt le sens par un *recouvrement technique* établi sur un substrat théorique mathématisé.

Au final, ce qui est en jeu, c'est la *mise en marché synthétique du sens*, par le truchement dual de la représentation probabiliste et de la projection marchéiste. Comme l'observe fort justement Élie Ayache [2004], à l'idée des représentations du monde « théoriquement complètes » (au sens de Destouches-Février [1951]), réputées indépendantes de tout sujet car assimilées à des « descriptions objectivistes », il convient de substituer en économie une conception qui tienne raisonnablement compte du libre arbitre des agents dans la conduite de leurs affaires (ici dans la fixation des prix envisagés comme *pseudo-mesures*). Il s'agit bien là de reconnaître à la contingence historique une sorte de primauté et d'envisager les processus transactionnels à la manière de dérivations de jugements relatifs au sens (dimension interprétative) autant qu'à la nature (dimension *fondamentale*) des choses, jugements non pas créés mais bien ancrés au sein d'un réseau d'intersubjectivités médiées. Le sujet se trouve de la sorte réhabilité dans sa position métaphysique transcendantale, autant que du point de vue de son inscription dans un corps social organisé. Dans cette optique, le registre interprétatif ne saurait être simplement convoqué comme supplétif à une rationalité agentielle que la théorie peut concevoir comme limitée par la modélisation de ses biais, mais également comme corrélat tacite nécessaire à toute marchandise mise en marché. Madison [1990] va ainsi jusqu'à affirmer que « les statistiques sont elles-mêmes des interprétations. « Les faits économiques » sont des interprétations de la part des économistes ; ce sont des interprétations du comportement actuel d'une myriade d'êtres humains dont les actions sont en elles-mêmes interprétatives⁶³⁸ ».

La défaillance des méthodes usuelles de valorisation des entreprises de la « Nouvelle Économie » au tournant des années 2000 explique autant l'occurrence de la bulle spéculative qui s'est produite que la représentation tenant du mythe selon lequel une rupture de paradigme eût opéré : en la matière, le mythe de la valeur intrinsèque de toute *intuition* entrepreneuriale opérable par la technologie et amplifiable par le jeu du financement privé de gré-à-gré (*capital venture*) [Osnabrugge et Robinson, 2000]. Près de deux décennies plus tard, malgré l'imprégnation traumatique de cette crise, il nous semble que derechef le marché se polarise, cette fois autour des promesses de la désintermédiation (*blockchain* et *uberisation*) et dans le contexte organisé de liquidités abondantes issues des assouplissements quantitatifs organisés par les principales banques centrales mondiales.

⁶³⁸ [Madison 1990], p. 47 (traduction personnelle).

La question de la place du sens au sein des systèmes économiques nous amène ici à questionner la nature même de l'acte d'échange, ce dernier agissant comme finalité desdits systèmes⁶³⁹ autant que comme condition de leur réalité ontologique. Nous nous intéresserons, à cet égard, au rôle de la monnaie non seulement comme intermédiaire mais aussi comme support des échanges, ce qui nous conduira à envisager une forme d'écriture complémentaire⁶⁴⁰ – l'écriture monétaire – non moins déterminante vis-à-vis des systèmes économiques et financiers, objets de notre étude.

8.4. Monnaie et médiation scripturale

8.4.1. L'écueil monétaire des sciences économiques

Les formes proto-économiques que sont le troc ou la pratique du don et du contre-don⁶⁴¹ opèrent selon des processus non médiés et essentiellement bilatéraux⁶⁴², de gré à gré. Les agents en interaction y sont généralement incarnés, dans leur corporéité (l'échange a lieu *in praesentia*) comme dans leur identité (psychologique, sociale, etc.) et situés dans le temps et dans l'espace. Avec l'apparition de la monnaie, les processus d'échanges évoluent singulièrement. La *fluidité* à la fois formelle⁶⁴³ et fonctionnelle⁶⁴⁴ de la monnaie lui permet de se constituer en tant que support naturel des échanges marchands, et sa *fongibilité* la positionne comme équivalent universel, voire comme *synthèse particulière du monde*⁶⁴⁵. Avec l'apparition de la monnaie, le marché cesse d'être principalement un point de convergence topologique pour devenir une institution à part entière : celle qui permet et organise les rapports économiques marchands.

L'école de Vienne pense la monnaie en cohérence avec les formes primitives d'échanges susdites : c'est-à-dire selon une logique naturaliste – comme une émanation des échanges, jugés princeps. Rejetant la thèse d'un constructionnisme épistémologique en la matière, Von Mises [1949] estime que la monnaie s'impose spontanément aux agents, après avoir été initialement un bien marchand semblable à d'autres, ainsi que le stipule son « théorème de

⁶³⁹ Les marchés organisés sont ici envisagés comme dispositifs techniques et institutionnels visant la production de liquidité.

⁶⁴⁰ Complémentaire à l'écriture probabiliste mathématisée.

⁶⁴¹ Nous développons ce sujet en Partie 8.5. – « Le marché comme phénomène social ».

⁶⁴² La *kula* (voir entrée « *Kula* et *Potlatch* » de l'Addendum) par exemple peut être considérée de la sorte, bien qu'elle corresponde à une chaîne (bouclée sur elle-même) d'interactions, car chaque maillon de ladite chaîne met bien en jeu un échange entre deux parties.

⁶⁴³ Sa valeur est fixée par convention et sa forme physique également.

⁶⁴⁴ Les trois principales fonctions aristotéliennes de la monnaie illustrent sa grande plasticité fonctionnelle.

⁶⁴⁵ C'est déjà en un sens ce qu'exprime Spinoza [1677] lorsqu'il écrit que « l'argent est devenu le condensé de tous les biens », un « *compendium* » unanimement accepté par les agents économiques.

régression^{646,647} ». *A minima* l'étude historique des systèmes monétaires [Aglietta et Orléan, 1982] tend-elle à démontrer que la monnaie, nonobstant le fait qu'elle puisse avoir une origine « organique » conforme au modèle proposé par l'École autrichienne, n'est pas un artefact dénué d'épaisseur⁶⁴⁸ ontologique.

Orléan [2011] affirme même que la « singularité ontologique » de la monnaie s'est avérée constituer un « obstacle épistémique » pour la théorie néo-classique de la valeur. Il est vrai que le système d'équilibre général walrasien, de même que son développement par Arrow et Debreu, envisagent les marchandises comme étant toutes réputées également liquides et échangeables *sans frottement* les unes par rapport aux autres, « produit contre produit⁶⁴⁹ ». La monnaie n'y est autre qu'un étalon, une unité de compte servant tout au plus à l'expression de la valeur en numéraire⁶⁵⁰. La méthode néo-classique en propose une sorte d'*epochè* rendant l'appréhension de la monnaie « inessentielle⁶⁵¹ », puisque l'équilibre monétaire découle *résiduellement* de celui de tous les autres biens échangés [Walras, 1874]. C'est par ailleurs aussi ce que la théorie financière orthodoxe des marchés défend puisque, par construction, le système financier instaure une forme de *fongibilité* des actifs entre eux, déniait un quelconque primat de la monnaie, cette dernière étant elle-même échangeable et soumise à des hypothèses de modélisation du même ordre que celles des autres actifs d'investissement. Il n'y a en effet pas loin entre le modèle général en temps continu de Black et Scholes⁶⁵² [1973] et ses dérivations que sont les modèles de Black (actif future, p. ex. matière première), Margrabe [1978] (option d'échange d'actifs⁶⁵³) ou Garman et Kholhagen [1983] (options de change). Ce qui différencie fondamentalement un actif d'un autre, ce n'est dès lors plus son usage mais sa liquidité, que l'on peut concevoir comme son *niveau d'échangeabilité*.

L'établissement d'une pseudo-mesure telle que le prix induit toutefois la nécessité de disposer d'un étalon permettant la fixation des grandeurs et leur comparaison. La théorie économique spécifie un numéraire dès lors qu'il s'agit d'établir la valeur d'un bien par rapport à un panier

⁶⁴⁶ « Le théorème de régression a trait à l'émergence d'un *medium* d'échange, quand un bien qui a été initialement doté d'une valeur correspondant à son usage (qu'il s'agisse de consommation ou de production) acquiert une valeur pour sa fonction indirecte vis-à-vis de l'échange. » (traduction personnelle).

⁶⁴⁷ On retrouve cette idée centrale du primat de l'usage sur la convention déjà exprimée chez Menger [1892].

⁶⁴⁸ Pour Orléan [2011] la monnaie occupe un rôle central en économie car elle n'est rien de moins que « l'institution qui fonde la valeur et les échanges ». Ses fonctions premières se révèlent d'ailleurs tôt appréhendées dans l'histoire des hommes. Aristote [1990] en identifie trois principales dans son *Éthique à Nicomaque* : la première a trait à sa capacité de facilitation des transactions en tant que support intermédiaire commode ; la deuxième est relative à la levée de la contrainte de « double coïncidence des désirs » c'est-à-dire à l'affranchissement dans l'acte transactionnel de toute notion de synchronicité temporelle et spatiale ; la troisième porte sur le fait que la monnaie puisse constituer une réserve de valeur, autrement dit une protection stable contre les dépréciations liées aux effets du temps ou des modes.

⁶⁴⁹ Il élude aussi la question des transactions se produisant hors des équilibres, le « secrétaire de marché » garantissant l'appariement statique par les prix des demandes aux offres.

⁶⁵⁰ Goux [2008] souligne qu'historiquement, la monnaie relevait d'une forme de transcendance, presque sacralisée : « La monnaie, dans son principe et dans l'une de ses fonctions, est mesure de la valeur des biens ; ils s'apprécient et ils s'échangent par rapport à un étalon relativement fixe (qui fut autrefois idéalisé, placé au temple). »

⁶⁵¹ Selon le qualificatif employé par Hahn [1965].

⁶⁵² Plus précisément, c'est du modèle de Merton [1973], qui étend celui de Black et Scholes, dont il est question.

⁶⁵³ Voir entrée « Échange d'actifs (*Asset Swaps*) » de l'Addendum.

d'autres biens. Ce numéraire n'est autre que la monnaie dans le cadre des systèmes monétaires, mais peut être une fonction de l'unité d'un actif quelconque⁶⁵⁴, pour peu qu'il soit suffisamment liquide et conventionnel, c'est-à-dire stable en nature dans le temps comme dans l'espace [Rebeyrol, 2004].

Pour intégrer la monnaie à la Théorie de l'Équilibre Général, Don Patinkin [1956] propose justement que la liquidité fonde ce qui fait sa valeur. La monnaie dotée d'une valeur objectivable peut alors, dans cette approche, être appréhendée au moyen de l'utilité des agents, comme toute autre marchandise. Dans cette perspective, Patinkin déploie concomitamment un artifice théorique destiné à tenir compte des « coûts de transactions » autrement négligés ; c'est également l'approche défendue par Lucas [1980]. Toutefois, dans l'une et l'autre tentatives, comme dans tous les modèles dits « à contrainte monétaire⁶⁵⁵ », la monnaie reste évaluée comme neutre à long terme. Lucas [1972] estime même que la monnaie est neutre à court et moyen termes : dans cette optique, la monnaie est qualifiée de « super-neutre⁶⁵⁶ ». Les Modèles à Générations Imbriquées (MGI) développés par Allais [1947] et Samuelson [1958] étendent pour leur part la portée de la Théorie de l'Équilibre Général en *naturalisant* l'agent économique baignant alors dans une temporalité paramétrique⁶⁵⁷, soucieux de la conservation intergénérationnelle⁶⁵⁸ de la valeur lorsqu'il évalue son intérêt pour la monnaie.

De tels exemples de raffinement de la théorie néo-classique illustrent bien les efforts consentis au cours des dernières décennies dans un souci de conservation épistémique. Pour autant la monnaie y reste toujours envisagée de façon réductrice, comme élément de médiation des échanges, hors du champ du social duquel elle tire pourtant sa légitimité. La confiance entre les individus, l'acceptation consciente ou subie du fait monétaire, les déstabilisations systémiques émanant de la manipulabilité souveraine de la monnaie par ceux qui ont le pouvoir de l'émettre échappe à la modélisation néo-classique et à ses dérivations, c'est pourquoi Orléan [2011] plaide pour une vision plus institutionnaliste, anthropologique et historique dans le sillage des travaux de Mauss, de Simmel ou de Simiand en la matière.

⁶⁵⁴ On considère dans ce cas que le système des prix est « normalisé » par le prix de l'actif nominal de référence.

⁶⁵⁵ Les modèles micro-économiques à la Patinkin, dits MIU (*Money In Utility*) adoptent un point de vue simplificateur et essentiellement endogène des déterminants de l'utilité. Les actifs disponibles ne s'y bornent généralement qu'à des titres de dettes et le capital n'est pas intégré à ces approches (ni la relation essentielle entre revenus et capital, intimement liée aux conditions de croissance économique). Le raffinement apporté par la modélisation CIA (*Cash In Advance*), permet de tenir compte du fait que la monnaie n'est pas seulement une réserve de valeur mais qu'elle est aussi un instrument nécessaire aux transactions. Elle impose en effet que les agents disposent sur chaque période d'investissement d'une épargne monétaire suffisante pour supporter le niveau de consommation de ladite période.

⁶⁵⁶ Entre autres monétaristes, Friedman dénie par exemple ce résultat, laissant la question de la super-neutralité de la monnaie au rang des sujets encore soumis à de vifs débats.

⁶⁵⁷ Au sens où le temps devient une variable conditionnante des choix économiques.

⁶⁵⁸ Techniquement cela peut par exemple vouloir signifier que les agents économiques se soucient de la rétention de la valeur en vue de sa transmission (héritage familial par ex.). La simple introduction modélisatoire de deux générations (agents jeunes caractérisés par l'usage de leurs revenus de travail et agents âgés essentiellement déterminés par les revenus d'épargne) suffit – dans le cadre d'hypothèses néo-classiques – à montrer que la situation d'équilibre n'est ni forcément atteignable, ni nécessairement optimal.

En opposition aux hypothèses défendues par la théorie néo-classique, l'approche keynésienne s'attache pour sa part à démontrer en quoi il est inadéquat d'entrevoir la monnaie comme une *surcouché* en situation de juxtaposition par rapport aux systèmes économiques : la monnaie non seulement s'y insère phénoménologiquement, mais y joue un rôle, parfois décisif. Ainsi la thésaurisation chez Keynes apparaît-elle comme un renoncement volontaire à la liquidité, c'est-à-dire à l'encaisse et à la détention sans risque de capital. Loin d'être un épiphénomène de la théorie, le rapport à la monnaie a des incidences directes sur la capacité conjuguée des agents à investir et donc sur le niveau de risque global supporté par le marché.

Avec le keynésianisme, la monnaie a de surcroît retrouvé ses atours de *pouvoir*, conformément à ce que fut sa position lorsqu'elle était encore l'apanage des rois sous sa forme frappée^{659, 660} ; elle apparaît désormais comme un instrument de souveraineté politique à part entière, conformément à ce qu'elle fut jadis. L'histoire contemporaine, celle de la dernière décennie, a été marquée par le recours massif, de la part des principales banques centrales, à des politiques monétaires dites « non conventionnelles » en réponse notamment aux phénomènes structurants de « trappe à liquidité » décrits et anticipés par Keynes [1936] : lorsque la puissance publique émet de la monnaie (accroissement de la masse monétaire), les taux d'intérêts baissent et enchérissent les instruments de dette obligataires. Les agents orientent leurs allocations au profit de l'actif sans risque (monnaie) jusqu'au point où la demande en monnaie devient – en théorie – infiniment élastique à la variation de taux, c'est-à-dire que l'actif (obligataire) risqué ne présente plus d'intérêt. Ce phénomène se produit lorsque les taux d'intérêt sont très faibles ; ainsi, soit la monnaie est conservée pour « motif de précaution » (visée d'épargne prudente) ou de « transaction » (anticipation de dépense courante ou d'investissement productif), soit elle est requise pour « motif de spéculation », c'est-à-dire non plus au bénéfice de la dette mais de tout autre actif spéculatif. Les politiques non conventionnelles ont pour but de servir de relais aux politiques monétaristes *traditionnelles* impuissantes en situation de « trappe à liquidité ». Par l'assouplissement quantitatif⁶⁶¹ (*quantitative easing*) et l'« orientation prospective » (*forward guidance*) les principales banques centrales mondiales entendent à la fois fournir de nouvelles « stimulations » de soutien aux marchés et orienter leurs actions en stabilisant leurs anticipations.

⁶⁵⁹ La monnaie frappée naît dans l'Antiquité en Lydie et en Ionie dès le VII^e siècle av. J.-C., puis se diffuse dans le monde grec [Herrenschmidt, 2007].

⁶⁶⁰ La féodalité, marquée par une atomisation du pouvoir au profit de seigneurs locaux, a conduit à une fragmentation du privilège – source de financement pour les royaumes – de battre monnaie.

⁶⁶¹ Le terme désigne l'ensemble des programmes de rachats massifs de titres de dettes d'états ou d'entreprises sur les marchés secondaires, ainsi que des valeurs mobilières adossées à des actifs (*Asset-Backed Securities*) par le biais de la titrisation.

Les visions divergentes de la « coordination marchande⁶⁶² » par les prix chez les néo-classiques et par la monnaie dans une approche keynésianiste, illustrent selon nous deux modalités d'évaluation non pas antinomiques mais complémentaires du rôle de la monnaie. Comme le souligne Van de Velde [2008], « le fondement de l'opposition systématique de Keynes aux néo-classiques est donc de nature macro-économique ou institutionnelle non pas micro-économique ou comportementale⁶⁶³ ». Force est de constater qu'il existe une interpénétration forte entre les formes de déterminations à l'œuvre dans les approches positivistes et constructivistes de la monnaie qui cherchent toutes deux à rendre compte desdites coordinations marchandes, coordinations dont il faut selon nous penser la coexistence plutôt que l'exclusion mutuelle. Il convient en somme d'accepter les effets des politiques monétaires sur les marchés réels autant qu'en retour le rôle structurant du système de prix sur le social institué dont la monnaie est une composante essentielle.

8.4.2. La monnaie comme forme d'écriture

L'interférence des champs d'influence de la monnaie et des marchés est antérieure à l'interventionnisme renouvelé des banques centrales : la fin du système de Bretton Woods en 1971, marquée par l'inconvertibilité de la monnaie et par la réinstauration des cours de changes flottants – déterminés par la loi de l'offre et de la demande – s'est en son temps révélée être une rupture institutionnelle majeure dans l'histoire économique, d'une magnitude au moins comparable à celle qu'a constitué la dématérialisation monétaire à partir du XIV^e siècle au sein de l'aire méditerranéenne marchande. À une monnaie jusqu'alors essentiellement tangible sont venues s'adjoindre une « monnaie graphique » (lettre de change) et une « monnaie fiduciaire » (réescompte, billet), chacune de ces formes répondant à des contraintes et besoins spécifiques [Herrenschmidt, 2007]⁶⁶⁴.

Il convient d'observer que dès ses origines la monnaie frappée a procédé d'une décision centralisée de génération *ex nihilo* (sans qu'un quelconque travail n'ait été fourni) de valeur, cette dernière provenant du différentiel entre le métal support et le nominal inscrit (« effet

⁶⁶² Nous reprenons ici le terme utilisé par Rubin dans sa recension de Franck VAN DE VELDE, *Monnaie, chômage et capitalisme*, Lille, Presses Universitaires du Septentrion, 2005, parue dans *Cahiers d'Économie Politique*, n° 52, juin 2007.

⁶⁶³ Nous reprenons cette thèse en la reformulant de la sorte : *le fondement de l'opposition systématique de Keynes aux néo-classiques n'est pas tant de nature micro-économique ou comportementale que macro-économique ou institutionnelle*. Nous soulignons là le fait que l'on ne saurait négliger les différences importantes dans le traitement des agents selon que l'on adopte le point de vue keynésien (mimétisme et pensée interprétative chez l'entrepreneur et le spéculateur) ou l'approche néo-classique (agents atomiques et symétriques sans épaisseur ontologique).

⁶⁶⁴ Comme le relate Polanyi [1944], Londres, centre économique prépondérant au XVII^e siècle avait à la fois besoin de la souplesse d'une monnaie fiduciaire pour son marché intérieur et de la *robustesse* d'une « monnaie marchandise » (étalon-or) pour ses échanges.

démultiplicateur »). Cette valeur peut être entendue comme une dette, tant que la convertibilité de la monnaie en actif tangible et liquide est garantie. Avec Herrenschmidt [2007], nous soulignons le fait que la production monétaire est à considérer comme un acte d'écriture à part entière. L'écriture doit en effet être envisagée dans son acception la plus large, au-delà de la simple transcription codée d'une langue. Herrenschmidt définit l'écriture comme un « univers de signes dont la valeur peut être identifiée à juste titre par un tiers⁶⁶⁵ ». La monnaie dérive du nombre, qui est une écriture particulière, non réflexive⁶⁶⁶. Elle permet la bascule du proto-économique impalpable et empreint de subjectivité au « rendu-visible » et quantifiable de ce qui est écrit.

Comme le spécifie Goux [s. d.], « monnaie et écriture ont [en effet] des destins parallèles » :

L'alphabet est le moment commerçant de l'écriture. La monnaie est le moment alphabétique de l'économie. Dans la lettre et la monnaie peut se reconnaître le même principe de réduction du multiple à l'un. Un élément unique sert de mesure ou d'expression à une multiplicité. La monnaie est l'équivalent général des marchandises, le moyen de ramener à la même valeur, l'ensemble bigarré et hétérogène des services et des biens.

La langue est fixée par l'écriture en -3300 mais il a fallu attendre -750 pour qu'elle se dote d'un alphabet complet⁶⁶⁷ prenant le phonème comme élément de construction unitaire. À partir de là, l'écriture se consolide et se sédimente pendant plus de 2500 ans jusqu'au sortir de la seconde Guerre Mondiale, période marquée par le couplage insigne entre l'écriture informatique, la fin du recours à l'étalon-or, l'avènement de l'inconvertibilité des devises (prélude à une nouvelle « technologie monétaire arithmétique »), et la mise en réseau du monde, donnant naissance à « l'écriture réticulaire » [Herrenschmidt, 2007]. Cette dernière permet à la fois la quasi-instantanéité de la dyade émission-réception et sa fiabilité élevée (transitivité *parfaite*), c'est-à-dire un niveau de préservation presque idéal du « signal » d'information.

On retrouve dans les mutations susdites de l'écriture la description ternaire de l'Histoire humaine de Toynbee [1973], selon laquelle à une préhistoire marquée par la lenteur du progrès technique, des moyens de communication et une relative uniformité des aires civilisationnelles, a succédé une phase historique de progression rapide des techniques, dont la diffusion restreinte en raison de communications toujours limitées a induit une différenciation forte entre les peuples.

⁶⁶⁵ *Ibid.*, p. 75.

⁶⁶⁶ L'écriture monétaire ne saurait en effet parler d'elle-même et de ses signes à la différence des énoncés de la langue.

⁶⁶⁷ « Au contraire de ce qui se fait avec les alphabets consonantiques, la lecture de l'alphabet complet ne nécessite pas la langue : c'est la compréhension qui l'appelle », [Herrenschmidt, 2007], p. 123.

La modernité a vu l'inversion des processus anciens, la vitesse de transmission de l'information excédant rapidement celle de production de nouveauté (par la technique, mais aussi dans le champ des idées), d'où une re-convergence culturelle et politique planétaire dont la vaste adoption du capitalisme libéral⁶⁶⁸ est une facette. Les écritures monétaire, informatique et réticulaire sont au cœur de cette évolution qui a sous-tendu la transformation radicale des marchés financiers. La dématérialisation des échanges a notamment aboli la nécessité de disposer d'espaces physiques de rencontre entre les agents ; ce faisant, elle a désincarné les échanges et les a en partie déshistorisés en les inscrivant dans les moindres interstices du temps chronométrique, les soustrayant simultanément au cadre du temps processuel. Il s'ensuit une appréhension stratégique des marchés par les agents tout à fait renouvelée, de même qu'un rapport redéfini vis-à-vis de la monnaie, rendue infiniment *fluide*.

La bascule technique dont nous faisons état est également une bascule épistémologique en économie :

La computation électronique de l'âge atomique, rejoint dans son principe la mnémotechnique tribale, l'inscription (par des cailloux ou des encoches) d'une dette personnelle, qui est antérieure à la monnaie proprement dite. La notation d'une dette, n'est pas la trace d'une monnaie qui aurait perdu son corps, ce n'est pas le résidu d'une espèce sonnante et trébuchante remplacée par un simple signe, devenu lui-même inconvertible. La notation d'une dette ou d'une créance (encoche sur bois, ou bits invisibles du porte-monnaie électronique), est un signe dès le départ, qui garde mémoire d'un débit ou d'un crédit. Ainsi, la monnaie digitale oblige à penser autrement la monnaie. Son statut d'information pure conduit à la concevoir à la fois comme le résultat historique d'un mouvement séculaire de dématérialisation, et aussi dans un horizon historique nouveau, dans lequel la comptabilité est première par rapport à la réserve, ou dans lequel c'est la computation et non pas le trésor qui fait l'essence de la monnaie. Celle-ci n'est que l'unité de mesure dans laquelle s'écrit le débit ou le crédit contracté entre deux partenaires. Les notions de trace, d'inscription, de transmission, de mémoire (au sens à la fois psychologique et technique), dessinent un nouvel imaginaire économique, où la virtualité ne s'oppose plus à la réalité, mais en est le tissu même.

Goux [2018] mentionne là l'écriture de la dette comme relation proto-économique autonomisée dans son rapport au substrat monétaire. Il nous semble que dans le contexte des marchés financiarisés et réticularisés, tels que nous les connaissons, l'écriture se trouve au centre d'un

⁶⁶⁸ Toynbee voit dans ce vaste mouvement historique la source d'affirmations identitaires potentiellement conflictuelles. Nous n'aborderons pas ici ce thème, hors du champ de notre exposé.

phénomène de même nature. En plus de postuler que tous les *existants* financiers (instruments dérivés, contrats de gré-à-gré d'échange d'actifs, etc.) laissent une « trace » dans les systèmes économiques, il convient de s'interroger sur leurs origines. L'émission d'un instrument dérivé procède d'un acte originel d'écriture, celui d'une formule déterministe liée à des états du monde incertains rédigée selon un ensemble de conventions contractuelles. De la même manière qu'un spéculateur peut, en théorie, souverainement décider une prise de position risquée, de quelque ordre que ce soit, un teneur de marché est libre de créer tout instrument financier qu'il souhaiterait, pour peu qu'il se conforme aux contraintes de lisibilité et d'univocité requises par la norme en vigueur. Dans l'un et l'autre cas, on a affaire à l'expression d'une volonté *ex nihilo*, certes contrainte dans son expression, mais non moins libre et riche dans la combinatoire de ses modalités de réalisation⁶⁶⁹. De ce fait, on peut affirmer que *l'existence y précède l'échange* bien que ce soit la perspective même de l'échange qui justifie l'acte d'écriture – concomitamment acte de *naissance* – d'un instrument financier.

L'acquisition de la monnaie induit – pour reprendre le schème keynésien de gestion libérale du capital privé – un arbitrage permanent de la part des agents économiques entre transaction, liquidité et spéculation. La monnaie peut être employée dans une optique consommatrice de satisfaction d'une utilité ou entrepreneuriale de création de valeur (transaction), conservée en tant que réserve de valeur et moyen d'échange ultérieur (liquidité), ou employée en raison d'une motivation chrématistique d'accroissement de richesse conditionnée à une prise de risque particulière. À l'inverse, la monnaie permet aussi une forme « d'anti-spéculation⁶⁷⁰ », puisqu'elle est nécessaire à la prise de positions de couverture, c'est-à-dire de diminution du risque. Cette nécessité découle du fait qu'à de rares exceptions⁶⁷¹ près, la gestion du risque de contrepartie inhérent à toute transaction impliquant des échanges de flux requiert le paiement d'une prime (achat d'options par exemple), d'un montant nominal avec (*turbos*, CFD, etc.) ou sans (actions, obligations standards, etc.) effet de levier, ou d'un montant de collatéral (marge initiale puis marge de variation dans le cadre des opérations compensées ou soumises à CSA). Les transactions n'impliquant pas la monnaie existent (contrats d'échange d'actifs [*Asset Swaps*], dérivés sans prime en livraison physique, etc.) mais restent rares et spécifiques au regard de la masse immense des échanges effectués contre monnaie. Dans les faits, on peut même s'interroger sur le fait qu'il

⁶⁶⁹ Nous notons que les marchés peuvent prendre la monnaie elle-même comme objet spéculatif (il existe par exemple des options sur devises) ou y faire référence comme numéraire.

⁶⁷⁰ Étant entendu que la *technè* de gestion dynamique du risque présuppose aussi l'acceptation d'une forme de spéculation « interstitielle », selon notre terminologie exposée plus loin en Partie 8.6.2. Il s'agit donc là d'un usage hybride à la fois transactionnel et spéculatif.

⁶⁷¹ Ce serait le cas par exemple d'une opération de gré-à-gré de type *forward*, non compensée et non soumise à appels de marge. Ce type de transaction tend à se faire de plus en plus rare, du fait notamment de l'exigence en transparence de la part des régulateurs nationaux, exigence que traduisent les réglementations de type EMIR ou DFA.

puisse en exister vraiment, car la nécessité d'une contre-valorisation à visée comptable ou en vue de l'estimation des risques portés par les actifs sous-jacents implique un recours, fût-il implicite, à l'étalon monétaire.

Il nous semble que l'on puisse dire de la monnaie, envisagée au sein des marchés financiers, qu'elle représente le « degré zéro de l'écriture » réticulaire (l'écriture réticulaire binaire étant elle-même le degré zéro infrastructural de l'écriture informatique) – du fait de sa neutralité – en écho au qualificatif employé ailleurs par Barthes⁶⁷² [1953] pour décrire l'écriture « blanche » de la littérature amodale ou de la forme journalistique. L'écriture réticulaire est comme une écriture sans écrivain qui ne rend rien visible. En revanche, l'écriture financière modèle le réel en lui imposant une partition mathématisée à la fois temporelle (« échéances » des instruments) et spatiale (prédéfinition des observables [les sous-jacents] pertinents). L'écriture permet en outre au marché de se matérialiser, de conserver les traces des transactions (chroniques de prix, de volumes et d'ordres) autant que d'en préparer le marquage (concrétisation du carnet d'ordres). Elle dépasse la simple inscription monétaire : en plus de permettre, comme la monnaie écrite, de contourner la double-coïncidence des besoins des agents, la cotation boursière assouplit la contrainte de double-coïncidence des moyens puisqu'elle expose – par le système des prix – en permanence la plupart⁶⁷³ de ses potentialités de réalisation au travers du carnet d'ordres et de ce fait favorise la rencontre des offres et des demandes par le jeu récursif de leurs ajustements réciproques. Le marché ne se substitue pas à la monnaie, il en développe la portée et étend ses prérogatives.

8.4.3. Écriture monétaire et « fin des probabilités »

Conformément à la conception défendue par Herrenschmidt, nous analysons donc la monnaie comme une forme d'écriture à part entière, dont nous étendons l'influence par l'action amplificatrice des marchés. Ces écritures sont aujourd'hui presque exclusivement informatiques et réticulaires, ce qui leur confère une influence jamais égalée, et des qualités ontologiquement structurantes d'ubiquité et d'instantanéité, dans leurs capacités à transmettre l'information économiquement signifiante. L'écriture des marchés permet la structuration autant qu'il assure

⁶⁷² Barthes s'intéresse pour sa part à l'écriture livresque et à sa forme *expurgée* héritée du geste de « meurtre de l'écriture » par Mallarmé, prélude à « l'écriture blanche » de Camus ou de Blanchot, autrement dit, à une forme « inerte » et stérile.

⁶⁷³ Le carnet d'ordre n'est en effet pas parfaitement exhaustif puisqu'il n'expose que les ordres les plus élevés et que certains ordres spécifiques sont « cachés », à déclenchement conditionnel par exemple.

la pérennité des liens aussi bien forts que faibles des réseaux inter-agentiels, entendus au sens de Granovetter [1973], par lesquels l'information chemine au sein des systèmes transactionnels.

L'acte d'écriture s'avère de surcroît être le moment originel de fixation des observables échangeables (instruments financiers). Il contribue en outre à redéfinir l'espace des phases dans lequel baignent ces observables, au moins localement, en affectant les caractéristiques de l'environnement préalablement institué. Bien que cela n'atteigne pas en premier lieu la *physicalité* du monde, cette dernière s'en trouve affectée du fait d'une multitude d'événements et d'externalités induits, agissant en retour sur lui. Les marchés constituent en partie le monde, ils ne s'y juxtaposent pas. Ce qui est *écrit*, c'est un risque échangeable (contre monnaie ou contre un autre risque, quelle qu'en soit la nature) : voilà ce que matérialisent tous les instruments financiers existants. On pourrait dire de l'économie qu'elle est affaire d'opportunités, la finance traitant en sus des risques émergeant de ces dernières. La finance ne génère pas de nouvelles catégories d'agents, elle actualise celles qui existent en étendant non seulement le champ des observables échangeables de leur système, mais en redéfinissant également les formes d'interactions qui les lient entre eux.

Par ailleurs, la *physicalité* du travail nécessaire à la génération des biens et à la fourniture des services dans le cadre de l'économie productive pénètre celle de la virtualité contractuelle de la finance, que l'écriture rend concrète et opérable. Départis des contraintes inhérentes à la matérialité économique, les objets de la finance exhibent des dynamiques marquées par un foisonnement combinatoire et recombinaire : ils peuvent en effet être associés (strictement sommés comme dans le cas des stratégies d'options par exemple), ou encore fusionnés sous forme de produits dits structurés au sein desquels un ou plusieurs risques se voient « hybridés ». La capacité de génération *ex nihilo* de certains instruments instancie en permanence des espaces des phases remaniés.

La « loi [économique classique] des débouchés⁶⁷⁴ » stipulant que « toute offre crée sa propre demande » s'applique également aux objets de la finance, bien que leurs processus de production diffèrent de ceux de l'économie. « Un produit terminé, offre, dès cet instant, un débouché à d'autres produits pour tout le montant de sa valeur » précise Say [1803] ; si ce *modèle* d'une économie de l'offre reste pertinent dans le champ de la finance, c'est d'une part du fait de la transitivité de l'économie productive à la finance (l'entrepreneur décidant l'extraction et l'exploitation d'un minerai précède et oriente le marché dans le façonnement de contrats à termes sur ce sous-jacent) ; d'autre part en raison de la conversion du besoin de capital en offre de titres négociables de dette ou de prises de participation (émission d'actions) ; enfin, parce que la finance

⁶⁷⁴ Dite aussi « Loi de Say ».

procède amplement d'une logique innovatrice, que la puissance créatrice de l'écriture contribue à fondamentalement structurer. Mais en économie la technique et le travail se déploient en amont de la production effective des biens et des services, là où en finance, à partir de l'acte scriptural princeps mettant en branle le transfert transactionnel des risques, survient la mise en œuvre de la *technè* de gestion dynamique de couverture.

À l'origine de l'émergence de l'innovation financière, il y a bien un acte d'écriture. Autrement dit, la possibilité d'un affranchissement complet de toute référence à un travail préalable de nature productive. La permanence escomptée de la liquidité future par les marchés sous-tend la croyance des agents en la manipulabilité des risques qu'ils génèrent, voire *in fine* de leur solvabilité. Cette croyance est à l'origine même de la confiance permettant la transaction.

Bouleau [2013] distingue deux types de marchés : les marchés physiques « socio-répartis », dits de « Type I », sont marqués par la physicalité des biens et services qui s'y échangent et présentent une inscription forte dans une topologie géographique⁶⁷⁵. C'est cette représentation qui anime d'ailleurs Auguste Walras dans *De la nature des richesses*⁶⁷⁶ [1831] :

J'appelle marché le lieu où se rencontrent des vendeurs et des acheteurs, autrement dit des échangistes, c'est-à-dire, le lieu où il se trouve, d'un côté, des hommes ayant des besoins, et d'un autre côté, des utilités rares propres à satisfaire ces besoins. La propriété fruit de la limitation, et le monopole qui est la suite de la propriété, sont cause que les utilités rares ne peuvent tomber dans la possession de ceux qui les désirent, que par le moyen d'un échange qui contient en même temps une vente et un achat. [...] Mais les utilités rares et les besoins qui les réclament ne planent pas dans les airs, ne se perdent pas dans l'espace. Les hommes couvrent la terre, et les utilités rares croissent autour d'eux. C'est toujours dans un certain lieu qu'on trouve une certaine quantité d'hommes, et une telle quantité de biens limités. Ainsi la rareté se manifeste, s'applique, se détermine ; et c'est toujours dans un lieu donné que se réalise cette disproportion très remarquable que nous avons signalée, et que le sens commun a signalée depuis longtemps, entre la somme de certains biens et la somme des besoins qui en sollicitent la possession.

Les marchés de Type I organisent autant qu'ils hébergent la manifestation sociale de la « double coïncidence » des utilités. Les marchés financiers, dans leur forme contemporaine, sont pour leur part qualifiés de « spéculo-valués » et échappent à la contrainte de physicalité, devenant des nœuds informationnels et transactionnels dématérialisés plutôt que des espaces situés de

⁶⁷⁵ Ce qui est le cas du forum romain ou des marchés portuaires à la criée.

⁶⁷⁶ Chap. XIX, citation mentionnée par Bouleau, *id.*

rencontres tangibles. L'individualité agentielle n'y a pas court et les biens y sont standardisés. L'écriture y supplante le capital, devenu, si ce n'est superfétatoire, tout du moins subordonné : les instruments de la finance échangés sur les marchés de Type II sont créés et s'acquièrent sans exiger d'équivalence matérielle sous-jacente en valeur. Contrairement à l'acception courante de la notion, le levier ne saurait être réduit à sa stricte dimension de multiplicateur de valeur nominale. Il œuvre en effet sur le risque lui-même, dans ses profondeurs temporelle (démultiplication de l'exposition « au comptant » depuis le présent vers les potentialités infinies des états du monde futurs actualisés via les dérivés « à terme ») aussi bien que spatiale (l'objet financier standard est une référence, non nécessairement adossée, ni même qualitativement conforme, à l'ensemble des produits *physiques* réellement échangés sur la base de son prix, mais un point d'ancrage à partir duquel on peut exprimer des « écarts de cotation⁶⁷⁷ »).

L'acte d'écriture pénètre profondément les systèmes transactionnels de marchés, au point d'en affecter les structures de prédictibilité, notamment en raison de sa capacité à y servir de support à l'innovation, voire à structurer le *nouveau*⁶⁷⁸. Mais, pour préciser ce qu'énonce Ayache [2010], il ne se contente pas de les « perturber », il en est selon nous un élément constitutif fondamental. Par transitivité, les marchés transmettent l'aléa et les déterminations issues de l'écriture au champ du social, loin de la neutralité apparente de cet acte dual, à la fois technique – il s'agit de formuler mathématiquement et juridiquement un accord décrivant un ou plusieurs « états du monde » futurs – et sémiotique⁶⁷⁹. L'aléatoire induit, au niveau des marchés, par l'écriture financière constitue une part de la volatilité qui y règne. En retour, la volatilité rend perceptible un risque de premier ordre qui légitime l'écriture de nouveaux instruments de couvertures adaptés (*ad hoc* ou génériques), car comme le souligne Taleb [2001], sans volatilité l'écriture optionnelle est superfétatoire, strictement « redondante » vis-à-vis de la directionnalité « naturelle » des marchés.

Permettant l'ingénierie du risque opérant au sein et par les marchés, l'écriture rend visible autant qu'univoque l'acceptation agentielle à la transaction. Sans aller jusqu'à affirmer la « fin des probabilités⁶⁸⁰ » auxquelles Ayache [2016] substitue le marché, nous estimons qu'il importe d'inverser le primat de la valeur vis-à-vis du marché. En d'autres termes, nous dirons que les

⁶⁷⁷ Les « *spreads* » quantifient les écarts de prix entre deux actifs distincts. Ils possèdent leurs dynamiques de corrélation propres et peuvent être traités comme instruments financiers à part entière.

⁶⁷⁸ Il participe de ce fait à la criticité étendue caractéristique des systèmes financiers.

⁶⁷⁹ Dans la mesure où les signes employés véhiculent le sens, ainsi mis en marché.

⁶⁸⁰ Dans *The Blank Swan*, Ayache défend la thèse selon laquelle les outils probabilistes utilisés dans la modélisation financière des marchés de dérivés sont non seulement en décalage du point de vue de leur adéquation aux phénomènes réels, mais également préjudiciables notamment parce qu'ils induisent chez les praticiens une illusion de contrôle et distordent leur perception de l'incertain (argument que nous développons également dans le cadre du présent essai). Pour Ayache l'opération de valorisation (*pricing*) doit en conséquence se substituer aux modèles probabilistes, et en référer avant tout à la réalité contingente sans cesse actualisée des prix de marché (calibration) plutôt qu'à l'idéalisation brownienne des simulations stochastiques.

probabilités ne fondent pas les marchés financiers : elles en constituent plutôt une contingence technique utile.

8.5. Le marché comme phénomène social

8.5.1. Inscription sociale de l'interaction économique

Déniant la vision naturaliste utilitaire des échanges que véhicule le *topos* d'un troc séminal perçu comme structurellement universel⁶⁸¹, les travaux de l'anthropologie économique du début du XX^e siècle ont mis en lumière l'importance, si ce n'est la prééminence, de complexes mécanismes d'ordre symbolique et social au sein des sociétés primitives [Boas, 1921] [Malinowski, 1922]. Les pratiques ancestrales de la *kula* ou du *potlatch*⁶⁸² ont en effet remis en cause les évidences les mieux établies en matière d'histoire des pratiques proto-économiques. Dans *La Révolution nécessaire*, Aron et Dandieu [1933] observent à ce sujet que :

L'étude du potlatch n'a été faite jusqu'à maintenant que d'un point de vue historique, et les sociologues mêmes qui l'ont tentée semblent s'être préservés volontairement des prolongements politiques que peuvent avoir leurs découvertes. Pourtant, celles-ci peuvent être aussi bouleversantes pour l'évolution des sociétés modernes que pour la connaissance des sociétés primitives : et l'étude du *potlatch* se révèle extrêmement féconde en enseignements concernant la véritable nature et la source essentielle des phénomènes dits économiques⁶⁸³.

Selon Mauss [1925], il convient de relativiser la croyance en une « économie naturelle » fondée sur la relation « créancier-débiteur » pour pouvoir aborder en termes acceptables les « systèmes de prestations totales » à l'œuvre au sein de peuplades amérindiennes, océaniques, comme asiatiques (des Indes notamment). Bien qu'elles restent volontaires, les relations transactionnelles en question sont de type « agonistique » car elles sont traversées par des rapports de forces symboliques et *proto-politiques* entre les parties engagées dans un ensemble de relations basées sur l'articulation du « don » et du « contre-don », relations non seulement asynchrones mais également asymétriques. Implicitement, le *potlatch* engage son récipiendaire autant qu'il le positionne vis-à-vis du donateur. Lorsque, dans ce contexte, un possédant se départit d'une

⁶⁸¹ Servet [2001], s'il ne tranche pas la question encore débattue de l'existence et de la prégnance de la pratique d'un troc originel, montre que les promoteurs de l'économie politique du XVIII^e siècle ont significativement œuvré à l'élaboration du mythe primitif de l'invention de la monnaie à partir du troc, appréhendé comme échange économique utilitaire, et l'ont de cette manière dissocié de faits anthropologiques ancrés dans le social. On retrouve cette idée formulée par Polanyi (voir sur ce thème [Servet *et al.*, 1998]).

⁶⁸² Cf. entrée double « Kula et Potlatch » de l'Addendum.

⁶⁸³ [Aron et Dandieu, 1933], p. 97.

marchandise qui lui appartient au profit d'autrui, il cède concomitamment une partie de lui-même. Cette forme d'échange est consubstantiellement environnée de psychologie, de culture et de ritualité ; elle repose en outre sur un mécanisme social de réciprocité largement évincé de la logique des marchés [Tirole, 2016]. Cependant, nous n'allons pas, comme Mauss [1925], jusqu'à poser le primat du tryptique « donner, recevoir, rendre » sur l'échange⁶⁸⁴. Nous nous inscrivons en cohérence avec la critique de Lévi-Strauss [1950]⁶⁸⁵ qui y perçoit plutôt une tentative de réconciliation de réalités anthropologiques éparses, alors que l'anthropologie structurale semble fournir des arguments antithétiques convaincants plaidant pour la préséance du rapport d'échange. De la sorte, l'exemple de l'âme (le *hau*) des biens donnés chez les Maoris en Polynésie, responsable de la contrainte de restitution en raison du caractère néfaste attaché à l'acte de dépossession, doit dans cette optique, être compris non pas comme une preuve du schéma maussien, mais comme le produit d'une rationalisation *a posteriori* du fait social princeps que constitue l'échange⁶⁸⁶.

Pour autant, nous ne dénions pas l'importance de l'inscription sociale vis-à-vis des conditions d'établissement du rapport transactionnel, ainsi que l'illustre la pratique ancienne du prêt contre service d'intérêts, attestée depuis l'Antiquité en Occident [Andreau, 1999] pour ne jamais vraiment cesser ensuite. Elle prend appui, dès le V^e siècle av. J.-C., sur des structures de banques de dépôt en Grèce puis à Rome au IV^e siècle av. J.-C. par l'entremise des *argentarii* et plus tard des *numularii*⁶⁸⁷. Elle se développe, de gré à gré entre prêteurs et emprunteurs, non seulement dans la sphère des interactions intimes mais également au sein de marchés physiques publics de la dette. « [...] [L]e prétendu intendant Savaea se rend au forum, pour le compte de son maître, afin de trouver des emprunteurs d'argent » écrit Plaute⁶⁸⁸ dans *Asinaria*. Comme dans les comédies de Térence, la pièce de Plaute fait état de ces espaces transactionnels de la Rome antique au sujet desquelles Andreau observe qu'il s'agit de structures « géographiquement restreint[e]s, sujet[te]s à de fortes fluctuations et très différent[e]s selon les produits⁶⁸⁹ ». Ces *places de marché* se confondent souvent avec les forums, sièges de la vie sociale des Romains ; certains scholiastes d'Horace mentionnent ainsi le *Janus Medius* comme centre d'affaires et d'opérations financières

⁶⁸⁴ Selon Mauss la double obligation de donner et de recevoir « pourrait faire comprendre comment les hommes sont devenus échangistes ».

⁶⁸⁵ Introduction à Marcel MAUSS, *Sociologie et anthropologie*, 1950, Paris, PUF, 13^e édition, 2013.

⁶⁸⁶ Pour Lévi-Strauss [1950], « le *hau* n'est pas la raison dernière de l'échange : c'est la forme consciente sous laquelle les hommes d'une société déterminée, où le problème avait une importance particulière, ont appréhendé une nécessité inconsciente dont la raison est ailleurs ». À partir de cette affirmation, il précise que « l'échange n'est pas un édifice complexe construit à partir des obligations de donner, de recevoir et de rendre, à l'aide d'un ciment affectif et mystique. *C'est une synthèse immédiatement donnée à, et par, la pensée symbolique...* »

⁶⁸⁷ Dans la Rome Antique, les *numularii* étaient généralement nommés par le gouvernement et dotés du pouvoir de collecter l'impôt. Ils pouvaient également développer des activités privées de tenue d'opérations de change ou de prêts bancaires.

⁶⁸⁸ Cité par Andreau [1999], p. 39.

⁶⁸⁹ *Ibid.*, p. 14.

où se rencontraient détenteurs de capitaux et emprunteurs, les usuriers (*feneratores*) œuvrant en tant qu'intermédiaires.

On voit là, bien que très succinctement, à quel point le rapport marchand – ce rapport « relatif à autrui [et] médié par l'objet de la valeur » [Orléan, 2011] – prend effet sur un substrat éminemment social, et ce dès ses origines. Des pensées économiques classique et néo-classique, objets de nos remises en cause épistémologiques, on peut cependant dire qu'elles occultent la dimension complexe et foisonnante du social pour lui substituer une objectivité s'apparentant à un *naturalisme substantialiste*⁶⁹⁰ établi sur la base des trois caractéristiques suivantes : « centralité du troc » au détriment de la monnaie, sous-estimation de l'importance de la relation interpersonnelle dans l'échange (voire sa négation dans l'approche néo-classique, qui substitue au lien social une médiation totale par les marchés⁶⁹¹), et *universalité* de la valeur dans l'interaction transactionnelle. Et si le marxisme considère que l'objectivité abstraite de la valeur est le fruit de rapports sociaux, il n'en reste pas moins fondamentalement un matérialisme dont Orléan critique le « fétichisme » vis-à-vis de la marchandise. Orléan adresse une critique similaire à Castoriadis [1978], dont l'approche socio-historique ne parvient pas à se défaire du substrat que constitue la valeur-travail. Ce faisant, il plaide pour une dissociation plus radicale fondée sur la valeur envisagée selon la perspective d'une institutionnalité profondément inscrite dans le social et déterminée par lui.

Jorion [2010] va même, pour sa part, jusqu'à enjoindre de se libérer de la référence à la valeur pour n'en référer qu'au prix, envisagé en tant que matérialisation phénoménologique du rapport entre les « conditions » sociales des individus ; c'est un parti pris que nous jugeons raisonnable si l'on souhaite pouvoir finement rendre compte des phénomènes se produisant au sein des marchés financiers organisés, que nous nous proposons à présent d'étudier du point de vue de leur institutionnalité.

8.5.2. Institutionnalité du marché

Adam Smith [1776] ne rejette pas l'inscription dans l'histoire de l'économie marchande organisée, notamment lorsqu'il met en regard la prospérité britannique de son temps avec la conjonction avantageuse de l'action des marchés et du système de liberté politique hérité de la Révolution de 1688⁶⁹². Il n'en conserve pas moins une vision ontologique fondamentale très

⁶⁹⁰ Que cette « substance » à l'origine de la valeur soit celle du travail chez Marx ou de l'utilité chez Walras.

⁶⁹¹ Orléan évoque à ce sujet une « séparation marchande ».

⁶⁹² *Ibid*, IV, 5, p. 540, cité par Manin [1983].

fortement teintée de naturalisme, « comme si l’histoire n’était, en fin de compte, que l’épanouissement de la nature » [Manin, 1983⁶⁹³]. En cela, il se distingue de la position défendue par Hayek, lui-même en décalage avec la conception des penseurs libéraux classiques. Car Hayek prône pour sa part un marché institué dans et par l’histoire, dont la « légitimité transcendante » émane d’une forme de *sélection naturelle*⁶⁹⁴ des institutions et des pratiques humaines entre elles : « [...] les règles qui se répandront seront celles qui, gouvernant les pratiques et coutumes existant dans divers groupes, rendent certains plus vigoureux que d’autres⁶⁹⁵ », écrit-il à ce sujet.

À la différence d’Aristote, Bergson [1907] pense conjointement les trois formes du vivant que sont le végétal inerte, l’animal mobile et l’humain agissant ; il considère qu’il s’agit de trois solutions singulières au problème fondamental de la dépendance à l’énergie. Il faut voir l’échange comme une modalité d’optimisation commune à l’ensemble de ces déclinaisons. Hors du rapport *naturel* de prédation, l’interaction sociale transactionnelle – envisagée dans son acception la plus large – doit dans cette optique aussi être considérée comme un avantage évolutionniste à part entière. Elle est, chez certaines espèces dites « sociales », l’équivalent d’un « méta-organe ». Tel est également le cas pour l’homme, l’institutionnalité constituant ce qui le différencie des formes plus *instinctives* ou *primitives* observées ailleurs. En outre, loin d’estimer que l’établissement des marchés soit une nécessité historique, Hayek opte pour une conception émergentiste mettant en jeu des « ordres [certes] spontanément formés » mais cristallisés par les sociétés.

Les marchés, comme lieux de fixation des systèmes de prix, participent de l’auto-transcendance de ces derniers, en agissant en tant que substrats normatifs et phénoménologiques à leur endroit. L’auto-transcendance dont il est question fonde le primat des marchés sur d’autres formes d’organisations économiques pour Hayek dans la mesure où elle est, selon lui, garante de la plus grande liberté pour les individus. On retrouve là un écho actualisé de la pensée rousseauiste, qui considère que la liberté ne réside pas dans l’absence de lois, mais dans le fait que chacun choisisse de se soumettre à leur emprise pour avoir lui-même contribué à leur formation. Envisagés en tant que modes « d’actions collectives qui contrôlent, libèrent et prolongent les actions individuelles », les marchés répondent à la définition classique de Commons [1934] de ce que sont les institutions.

Avec Hayek, nous pensons que l’institutionnalité des marchés ne s’établit pas en surplomb du social, mais est *co-constituée* avec lui. Chaque marché constitue un *orgon social* singulier, ontologiquement dual : présentant à la fois les caractéristiques d’un méta-système siège d’une phénoménalité particulière du complexe, et celles d’un environnement de nature écosystémique

⁶⁹³ [Manin, 1983], cit. p. 52.

⁶⁹⁴ Il s’agit là d’une sélection œuvrant dans la sphère du social et opérant par imitation plus que par transmission, comme le reconnaît d’ailleurs lui-même Hayek.

⁶⁹⁵ [Hayek, 1973], p. 99, cité par Maman [1983], p. 52.

au sein duquel interagissent les agents économiques non seulement par le biais des transactions, mais également au moyen des prix et de l'information (computationnelle, symbolique, etc.) qui les sous-tend. Les marchés doivent être envisagés comme des émergences stabilisées, prenant corps au sein du social, et capables de l'instituer très structurellement en retour. C'est en partie ce qui conduit Bouleau [2013] à considérer que « l'économie [financiarisée] est maintenant l'environnement de l'environnement », c'est-à-dire une sorte *d'enveloppe institutionnelle* du monde dans sa dimension sociale. Mais c'est aussi cette dualité qui justifie que l'on puisse également accepter la thèse de l'« encastrement » défendue par Granovetter [1985]. L'encastrement traduit la prégnance de l'influence des liens sociaux jusque dans les échanges économiques les plus *rationnels*. Pour autant, l'auteur récuse à la fois toute conception de l'homme sur-socialisée – c'est-à-dire amplement conditionnée par la morale ou l'éthique, à la Parsons ou à la Mauss –, autant que sous-socialisée, comme l'est celle que promeut l'orthodoxie néo-classique contractualiste⁶⁹⁶. Granovetter réhabilite l'importance des relations sociales, par exemple négligée par Williamson [1975], lorsque ce dernier s'interroge au sujet des conditions dans lesquelles les fonctions économiques échappent aux processus de marché au profit d'entreprises hiérarchiquement organisées. Là où Williamson analyse ce phénomène en matière de réduction du risque par le biais de l'intégration de transactions incertaines, Granovetter estime pour sa part qu'il s'agit de reconnaître le rôle décisif des interactions humaines, notamment dans leur forme instituée⁶⁹⁷.

À la lumière de ces éléments plaidant pour une *reconnexion* épistémologique des marchés à leur substrat social, nous nous proposons à ce stade d'envisager la question essentielle de la spéculation, autant en ce qu'elle anime et structure les dynamiques transactionnelles, que du point de vue de ses incidences sur les marchés et sur leur environnement institutionnel et politique.

8.6. La spéculation comme intentionnalité particulière

8.6.1. Une intentionnalité dirigée vers une chrématistique : perspectives historiques

Berceau des civilisations prémodernes, la Mésopotamie a non seulement abrité la naissance de l'écriture cunéiforme, mais également des formes proto-économiques du droit contractuel, de la

⁶⁹⁶ « Les comportements sont étroitement encastrés dans un réseau de relations interpersonnelles [...] cette conception évite les pièges des approches sous- et sur-socialisées de l'action humaine » [Granovetter, 1985].

⁶⁹⁷ Le simple fait que la gestion d'actifs sous mandat soit principalement évaluée en performance relative à des indices de références (dits *benchmarks*) est une source de conditionnement des agents, les incitant à agir conformément aux comportements supputés ou observés chez autrui, et réciproquement [Riley, 2003]. C'est là une illustration de l'emprise de l'institutionnalité des marchés (ici à travers de leur enveloppe d'évaluation) sur les comportements non seulement individuels mais également agrégés.

comptabilité et même de la finance. Le paragraphe 48 de la stèle millénaire exposant le Code d'Hammourabi⁶⁹⁸ stipule que :

[si] une personne a une dette suite à un prêt, et qu'une tempête abat le grain, ou que la récolte s'effondre, ou que le grain ne croît pas par manque d'eau, alors cette année-là, il n'est pas besoin pour elle de donner quelque grain que ce soit à son créancier, il lave sa tablette de dette dans l'eau et il ne paie aucun intérêt pour cette année.

On peut – très prosaïquement – voir là une disposition assurantielle archaïque assimilable à une opération de couverture de taux réalisée au moyen d'une position courte sur une option de vente (*put option*), dont l'observation ne porterait pas sur le sous-jacent lui-même (les taux d'intérêt) mais sur des « états du monde » connexes que synthétise la grandeur semi-quantitative relative à la survenue de l'événement « Baisse drastique de la récolte » (nonobstant sa cause).

Plus tard, en Grèce antique, on peut citer :

[...] l'anecdote de Thalès de Milet. Il s'agit d'une opération financière qu'on lui attribue à cause de son renom de sagesse, mais qui inclut un principe d'application générale. Comme on lui reprochait, à cause de sa pauvreté, l'inutilité de son amour de la science on rapporte qu'ayant prévu, grâce à ses connaissances astronomiques, qu'il y aurait une abondante récolte d'olives, il employa dès l'hiver le peu d'argent dont il disposait à verser des arrhes pour louer tous les pressoirs d'huile de Milet et de Chios ; en l'absence de tout enchérisseur, il les afferma à bas prix. La saison venue, comme on recherchait en même temps et sans délais, beaucoup de pressoirs, il les loua au prix qu'il voulut ; grâce à la grande fortune qu'il amassa, il prouva qu'il est facile aux amants de la science de s'enrichir quand ils le veulent mais que ce n'est pas là l'objet de leur passion.

Cet épisode historique des « pressoirs d'olives » de Thalès, relaté par Aristote dans *La Politique*⁶⁹⁹, fait état d'une opération économique mettant en jeu une somme d'informations (en l'espèce des « connaissances en astronomie ») acquise par l'effort (ici par l'expertise, donc coûteuse en temps) et risquée (son issue est incertaine), ayant permis, avant les autres agents – et à leur détriment – de réaliser un bénéfice. Il s'agit bien là d'une opération de spéculation de nature financière⁷⁰⁰ caractérisée, dont le profit constitue l'unique visée de son auteur. Selon la logique de Grossmann-Stiglitz, le marché y *compense*, par une espérance de rendement positive, le

⁶⁹⁸ On doit au roi babylonien éponyme la fixation de ce Code (à la fin de son règne, qui s'est étendu entre -1792 et -1750), considéré comme le document le plus complet traduisant la riche production juridique des cités-États de ces temps.

⁶⁹⁹ ARISTOTE, *La Politique*, Livre 1 – cité par Chavagneux [2011], p. 184.

⁷⁰⁰ On a en l'occurrence affaire à ce que l'on peut appeler à une opération de portage de type *cash-and-carry* même si le mode de transaction ne porte pas sur l'actif sous-jacent lui-même et que l'opération n'est pas dénuée de risque. Aujourd'hui Thalès aurait probablement réalisé une vente à découvert de contrats portant sur l'olive...

« coût » consenti par le philosophe à l'acquisition des savoirs complexes ayant permis l'opération. Tacitement, Thalès tient pour acquis axiomatique la loi de l'offre et de la demande et, en avance sur le marché, perçoit une opportunité que le « juste » fonctionnement de ce dernier devrait garantir. Le paiement des arrhes à la location peut être vu comme le paiement d'une prime optionnelle : elle est intégralement perdue en cas de réalisation à terme d'un état du monde défavorable (si par exemple un aléa climatique détruit les récoltes), mais permet de jouir d'un gain *presque* sûr (et bien évidemment estimé supérieur au montant initialement consenti) le cas contraire.

Ces deux exemples bien connus de l'histoire financière⁷⁰¹ nous ramènent à la dichotomie défendue par Keynes dans sa *Théorie générale*⁷⁰² entre l'action perturbatrice des spéculateurs (Thalès) et celle, stabilisatrice pour l'économie, des entrepreneurs (l'agriculteur-débiteur d'Hammourabi). L'une et l'autre figures se soucient certes chacune de leur avantage économique, mais leurs motivations divergent : l'entrepreneur a besoin de se défaire d'un risque ou de prendre une décision de gestion impliquant celui-ci avant tout parce que la conduite de son activité économique le lui impose ; le spéculateur n'est mû que par son intérêt propre, il « décide » souverainement d'avoir recours au marché, dans le seul but – non directement productif en termes de biens ou de services – de générer un profit, au-delà du rendement *naturel* du capital que représente le prêt.

Mais qu'est-ce que le prêt, si ce n'est un acte foncièrement spéculatif portant sur l'anticipation de la situation de crédit d'un tiers dans le futur ? Ordinairement, la pensée économique-politique n'envisage pas le prêteur comme un spéculateur, tant qu'il ne pratique pas l'usure. Elle considère que le prêt est un acte permettant l'activité de l'entrepreneur ; à ce titre, elle est à dissocier de la spéculation. Cet argument d'ordre pragmatique semble prévaloir très largement, dès lors que l'on se situe dans la perspective capitaliste selon laquelle l'argent porte intrinsèquement une valeur d'usage, que l'acte de créance ne fait que *révéler*. Tout se passe comme si, par transitivité, celui qui permet l'activité économique (le prêteur) à l'entrepreneur, peut se targuer du même statut.

Selon Keynes [1930], l'*homo œconomicus* incarné est foncièrement animé par des pulsions mauvaises. Luttant pour sa « survie » il adopte des comportements « mi-criminels, mi-pathologiques », témoignant de son égoïsme intéressé. Pour autant, son modèle théorique est celui de l'homme libéral, rationnel et positif. Comme Marx, Keynes envisage le système capitaliste comme une phase transitoire où la cupidité des agents économiques trahit leur « puérité ». Le

⁷⁰¹ On les retrouve par exemple cités par Whaley [2006], p. 11.

⁷⁰² KEYNES John M., chap. XII, *op. cit.*

capitalisme constitue pour l'un et l'autre un horizon dépassable au-delà duquel l'avènement d'une société d'abondance⁷⁰³ signera la maturité eschatologique du système. Keynes considère que le « capitalisme est d'abord et avant tout une *chrématistique* qui a pour but le profit⁷⁰⁴ ».

À une économie du « bien-être » utile, la philosophie aristotélicienne oppose déjà en son temps la « chrématistique » car elle vise une finalité condamnable, à savoir celle de l'enrichissement. La logique d'accumulation et la prise de risques financiers qui lui sont sous-jacentes relèvent de passions mauvaises pour la philosophie antique. Selon Cicéron, la figure de Crassus, incarne cette *hybris* particulière animée par une recherche perpétuelle et inextinguible du gain, corrélative à une vie dispendieuse, elle-même condition d'un statut social enviable [Andreau, 1999]. À Rome, prévalait dans les temps anciens un individualisme patrimonial et entrepreneurial très marqué, tolérant les groupements d'affaires, sans que ceux-ci ne prennent le pas sur la liberté propre des agents à entreprendre ou à spéculer.

Il faut croire, si l'on s'en réfère aux travaux de Mauss [1925] que nombre des morales primitives étaient essentiellement empreintes d'épicurisme et que de ce fait, elles condamnaient la recherche de l'intérêt personnel. Les monothéismes primordiaux, prônant l'altruisme, ne semblaient guère diverger sur ce point. Polanyi [1944] critique également l'hypothèse d'un homme motivé par la cupidité et la quête d'enrichissement, en s'appuyant notamment sur de nombreux contre-exemples anthropologiques de sociétés tribales prônant la redistributivité et la réciprocité. Toutefois, on pourra légitimement objecter à cela que de tels systèmes d'organisations économiques n'ont pu se déployer hors du cadre de la pré-scientificité et de *vulnérabilité* vis-à-vis de la nature – l'homme ayant un intérêt supérieur à la socialité lié à sa survie immédiate. L'avènement de la technique et la soumission par l'homme de son environnement ont considérablement remis en cause ces éléments contextuels, à notre sens primordiaux dans son rapport à l'échange.

Mauss situe la bascule historique sur la question de la spéculation aux origines de la philosophie pragmatique, avec Mandeville, moment marquant le « triomphe de la notion d'intérêt individuel », rendu compatible avec l'expression du *bien commun*, voire générateur de *celui-ci*. Il nous semble toutefois que la réhabilitation de la chrématistique ait été *préparée* par la scholastique. Dans sa *Somme Théologique*, saint Thomas d'Aquin [1273] absout en quelque sorte la relation entre prêteur et emprunteur de sa condamnation historique par l'Église, considérant qu'il n'y a nulle complicité de la part de l'emprunteur dans le péché intéressé du prêteur.

⁷⁰³ Toutefois les caractéristiques de la « société d'abondance », autant que les moyens pour l'atteindre divergent fondamentalement entre Marx et Keynes.

⁷⁰⁴ *Ibid.*, p. 23.

Le désir d'accumulation chez les hommes est de surcroît attesté depuis les sociétés les plus anciennes précédemment évoquées⁷⁰⁵. En tout endroit, il paraît subordonné à deux finalités : l'une d'ordre biologique – la réserve en ressources permet la survie, l'autre d'ordre social – l'abondance traduit la capacité à survivre et donc les rapports potentiels de domination en termes adaptatifs. Le don dans le cadre du *potlatch* décrit par Mauss⁷⁰⁶ entraîne une obligation en retour qui honore autant qu'elle contraint ; marquant la supériorité du donneur, elle enjoint de manière codifiée le récipiendaire au contre-don, dans le cadre d'une véritable surenchère⁷⁰⁷ statutaire.

Cette logique a traversé les siècles, et se retrouve en économie sous la forme de la doctrine mercantiliste qui a guidé l'action politique de la plupart des états européens entre la Renaissance et le début de la première révolution industrielle. Du fait de sa vision fixiste des richesses, le mercantilisme développe une chrématistique tout entière tournée vers l'accroissement du pouvoir que permet l'accumulation *au détriment* des puissances concurrentes [Colbert, 1615]⁷⁰⁸. Le capitalisme libéral de notre temps promeut la concurrence dont le marché est l'institution autant que le *lieu*. Mais le fixisme mercantiliste n'y a plus cours ; au contraire, de la compétition doit émaner une valeur supérieure pour les agents considérés dans leur ensemble⁷⁰⁹.

8.6.2. Spéculation *interstitielle* : la couverture dynamique vue comme *technè* d'absorption et de rétention du risque

Analysant les mutations historiques du modèle capitaliste, Aglietta et Rebérioux [2004] situent sa financiarisation au cours de la décennie 1970, décennie marquée par un accroissement notable des flux de transfert du risque entre les agents. Cette mutation est concomitante à « l'hybridation » du système, c'est-à-dire au rapprochement entre les établissements en charge de l'intermédiation financière – au premier rang desquels, les banques universelles⁷¹⁰ – et les marchés. Elle a été permise par les progrès en matière d'ingénierie du risque, risque que l'on a pu disloquer, voire atomiser en sous-composantes unitairement échangeables aux caractéristiques de manipulabilité et de liquidité différenciées, correspondant peu ou prou aux « grecques⁷¹¹ » de premier, deuxième

⁷⁰⁵ On observe notamment la conjonction d'un système redistributif prévalant au sein d'un groupe tribal, couplé à des rapports de concurrence, voire d'exploitation vis-à-vis de groupes tiers.

⁷⁰⁶ Mauss [1925] décrit par exemple le système de *potlatch* chez les Kwakiutl.

⁷⁰⁷ Chez les Kwakiutl, Mauss observe que les taux implicites attendus d'un contre-don sont proprement usuraires puisqu'ils se situent dans une fourchette s'établissant entre 30 % et 100 % par an.

⁷⁰⁸ La stratégie mercantiliste repose sur une balance commerciale en excédent, soutenue par de forts volumes d'exportation et une minimisation des importations. En ce sens, elle apparaît comme éminemment protectionniste.

⁷⁰⁹ Le système économique y est vu comme un système semi-ouvert et plastique, c'est-à-dire partiellement poreux aux événements du monde (essentiellement transmis sous forme d'informations) et déformable à leur contact.

⁷¹⁰ On qualifie d'« universels » les établissements bancaires exerçant à la fois des activités de détail (*retail banking*), et d'investissement. VERIFIER

⁷¹¹ Cf. entrée « Grecques » de l'Addendum.

et ordres supérieurs (relatives au développement analytique de l'Équation aux Dérivées Partielles⁷¹² [F2]). C'est dans ce contexte que les instruments dérivés (optionnels ou linéaires) ont connu leur essor et que la finance a pu s'établir comme « filière scientifique et industrielle du risque » [Armatte, 2010].

À la base de la modélisation des instruments dérivés, on considère un agent théorique en capacité de financer librement et de gérer dynamiquement, selon son gré, toute stratégie d'investissement que ce soit. Considérant une stratégie dite « autofinancée » (c'est-à-dire ne nécessitant pas d'apport monétaire⁷¹³ autre que l'endettement ou le placement de numéraire, tout au long de l'opération d'investissement), la théorie stipule qu'un marché est réputé « viable⁷¹⁴ » à la condition qu'aucune stratégie autofinancée ne puisse générer de revenu excédant les taux sans risques (valeur du numéraire) et ce, de manière certaine. Cette proposition revient à établir le fait que les cours actualisés de l'ensemble des actifs cotés soient descriptibles en termes de processus martingales ; elle fait écho à ce que préconise l'efficience. Cet axiome fondamental de la viabilité s'accompagne en outre de l'hypothèse, moins triviale, de la complétude, qui stipule que toute option puisse être « simulable », c'est-à-dire parfaitement répliquable par un portefeuille autofinancé. Ces conditions sont à la base même de l'établissement des modèles de Cox-Ross-Rubinstein [1979] et de Black-Scholes. La répliquabilité a conduit l'économie à radicalement dépasser l'horizon de la gestion statistique assurantielle (optique prudentielle) pour aborder celui de la gestion technique des instruments dérivés, se traduisant par la mise en marché d'une capacité d'asymétrisation du transfert de risque⁷¹⁵ autrement transmis – dans le schéma « classique » – *per se* d'un agent à l'autre, selon les modalités d'une défaisance. L'asymétrisation dont il est question est affaire de démantèlement du risque (la théorie parle de « décomposition ») en « éléments simples » unitairement plus quantifiables⁷¹⁶ et isolément plus manipulables⁷¹⁷.

La *convertibilité* fluide et fortement mathématisée du risque se situe bien à l'origine de l'évolution décisive du système économique dans son ensemble. Elle a servi une logique de renforcement endogène – toujours à l'œuvre – du marché par le marché, où l'innovation financière en matière de couverture du risque continue d'alimenter la capacité d'émission de

⁷¹² Voir Partie 1.4.4 – « Régime stochastique brownien ».

⁷¹³ On voit ici un autre versant de l'époque monétaire de l'orthodoxie financière : la notion simplificatrice de portefeuille autofinancé permet de reléguer la quantité de monnaie au rang des conditions initiales neutres du point de vue du développement théorique subséquent.

⁷¹⁴ Selon le terme consacré par la théorie.

⁷¹⁵ Montousse [2002] observe que l'idée d'une forme de « réassurance » du risque assurée par les instruments de marché est déjà présente chez Arrow et Debreu.

⁷¹⁶ Au sens de « valorisables ».

⁷¹⁷ Le développement mathématique de Taylor de la dérivée de la valeur d'un portefeuille permet de *segmenter* le risque en une somme d'éléments différentiels plus simples et isolément *annihilables*. Cette méthode est à la base de toutes les « analyses de risques » au sein des établissements financiers.

nouveaux instruments répliquables, qui peuvent à leur tour constituer des éléments de répliquabilité d'ordres supérieurs. Pour sophistiquée qu'elle puisse être, l'opération de répliquabilité n'annihile pas le risque, elle le déporte, le transforme et le rend échangeable.

La méthode de couverture dynamique renforce la nécessité de disposer d'un marché large et liquide car elle *s'impose* aux praticiens dans leurs prises de décision quotidiennes. Qui plus est, elle se présente à eux teintée d'imprédictibilité au regard du chemin suivi (modalités de l'évolution de la couverture dans le temps) mais s'avère quasi-déterministe vis-à-vis de ses effets puisqu'elle doit permettre de compenser de manière « spéculative⁷¹⁸ » (et non spéculative) l'évolution des instruments dérivés ayant commandé sa mise en place.

Pour cela, Ayache [2005] conçoit le marché comme une « technologie » qui permet le confinement et la gestion de la contingence. Cependant il ne le réduit pas sur le plan épistémologique puisqu'il plaide pour une appréhension large de son ontologie. Il s'agit en effet de dépasser la vision modélisatrice d'actifs browniens environnés d'une part par les instruments dérivés dont ils sont les sous-jacents et d'autre part par les agents qui les échangent en intégrant *l'enveloppe au système* dont il est un élément constitutif à part entière. La perspective pragmatique adoptée par Ayache présente l'intérêt de mettre en lumière une dimension anthropologique souvent ignorée des processus de marché : celle de la *technè*.

L'exercice opérationnel de la couverture dynamique implique pour le praticien de faire en permanence des choix en cohérence avec le « programme » que la théorie préconise et non en stricte conformité à elle et ce, à notre sens, pour trois raisons majeures : primo, les marchés ne présentent pas l'atomicité requise par la théorie, c'est-à-dire qu'ils n'offrent pas le quasi-continuum d'instruments dérivés (en *strikes*, maturités et autres caractéristiques essentielles) nécessaire à la compensation du risque décomposé en tous points. Secundo, les marchés ne disposent pas d'un niveau de liquidité suffisant pour que chaque opération puisse se dénouer avec des coûts de transaction, si ce n'est nuls, *a minima* compatibles avec leur évaluation au moment de la fixation initiale de la fourchette de cotation (*spread*) de l'instrument dérivé considéré. Or, l'évolution des coûts de transaction et plus généralement de la liquidité est, à maints égards⁷¹⁹, un paramètre lui-même stochastique et très généralement rejeté hors de la théorie. Tertio, l'insensibilisation d'un portefeuille d'instruments dérivés à l'ensemble de ses risques décomposés ne s'effectue ni en temps réel, ni jamais parfaitement – même lorsque le marché pourrait le permettre – car le fonctionnement des marchés est établi sur la base axiomatique de la loi

⁷¹⁸ La combinaison dynamique des instruments de couverture devant compenser « en miroir » l'évolution des risques du produit financier dérivé.

⁷¹⁹ La liquidité est notamment conditionnée par l'intérêt des agents à l'égard des actifs sous-jacents, dans leur dimension idiosyncratique (liée aux représentations particulières qu'ils véhiculent, au-delà des marchés, dans le champ du social). Sa stabilité dépend en partie de la pérennité des préférences des agents, elles-mêmes fortement affectées par tout changement d'espace des phases (p. ex. : irruption d'une innovation).

concurrentielle de l'offre et de la demande, et cette dernière incite les agents à accepter le « portage » d'un certain niveau de risque pour limiter les coûts opérationnels de passages d'ordres de couverture intempestifs et disposer d'un *stock* dit « de positions d'inventaire » permettant une tenue de marché plus efficace. Ledit stock est en outre hautement relatif à l'historicité propre des portefeuilles considérés, puisqu'il dépend de l'activité passée de son détenteur, de son anticipation du marché et de ses contraintes prudentielles⁷²⁰ particulières.

De ce fait toute couverture dynamique ne saurait être qu'approximative (« *proxy hedging* »). Elle opère une transmutation de risques complexes en risques *simples* et *visibles* et de matérialité immédiate moindre. Les risques non couverts ne sont pas seulement ceux qui échappent à la théorie ou à sa mise en œuvre opérationnelle, mais également ceux qui sont induits en cascade par le contrôle des risques couvrables comme ceux dont le praticien décide stratégiquement du portage.

C'est pourquoi nous évoquons une véritable *technè* du praticien, qui loin de se contenter de suivre un programme déterministe de gestion, déploie un *savoir-faire* empreint de subjectivité et d'anticipation stratégique, dans un cadre institutionnel conditionnant. Techniquement, on observera que sur un instrument optionnel la réalisation d'une opération de couverture du risque de directionnalité (*Delta hedging*) met à la fois en lumière le risque de volatilité comme risque matériel de premier ordre immédiatement successif⁷²¹ et le risque directionnel de deuxième ordre lié à la convexité du Delta (risque de Gamma), trahissant la nature non statique de l'opération. En permanence, l'opérateur ayant couvert son risque de premier ordre doit statuer sur sa volonté de bénéficier de la potentialité du Gamma, autrement dit de variations brutales du marché, en contrepartie d'une prime implicite en Thêta, ou de la position opposée. Il peut également choisir d'annihiler cet arbitrage au moyen de dérivés à forte exposition Gamma contravariante (le plus souvent d'autres options couvertes en Delta⁷²²), introduisant *ipso facto* de nouveaux risques portant sur des temporalités différentes. Tout se passe comme si la couverture dynamique était une sorte de « fuite en avant » vers des complexités toujours plus grandes et qu'en dernier recours il s'agissait de conserver ou de repasser au marché (via des opérations de Transfert de Risque Alternatif⁷²³) les *risques interstitiels*, souvent les moins visibles, les moins modélisables et de surcroît les moins liquides. Nous sommes loin de la vision programmatique déterministe

⁷²⁰ Ce qualificatif est à entendre dans son acception la plus large comme l'ensemble des limitations imposées ou consenties au niveau d'un gestionnaire de risque financier.

⁷²¹ Étant entendu que l'adjectif « successif » se réfère à l'ordre de dérivation de l'Équation aux Dérivées Partielles [F2]. Une fois le Delta couvert (sensibilité nulle de la valeur de l'instrument dérivé à l'évolution du prix de l'actif sous-jacent)

⁷²² Par exemple une option d'achat à la monnaie de courte maturité présente un Gamma élevé. Elle peut être vendue pour compenser le Gamma également important d'un produit proche du déclenchement d'un événement de type « franchissement d'une barrière » pour une option binaire. Voir entrée « Option binaire » de l'Addendum.

⁷²³ Cf. entrée « Transfert de Risque Alternatif » de l'Addendum.

préconisée par la théorie. Les hypothèses simplificatrices du modèle de Black et Scholes constituent en fait autant de zones d'où proviennent maintes *libertés* – cédées ou imposées – soumises à l'appréciation de l'opérateur de marché. Nous nous trouvons là au cœur du paradoxe de la gestion des risques souligné par Ayache [2004a], selon lequel, dès lors que l'on met en place une théorie traitant du risque, le risque de la théorie émerge. Toute modélisation n'épouse en effet qu'une portion du réel, ce qui se traduit au pire pour les sciences descriptives par un niveau d'indétermination dans la compréhension ou dans la prédiction de l'état ou de l'évolution des systèmes étudiés. Mais dès lors que l'on traite du risque, ce qui est laissé hors de la théorie ou distordu par elle peut s'avérer invasif et conditionnant pour le système étudié : c'est notamment en ce sens que l'on évoque le « risque de la théorie ».

Par ailleurs, pour être convenablement estimée autant que pour être mise en œuvre toute couverture nécessite un ensemble de calibrations régulières au marché et à ses instruments, dont la fréquence acceptable dépend de la déformation de chacune des grecques en jeu. La dynamique du marché étant fondamentalement imprédictible⁷²⁴, pour qu'une couverture puisse être pleinement efficace, il faudrait au moins qu'elle puisse s'appuyer sur un modèle qui incorporerait son méta-modèle en même temps que ses variantes (contexte de *model switching*). De plus, l'ensemble des paramètres et méta-paramètres (le coefficient stochastique dit de *hazard rate*⁷²⁵ permettant le déclenchement de la bascule d'un modèle à un autre selon une loi calibrée au niveau du méta-modèle constitue un exemple de méta-paramètre) doit être en permanence réévalué au marché si bien qu'*in fine*, la complexité croissant et la liquidité s'amenuisant, *la mathématisation interprétative cède le pas à l'interprétation mathématisée*⁷²⁶. Bien sûr, plus les instruments étudiés restent simples (instruments « vanilles »), plus les interstices épistémiques en théorie financière sont ténus ; cependant, ce qui s'y joue se révèle vite crucial aussitôt que l'on a affaire à des transactions impliquant des produits plus sophistiqués (p. ex. produits « exotiques »).

⁷²⁴ Bien entendu, comme nous l'avons indiqué à de nombreuses reprises dans le présent essai, cela n'exclut pas l'existence d'arbitrabilités locales, constituant autant d'îlots de prédictibilité à géométrie fortement variable.

⁷²⁵ Le « taux de défaillance » permet ordinairement de quantifier le temps résiduel de survie d'un phénomène, sachant qu'il a survécu une période donnée.

⁷²⁶ L'expression « mathématisation interprétative » souligne la subordination de l'interprétation aux modalités de la mathématisation (la représentation brownienne conditionne par exemple la manière dont les agents perçoivent le hasard). À l'inverse par « interprétation mathématisée » nous évoquons la nécessité pour les agents d'exercer leur jugement, ce dernier étant influencé mais non contraint par la modélisation : il s'agit là de ce qui se produit dans la *praxis* réelle des opérateurs.

8.6.3. Ubiquité spéculatoire

Classiquement, la spéculation se présente sous trois abords [Bouleau, 2000] : celui de la mathématique, lié aux « écarts » avérés ou supposés à la théorie (p. ex. *skew*⁷²⁷ de corrélation, convexité optionnelle, etc.) ; celui de la « cohérence » entre les niveaux micro et macro-économiques (p. ex. anticipation de production, *forward guidance* en matière de politique monétaire, etc.), et enfin celui de la psychologie des investisseurs (p. ex. suivisme tendanciel, appréhension biaisée du hasard, etc.). Parfois, ces considérations s'entrecroisent en se surimposant les unes aux autres, d'autres fois, elles s'opposent et se contredisent, tant et si bien que le spéculateur le mieux avisé doit souvent composer avec une complexité lourde et sans cesse renouvelée lorsqu'il forme ses jugements.

L'économiste britannique postkeynésien Nicholas Kaldor [1939] définit la spéculation comme « l'achat (ou la vente) de marchandises en vue d'une revente (ou d'un rachat) à une date ultérieure, là où le mobile d'une telle action est l'anticipation d'un changement des prix en vigueur, et non un avantage résultant de leur emploi ou de leur transformation ou transfert d'un marché à un autre ». À notre sens cette définition adresse la spéculation dans sa dimension la plus restrictive, il s'agit pour nous de son acception technique, qui ne saurait rendre compte de la notion dans son entièreté. La spéculation concerne selon nous *toute activité économique dès lors qu'elle induit un choix librement consenti relatif à un arbitrage en valeur dans une recherche de profit, et mettant en jeu l'intertemporalité*. S'il existait un investissement absolument sans risque, celui-là ne serait pas spéculatif. De même n'est pas spéculative la décision contrainte d'échanger une marchandise contre une autre (bien, service ou monnaie) dans le seul but d'assouvir un besoin immédiat ; celle du joueur non plus, mais en raison du fait que son risque, s'il est pécuniaire, n'est pas à proprement parler économique⁷²⁸. Pour le reste, lorsque l'entrepreneur décide d'investir un capital matériel ou immatériel en vue de générer un profit immédiat ou déporté dans le futur, il conjecture – n'ayant par définition aucune certitude relative à l'état du monde – autant qu'il arbitre, puisque ce qu'il met en œuvre a pour but la transformation de son capital dans le temps.

Lorsque la concurrence est libre, la part d'auto-référentialité du processus spéculatif s'avère généralement élevée, et dans bien des cas, déterminante. Il peut arriver qu'une fausse croyance collective entraîne un « fourvoisement » du marché alors même que tout indique une certaine inclinaison contraire du prix. Dans une telle situation, même celui qui aurait été le mieux informé,

⁷²⁷ Par *skew* de corrélation nous entendons *dépendance spatiale de la corrélation*, c'est-à-dire le fait que la corrélation entre n actifs évolue en fonction du niveau de marché (*Strike*) considéré.

⁷²⁸ On pourrait objecter que le jeu de hasard intervient en tant que secteur à part entière de l'économie. Cela est certes vrai, mais il nous semble qu'il faille bien dissocier ce qui participe directement de la marche de cette dernière, de ce qui n'en est qu'un sous-déterminant lointain, faute de quoi on pourrait attribuer à toute activité humaine une résonance informationnelle affectant, même de manière infinitésimale, le système économique.

et en avance sur tous les autres pourrait ne pas voir son gain assuré, parce que l'avis général prévaut : en d'autres termes, *la raison du marché peut excéder la Raison*. C'est notamment ce qui se produit à l'occasion des épisodes de re-corrélation critique que représentent les phases de formation des bulles spéculatives et leurs « résolutions ».

Le système de prix – par lequel se produit la réduction phénoménologique du fait transactionnel à sa *pseudo-mesure* – couplé à la *technè* permettant la décomposition du risque et *in fine* son échange, sous-tendent selon nous une forme d'ubiquité de la spéculation. Considérant la prééminence du prix sur la valeur, et reléguant le fondamentalisme à un niveau infrastructurel aux systèmes économiques, nous pensons qu'il importe d'étendre la portée de ce que recouvre ordinairement la notion de spéculation pour pouvoir lui réattribuer son sens profond. Dans son acception classique, la décision spéculative est généralement pensée comme souveraine, dictée par la perspective pragmatique d'un gain, avant toute autre considération. Or, lorsqu'un « entrepreneur » décide le portage d'un risque particulier que le marché pourrait lui permettre de céder, en réalité il spéculé déjà, en ce sens qu'il arbitre sa situation avérée par rapport à toute autre situation potentielle. Certes l'intentionnalité de l'entrepreneur contraint de recourir au marché diverge-t-elle de celle, plus libre, de l'agent qui choisit de bénéficier de ce qu'il perçoit comme une opportunité, mais il est question dans les deux cas d'une démarche consistant à prendre une décision dans un cadre incertain dans le but d'accroître son « utilité⁷²⁹ » générale ou *a minima* de ne pas la dégrader. Notre propos n'est pas d'invalider la partition keynésienne entre spéculateur et entrepreneur mais de la relativiser et de l'enrichir en soulignant leur proximité instable. Alternativement, parfois concomitamment, l'entrepreneur spéculera et le spéculateur, s'il n'entreprend pas lui-même, pourra agir de manière à permettre à un tiers d'entreprendre (cette logique prévaut dans le modèle du capitalisme boursier où celui qui investit dans une société cotée en devient actionnaire *de jure* par son apport consenti au capital, capital qui en retour permet à la société de se développer⁷³⁰). Dans l'un et l'autre cas, entrepreneur et spéculateur adopteront comme finalité l'acquisition de monnaie et comme support le marché, ce qui nous amène à conclure notre analyse anthropologique des processus transactionnels par l'étude du positionnement social de la spéculation ainsi reconsidérée.

⁷²⁹ Il est entendu que les fonctions d'utilité des agents ne sont pas des fonctions mathématiques au sens analytique du terme, mais des systèmes synthétiques de relations entre l'individu-agent et le monde permettant l'évaluation permanente de l'intérêt supputé.

⁷³⁰ Cette description est volontairement simpliste. Néanmoins, c'est celle que les manuels présentent pour avoir le mérite de la systématisme et du schématisme.

8.6.4. Du positionnement social de la spéculation

Lorsque Goux [2008] écrit :

[...] ce sont les grandes fluctuations, l'instabilité des valeurs et des prix, qui favorisent la spéculation. Jouer à la hausse ou jouer à la baisse, mais jouer, telle est la règle du spéculateur, et sa plus grande chance de gains. Que la stabilité règne, que les prix (quels qu'ils soient) se maintiennent à un niveau égal, et les possibilités de gains spéculatifs (sur les monnaies, les actifs boursiers, les matières premières, l'immobilier, etc.) se réduisent à zéro. L'instabilité est la première condition de la spéculation. C'est la grande chance d'une économie casino. Et c'est pourquoi les immenses turbulences engendrées par l'instabilité des monnaies, soumises aux changes flottants, furent aussi une époque de financiarisation accélérée de l'économie, et d'immenses profits [...] ⁷³¹,

il ne se contente pas d'énoncer un quasi-pléonasme selon lequel la spéculation, envisagée comme recherche d'un accroissement de valeur non productif arrimé aux contingences du monde, existe uniquement parce que ces dernières varient dans le temps. Goux porte également un jugement moral sur le phénomène, l'accusant d'une réflexivité coupable : ce serait, selon l'auteur, la soumission des équilibres monétaires à l'influence de la spéculation (« changes flottants ») qui alimenterait l'instabilité « utile » à cette dernière. Le champ lexical employé est celui du jeu, d'un jugement stratégique dissocié de son substrat phénoménal, comme les états du monde d'un dé lancé le sont vis-à-vis de l'univers physique plus large dans lequel ils sont plongés. Point d'interprétation lorsque le hasard prévaut, point de jugement moral hors du profit : c'est dans cette perspective sévère que Goux emploie le terme accusatoire « d'économie casino ». Aussi péremptoire soit-elle dans son expression, cette charge contre la spéculation ne nous paraît toutefois pas pleinement justifiée.

On peut en premier lieu noter que des biens intangibles, purs instruments financiers créés *ex nihilo* par un acte scriptural « souverain », puissent être *désirés* non pas « parce qu'ils valent » mais parce qu'ils représentent le *moins mauvais choix* en situation d'incertitude, lorsque la contention liée à la coordination conventionnelle n'opère plus notamment. En période paroxystique de crise, ce n'est pas uniquement parce que le plus grand nombre estime qu'un actif donné est garant de la plus grande sécurité face aux risques encourus (de marché, de contrepartie, de crédit, de liquidité, etc.) qu'il en devient recherché ⁷³², mais c'est généralement parce que, *ex*

⁷³¹ [Goux, 2008].

⁷³² Nous ne nions toutefois pas que ce type de mécanisme mimétique puisse être partiellement à l'œuvre dans de telles configurations.

ante déjà, et selon une rationalité d'ordre institutionnel autant que technique, il apparaît doté d'une telle qualité. En retour, la recherche d'un refuge (*safe heaven*) par la plupart des agents, selon un ensemble de critères de jugement – si ce n'est homogènes, tout du moins conformes les uns aux autres –, participe de la *construction* d'une confirmation performative (du fait de son auto-renforcement) de la « rationalité » ayant initialement conduit la concordance des choix. « La recherche de liquidité auto-légitime l'existence de la liquidité » pourrait-on établir comme corollaire à cet argument. Le mimétisme spéculatoire n'est pas qu'un « jeu de dupe » haïssable, il peut aussi se révéler être la condition d'une *stabilité* retrouvée.

Ensuite, il faut se souvenir de quelle filiation il est question lorsque l'on traite des instruments financiers qui servent de *supports*, réels ou putatifs, à la spéculation. Pour l'essentiel, il est question de « dérivés », dont Chavagneux⁷³³ [2011] nous rappelle les conditions d'un essor éminemment inscrit dans la nécessité économique d'une gestion *saine* du risque, dans un environnement jadis fort incertain :

[...] il est vrai que ce genre de transaction n'a pas connu de grand développement avant la fin du XIX^e siècle, aux États-Unis, au moment de la guerre civile. [...] Les armées du Nord, dans leur avancée contre les Sudistes, avaient besoin de beaucoup d'avoine pour leurs chevaux. Cette forte demande a fait grimper les prix, au grand dam des militaires. Ils sont alors allés voir les financiers du Chicago Board of Trade, créé en 1848 pour organiser un marché des grains entre les fermiers du Middle West et les populations urbaines de la côte Est. Ceux-ci leur ont parlé d'un nouveau produit financier permettant d'acheter n'importe quel produit dans le futur à un prix connu d'avance, ce que l'on appelle un *future*. En souscrivant des *futures* pour les boisseaux d'avoine, les Nordistes ont garanti le prix de leur approvisionnement.

Ce passage fait état d'une opération triviale de couverture longue (achat d'un dérivé linéaire) par un consommateur. Néanmoins pour qu'elle puisse survenir dans un marché de Type I, il est nécessaire qu'un agent (ou qu'un groupe d'agents) tiers ait le besoin de couverture inverse, en nature comme en quantité. Dès lors qu'il est possible de spéculer, la probabilité qu'une telle « double coïncidence » se produise s'accroît considérablement. Le spéculateur est par essence un contributeur net en liquidité vis-à-vis du marché. C'est même, selon Kaldor [1939], sa fonction que de la « produire ».

Malgré lui, le spéculateur peut être vu comme adoptant un comportement « pro-social⁷³⁴ ». Si son intentionnalité n'est autrement dirigée que vers la satisfaction de son intérêt personnel, son action

⁷³³ L'auteur reprend là le récit du journaliste Nicholas Dunbar.

⁷³⁴ Au sens de Tirole [2016].

n'est pas neutre du point de vue du système dans son ensemble. On retrouve là, sous une forme actualisée et technique, le schéma historique mandevilien, ayant inspiré la notion de la « main invisible » chez Smith⁷³⁵.

Dans sa *Théorie Générale*, Keynes condamne pourtant la spéculation et plaide pour une position fiscalement interventionniste à son encontre, de manière à la contenir et à la réorienter vers ce qui pourrait plutôt s'apparenter à des comportements d'investissement, d'apparence moins opportuniste, et visant l'évaluation des actifs dans le temps de la rationalité longue. Il est là question de l'opposition fondamentale entre la conception critique d'un marché ouvert se présentant comme une « transgression » [Orléan, 1999] dissociée de tout substrat économique et la foi en une efficacité qui *in fine* garantirait que le « marché [soit] une forme capable d'exprimer des réalités productives⁷³⁶ ».

Actualisant la théorie d'Hayek, Bouleau [2013] écrit à ce sujet :

Si nous pouvons nous entendre sur le fait que la problématique économique de nos sociétés est principalement celle de la célérité avec laquelle le système s'adapte à des changements, dans des conditions particulières de temps et d'espace, il semblerait qu'il faille accorder le pouvoir de décider à ceux qui sont capables de mieux connaître ces conditions, qui savent établir la péréquation entre les changements et les ressources en mesure de les satisfaire⁷³⁷.

Envisagé dans une optique computationnelle par Bouleau, comme une « sorte de distribution décentralisée de calculateurs⁷³⁸ » stabilisée par des communautés d'experts, le système de prix prenant corps dans les marchés permet *a minima* « d'économiser de la connaissance ». Pour Hayek, les changements de prix – c'est-à-dire leurs niveaux relatifs dans le temps – constituent les signaux primordiaux permettant une coordination efficace des agents, autrement non médiée. Avec Bouleau, nous notons que si la variation des prix constitue en effet une référence informationnelle essentielle au bon déploiement des processus transactionnels, il convient de lui adjoindre la vitesse avec laquelle ce changement survient ; que cette dernière soit déterminable par approximation en tant que dérivée mathématique finie, ou incalculable dans le cas de sauts brutaux ou d'interruptions de cotations. Dans ce dernier cas, elle échappe au champ même de la

⁷³⁵ Étant entendue la critique de Marcel Hénaff précisant la filiation indirecte plus ancienne du concept à l'éthique protestante, elle-même dérivée du régime de droit anglo-saxon [Garapon et Lassègue, 2020].

⁷³⁶ [Orléan, 1999], p. 48.

⁷³⁷ « *If we can agree that the economic problem of society is mainly one of rapid adaptation to changes in the particular circumstances of time and place, it would seem to follow that the ultimate decisions must be left to the people who are familiar with these circumstances, who know directly of the relevant changes and of the resources immediately available to meet them.* » (traduction personnelle).

⁷³⁸ *Idem.*

modélisation néo-classique, dont elle est, si ce n'est un impensé⁷³⁹, tout du moins un point aveugle. Il va en outre de soi que ce constat prévaut également pour les facteurs d'accélération, exprimables sous la forme d'une dérivée seconde des chroniques de prix et *a fortiori* pour tous les facteurs d'ordre supérieur.

Dans son acception normative, le marché doit pouvoir fournir des signaux de coordination et de prise de décision collective inscrits dans une cinétique globale et évolutive. Si l'on s'en réfère aux travaux d'Hurwicz⁷⁴⁰ [1973], l'économie de marché serait mue par un processus dual de prix et de « *greediness* » – c'est-à-dire de cupidité (au sens de la recherche d'un profit toujours plus grand). Bouleau [2013] déplore que dans le système libéral financiarisé, le « pilotage⁷⁴¹ » soit devenu impossible en raison d'une volatilité excessive, relevant notamment de ladite cupidité, qui empêche que le mouvement des prix puisse « apparaître[re] clairement ». Ce faisant, il condamne la spéculation à l'aune de critères politiques extra-marchéistes.

Le plus *pur* spéculateur s'incarne dans la figure du « *noise trader* », celui qui, pour Black [1985] « réalise des opérations de trading en faisant comme si le bruit était de l'information⁷⁴² ». Dans le paradigme néo-classique de Black, il s'agit là de la position antinomique à celle des agents fondamentalistes et rationnels qui exploitent « l'information » utile et pertinente, autrement dit, l'information qui permet la fixation de la valeur. Mais nous l'avons vu, le bruit n'est pas qu'un artefact produit par le jeu mimétique de la spécularité, ni seulement l'expression de biais ou de fausses croyances endogènes ou exogènes au marché. Dès lors que l'on accepte qu'il n'y ait pas plus de bruit que de valeur fondamentale, mais que l'une et l'autre notion s'entremêlent au niveau du prix à tel point qu'elle se co-constituent au travers de l'action du marché, il faut concevoir la spéculation autrement, comme la composante nécessaire de tout engagement transactionnel.

De la même manière que l'on ne saurait réduire le risque à la seule volatilité, la liquidité outrepassa la définition classique du Comité de Bâle basée sur la largeur, la profondeur et la résilience des marchés. Elle est – dans cette acception communément admise – corrélative d'une forme de *continuité* des paramètres d'échanges, de même qu'elle conforte la vision d'un hasard bénin, excluant l'existence potentielle de sauts et autres ruptures brutales de tendances. Dire d'un marché qu'il est « suffisamment liquide » revient en fait à fixer ses *conditions normales ou souhaitables* de fonctionnement. Perçue selon les termes défendus par Orléan [1999], à savoir comme la marque du besoin systémique d'expurgation de la valeur financière de toute

⁷³⁹ Il existe bien entendu de nombreuses tentatives de modélisation mathématique des sauts, dont nous avons nous-mêmes précédemment rendu compte. Pour autant, aucune n'est véritablement parvenue à s'imposer comme paradigme modélisateur.

⁷⁴⁰ Cité par Bouleau [2013].

⁷⁴¹ Nous utilisons ici le terme « pilotage » dans son acception large, au sens de prospective, d'anticipation et de contrôle des risques. Il inclut la capacité à détecter ou à imaginer (optique prudentielle) les événements critiques.

⁷⁴² « *Noise trading is trading on noise as if it were information* » (traduction personnelle).

composante provenant de la sphère des évaluations subjectives individuelles, la liquidité apparaît, pour l'orthodoxie économique, autant comme une condition de l'efficacité que comme une résultante des processus d'échanges *acceptables* (au sens de « compatibles avec la théorie »).

Afin d'éclairer ce phénomène structurant, nous nous proposons – en guise de partie conclusive – de détailler les mécanismes et les enjeux de cette conformation du *réel* économique aux principes de la théorie néo-classique. Ce faisant, nous tâcherons de mettre en lumière les caractéristiques d'un mouvement historique que nous qualifierons de « Seconde Grande Transformation », actualisant ainsi les analyses de Polanyi [1944] portant sur la désintrication de l'économie vis-à-vis du social.

9. VERS LE PARADOXE DES MARCHÉS : LA SECONDE GRANDE TRANSFORMATION

C'était l'épidémie fatale, périodique, dont les ravages balaient le marché tous les dix à quinze ans, les Vendredis noirs, ainsi qu'on les nomme, semant le sol de décombres. Il faut des années pour que la confiance renaisse, pour que les grandes maisons de banque se reconstruisent, jusqu'au jour où la passion du jeu ravivée peu à peu, flambant et recommençant l'aventure, amène une nouvelle crise, effondre tout, dans un nouveau désastre.

— Émile Zola⁷⁴³

Pour la théorie libérale, la France était simplement un atome parmi tant d'autres.

— Karl Polanyi⁷⁴⁴

Propos synthétique : Où, nous proposons de qualifier de « Seconde Grande Transformation » le développement des marchés financiers depuis l'avènement de la « souveraineté actionnariale⁷⁴⁵ » couplé à la diffusion large de la modélisation de Black, Scholes et Merton. Cette évolution prolonge et réactualise la Grande Transformation décrite par Polanyi. Elle est guidée par l'asymptote normative néo-classique qui agit sur elle à la manière d'un attracteur historique. Par ailleurs, elle semble procéder par étherification et par autonomisation vis-à-vis de son substrat de socialité. Toutefois, ce phénomène ne saurait masquer le fait que, fondamentalement, les processus de marché ne sauraient s'en extraire vraiment. En réalité ils nous paraissent devoir nécessairement s'y confronter. Ce que nous proposons en conséquence, c'est une invitation à repenser la criticité dans la perspective d'un risque à la fois inaliénable et incirconscribable, excédant le champ du mathématisable, et par conséquent à la fois de ce que la théorie veut décrire et de ce que les heuristiques statistiques doivent permettre de manipuler. Nous concluons par un éloge raisonné de la prospective, envisagée comme pragmatique d'étude de la complexité des systèmes anthropiques de la finance.

⁷⁴³ Émile ZOLA, *L'Argent*, Paris, 1874.

⁷⁴⁴ Karl POLANYI, *La Grande Transformation*, Paris, Gallimard, 1944.

⁷⁴⁵ [Aglietta et Rebérioux, 2004].

9.1. Les germes de la Seconde Grande Transformation dans la Première Grande Transformation

Polanyi [1944] situe la naissance de l'économie de marché au moment séminal de l'abolition de la loi sur le revenu minimum en France⁷⁴⁶, en 1834. Cet événement témoigne, selon l'auteur, d'une rupture duale, à la fois historique et philosophique : celle de la mutation du travail en une marchandise commune, légalement contractualisable. Happé par l'abrasement des idiosyncrasies – fait caractéristique du rapport marchand médié par la monnaie – le labueur se voit à ce moment extrait du champ des interactions sociales identifiées pour rejoindre celui de l'économie anonymisante. La Révolution Industrielle qui se produit à cette époque n'est de ce fait pas seulement affaire d'innovation technique ; la mutation du travail dans sa forme (depuis une économie portée par le secteur « primaire » à son évolution « secondaire ») comme dans la mise en marché de sa valeur marque l'avènement du primat d'une économie ayant réussi à mettre sous son joug les « substances » essentielles que constituent la « terre et la monnaie ». La privatisation du sol et l'organisation de son libre-échange, qui marquent la fin du système féodal en Europe⁷⁴⁷, ont aussi attesté de l'extension du droit des contrats à toute chose produite ou possédée.

Il faut y voir une illustration patente d'un changement radical des observables de l'espace des phases socio-économique, qui a modelé de façon décisive le sort de nos sociétés contemporaines démocratiques et libérales. Selon Polanyi, le contexte particulier de la « Paix de Cent Ans⁷⁴⁸ » a fourni un substrat de choix à cette rupture dans la mesure où la classe bourgeoise dominante d'alors avait intérêt à ce que les échanges économiques se développent sans heurts, stabilisés par le maillage transnational de la « haute finance ». Il est clair pour nous que cette situation historique a œuvré dans le sens d'une contention environnementale essentielle au développement des marchés modernes, ferment de leur forme institutionnelle prévalant aujourd'hui.

L'épisode de Speenhamland semble être une manifestation de l'émergence du libéralisme européen en France, au détriment d'un protectionnisme dérivant lui-même du mercantilisme plus ancien. Dans leurs critiques successives de l'entrave au libre-échange, Malthus [1798] et Ricardo [1817] ont tous deux plaidé en faveur de l'abolition des lois sur les pauvres (*Poor Laws*⁷⁴⁹) accusées par le premier de soutenir l'accroissement de la paupérisation des populations dépendantes en vertu d'un argument démographique, et par le second de nuire à la fluidité nécessaire au marché du travail pour qu'il puisse atteindre ses équilibres optimaux. Dans la

⁷⁴⁶ Polanyi évoque la « loi de Speenhamland ».

⁷⁴⁷ En France cette bascule s'est vue engagée par le code Napoléon.

⁷⁴⁸ Polanyi évoque cette période située entre 1814 et 1914 en soulignant qu'elle a été marquée par un niveau de conflictualité contenu, seulement émaillée d'épisodes belliqueux limités dans le temps et dans l'espace, sans guerre à grande échelle.

⁷⁴⁹ Cette critique des *Poor Laws* est déjà présente dès *La Richesse des Nations* chez Smith [1759], ce dernier présentant le grippement du marché du travail induit par ces *incitations* sociales à l'inaction selon lui.

logique de Ricardo, le complément que représente l'aide à la subsistance empêche l'ajustement de l'offre et de la demande en travail par la variation de sa valeur (le salaire)⁷⁵⁰. Il y a là un écart conceptuel certain entre la pensée physiocratique et la doctrine libérale, bien que celle-là constitue bien l'une des prémices majeures à l'émergence de celle-ci. Sous-tendu par un effort législatif important initialement en France puis dans toute l'aire occidentale, s'est produit – au cours des XIX^e et XX^e siècles – un « triple affranchissement » progressif de la monnaie fiduciaire par rapport à tout étalon de valeur tangible, du travail vis-à-vis des rapports sociaux qui le structuraient historiquement, et des échanges quant à leurs liens intimes avec le pouvoir politique. Ce basculement marque, pour Polanyi, une « Grande Transformation » aboutissant à la préséance « moderne » d'un marché indépendant et autorégulé. Cette transformation a procédé du triple mouvement susdit, correspondant à la conjonction de processus complémentaires et concomitants « d'unification », « d'extension » et « d'émancipation ». Polanyi estime en outre que l'avènement d'un marché indépendant autorégulé est un fait unique dans l'histoire de l'humanité. Ce que l'auteur pointe là, c'est l'autonomisation d'un mécanisme créé par les sociétés humaines vis-à-vis d'elles ; en d'autres termes, rien de moins que la réalisation d'un système institutionnalisé autotranscendant^{751,752}.

Étant la réalisation de la « Grande Transformation » polanyienne, le développement des marchés modernes nous paraît s'inscrire dans un mouvement historique large ayant conduit à l'éclosion du capitalisme financier de notre temps. La décennie 1970 a non seulement été marquée – comme nous l'avons vu – par un accroissement significatif et concomitant des flux de transfert du risque et de la liquidité générale, mais aussi par la substitution de la « mainmise managériale » sur la valeur au profit de la « souveraineté actionnariale⁷⁵³ » [Aglietta et Rebérioux, 2004]. Cette période charnière coïncide avec la survenue de la Troisième Révolution Industrielle, tout entière

⁷⁵⁰ Pour autant, Ricardo n'est pas insensible au sort des plus démunis. Comme l'observe Lallement [2012] : « Son analyse conduit à distinguer deux situations de pauvreté : la situation des indigents et celle des salariés. Les salariés sont les premières victimes des lois sur les pauvres, car ces lois, au lieu d'éradiquer la pauvreté, créent au contraire de la misère en transformant les salariés en indigents. En effet, si les salariés touchent des salaires insuffisants pour permettre leur propre subsistance et l'entretien de leur famille, c'est à cause des lois sur les pauvres. Celles-ci, en garantissant un minimum de revenu défini en fonction de la taille de la famille, encouragent les capitalistes à sous-payer la main-d'œuvre par rapport à la norme du salaire naturel. Le salaire naturel " est celui qui est nécessaire pour permettre globalement aux travailleurs de subsister et de perpétuer leur espèce sans variation de leur nombre » [Ricardo, 1817], p. 114. [...] L'existence des lois sur les pauvres fait que les capitalistes peuvent payer des salaires inférieurs au taux naturel de salaire sans craindre que la main-d'œuvre ne vienne à disparaître, faussant ainsi complètement la logique à long terme du marché du travail qui sanctionne une rémunération insuffisante des travailleurs par une disparition de l'offre de travail. Il faut donc abolir ces lois qui fabriquent des pauvres au lieu de les supprimer. Le premier effet de cette abolition sera d'obliger les capitalistes à augmenter les salaires. Le remède à la pauvreté, c'est le salariat, c'est un marché du travail qui fonctionne correctement. »

⁷⁵¹ Pour Castoriadis [1978], « la société " autonome " est celle qui s'affranchit d'un rapport hétéronome à ses institutions et se montre donc capable d'entrer en rupture avec soi-même, avec son propre système d'interprétation », cit. par Dupuy [1981].

⁷⁵² À la manière d'une théogonie mythologique, le marché préside aux destinées des hommes, bien que dans l'un et l'autre cas il s'agisse de productions éminemment anthropologiques façonnées dans et par l'histoire des sociétés. Similairement, ces deux systèmes ont pris sur le monde, en lui restant connexe ; de même agissent-ils sur lui avec l'immutabilité apparente du dogme tout en conservant une vulnérabilité à la criticité, capable de remettre en cause leurs morphologies dans ce qu'elles comportent de plus établi. Le syncrétisme ouvert qui s'est exercé sur la mythologie romaine lors de grandes conquêtes impériales en est une illustration, l'arsenal prudentiel technique des Accords de Bâle en est une autre – dans chacun des cas, certains des déterminants essentiels des systèmes dont nous faisons état ont été soumis à de profondes reconfigurations, toutefois sans remettre en cause leur intégrité ontologique.

⁷⁵³ Nous développons cet argument important en Partie 9.2.1.

ournée vers le règne de la transmission (naissance d'Arpanet en 1969) et de la manipulation (diffusion des premiers ordinateurs individuels) de l'information. En outre, elle consacre la possibilité de mise en marché de la contingence, par la diffusion des travaux de Black, Scholes et Merton.

Il faut voir là les signes d'une nouvelle mutation radicale du système économique et de son environnement social. Les marchés modernes décrits et pensés par Polanyi restent des ébauches très imparfaites de ce qu'ils sont devenus : à l'origine essentiellement locaux, fortement intermédiés, encore asymétriques (du point de vue de leurs marchandises), asynchrones, et peu aptes à traiter le risque dans sa composante temporelle, les marchés n'ont cessé de tendre vers une asymptote néo-classique « pure », confirmant à rebours l'effectivité de la normativité de cette modélisation, ou révélant sa pertinence positiviste. Ce qui s'est joué au cours des cinquante dernières années n'est autre que l'émergence d'une *Seconde Grande Transformation*, certes dérivée de la première mais néanmoins distincte d'elle. Cette phase singulière s'est ouverte alors que la « coupure épistémologique⁷⁵⁴ », à savoir la période de promotion du discours politique en économie (largement entretenue par la lecture marxiste de la discipline) s'étiolait face à l'*efficacité* apparente du modèle capitaliste.

9.2. Dynamique d'autonomisation

9.2.1. L'asymptote néo-classique comme attracteur apparent

Cette Seconde Grande Transformation que nous évoquons se traduit par l'attraction que la modélisation normative néo-classique semble exercer sur le système de marché tout entier. Cette tension induit une forme d'autonomisation de la finance vis-à-vis de l'économie, elle-même préalablement disjointe du social au cours de la Première Grande Transformation. *In fine*, par transitivité, c'est bien de la précarité apparente de la relation d'influence entre le social et les marchés financiarisés dont nous souhaitons ici rendre compte.

Il convient d'observer en premier lieu que les principaux observables manipulables par les marchés ont tous évolué de concert : les matières premières ont été standardisées du point de vue de leurs spécifications physico-chimiques, les taux directeurs des principales banques centrales se sont imposés comme les pivots centraux de la coordination des agents autour de la valeur, de

⁷⁵⁴ Althusser [1965], cité par François MATHERON, « Louis Althusser ou l'impure pureté du concept », dans Jacques Bidet et Eustache Kouvélakis, *Dictionnaire Marx contemporain*, PUF, 2001.

même que les devises des pays les plus développés économiquement⁷⁵⁵. Il en est allé de même pour les actions, tant et si bien qu'Hansmann et Kraakman⁷⁵⁶ [2001] vont jusqu'à évoquer l'atteinte de leur forme *pure* la plus aboutie :

En dépit de l'apparente divergence entre les économies développées, de la gouvernance d'entreprise, de la structure de propriété, des marchés de capitaux et de la culture d'entreprise, les lois élémentaires régissant les grandes sociétés cotées ont déjà atteint un niveau élevé d'uniformité ; et cette convergence ne devrait pas s'arrêter. Une raison essentielle de cette convergence est le très large consensus normatif selon lequel les dirigeants doivent agir dans l'intérêt exclusif des actionnaires. Puisqu'il est très peu probable que l'idéologie dominante de la valeur actionnariale soit remise en cause, son succès marque la « fin de l'histoire » en matière de gouvernance d'entreprise.

Le processus de convergence des observables mis en marché coïncide avec ce que la théorie orthodoxe exige, à savoir l'indifférenciation des objets transactionnels, garante de leur interchangeabilité et de leur généricité. Cette condition nécessaire mais non suffisante à l'ergodicité veut par ailleurs que tous les observables puissent répondre d'une loi de probabilité unique dont la stochasticité soit conforme aux spécificités du mouvement brownien. Dans cette perspective, tout bien tangible échangeable, voire toute activité organisée et productrice de valeur – pour peu qu'elle puisse être analysable en termes d'information financière – est susceptible d'être traité comme une marchandise à part entière dont la charge de l'évaluation en reviendra au marché [Bhide⁷⁵⁷, 1993]. Le fait que la téléologie de la gouvernance d'entreprise aboutisse uniformément à la recherche de la maximisation de la valeur actionnariale – en vertu du paradigme évoqué par Hansmann et Kraakman – rend bien compte de ce processus d'uniformisation par abolition de ce qui a pu fonder la singularité des activités marchandes par le passé : la recherche (à perte) de prestige, le service désintéressé, la limitation de la valeur produite par celle des ressources qu'elle engage, soient autant de réalités conditionnantes éparses s'inscrivant dans le tissu du social. Le fait que les agents économiques partagent une même finalité implique par ailleurs une coordination de nature contextuelle articulée autour des représentations de la performance, et donc des méthodes et des indicateurs techniques qui les sous-tendent. Quand ils convoquent des appréciations dissemblables, les jugements formés à l'endroit de la valeur divergent certes, mais à partir d'une norme commune⁷⁵⁸ et selon des

⁷⁵⁵ Historiquement il s'agit des devises du Groupe des dix (G10) réunissant l'Allemagne, la Belgique, le Canada, les États-Unis d'Amérique, la France, l'Italie, le Japon, les Pays-Bas, le Royaume-Uni, la Suède et la Suisse. Depuis s'adjoignent de plus en plus celles des pays « émergents », au premier rang desquels, la Chine.

⁷⁵⁶ Cités et traduits par Aglietta et Rebérioux [2004], p. 89.

⁷⁵⁷ L'auteur évoque à ce titre un « marché du contrôle ».

⁷⁵⁸ Le « théorème » de Modigliani-Miller illustre par exemple ce qui peut constituer cette norme.

axiomatiques partagées. C'est en partie ce qui assure la pseudo-stabilité du système capitaliste dans sa forme financiarisée. Le développement et l'internationalisation des règles du droit boursier (législatives et prudentielles) ont également participé, non seulement à la singularisation de la finance de marché, mais également à l'homogénéisation interne de ses structures.

Nous l'avons vu, les systèmes financiers ont évolué en se désincarcérant de l'économie, de même que l'économie s'est constituée en s'isolant de son substrat social. Le mouvement à l'œuvre est celui d'une convergence vers les canons de la normativité néo-classique qui se caractérise par l'attraction exercée par *le modèle sur le réel*.

L'évolution dont il est question a trait à une dynamique d'auto-organisation du système, qui comporte certes une part de construction intentionnelle, mais qui n'est pas entièrement arrimée à l'expression d'une volonté consciente. Le système marxiste, à l'inverse, a été explicitement théorisé pour être mis en œuvre opérationnellement et ses principales articulations ont été façonnées dans l'espace politique pour produire un effet particulier sur celui du social. Sa normativité diffère en ce sens de celle du capitalisme financiarisé, qui présente pour sa part un aspect de naturalité rendu possible par les nécessités structurant sa matrice systémique *de l'intérieur*. Loin d'être atteinte, la convergence dont nous faisons état s'avère foncièrement asymptotique ; elle est par ailleurs toujours à l'œuvre et ne saurait être jamais achevée⁷⁵⁹. On trouve d'ailleurs cette idée d'un attracteur normatif souhaitable clairement formulée chez Léon Walras⁷⁶⁰ : « M. P[areto] croit que le but de la science est de se rapprocher de plus en plus de la réalité par des approximations successives. Et moi je crois que le but final de la science est de rapprocher la réalité d'un certain idéal ; et c'est pourquoi je formule cet idéal. » On perçoit là toute la dimension normative que revêt la loi pour les marginalistes. Elle s'éloigne en ce sens de la descriptivité nomologique que prône l'économie politique dans ses dimensions anthropologiques, historiques, et sociologiques.

L'analyse des hypothèses structurant le modèle concurrentiel dit « pur et parfait » révèle les origines du mouvement que nous décrivons ; elle est en outre de nature à mettre en lumière la pluralité des modalités afférentes aux processus historiques réalisant la convergence des phénomènes vers leurs modèles. La théorie néo-classique impose notamment trois critères relatifs aux agents en interaction⁷⁶¹, critères que nous nous proposons ici d'évaluer à l'aune du schéma de convergence que nous décrivons. Chacun de ces critères est réputé nécessaire à l'atteinte d'un

⁷⁵⁹ Le propos de notre partie conclusive sera d'expliquer ce que justifie cette thèse.

⁷⁶⁰ Léon WALRAS « Œuvres diverses », dans Auguste et Léon Walras, *Œuvres économiques complètes*, vol. XIII, édité par P. Dockès, C. Mouchot et J.-P. Potier, *Economica*, 2000, p. 567.

⁷⁶¹ Tous déjà évoqués dans nos travaux.

équilibre général par les prix et les volumes de manière que les *acheteurs* puissent se retrouver en position de satisfaire leurs utilités, tout en garantissant aux *producteurs* la maximisation de leurs profits d'exploitation. Pour ce faire, les agents doivent présenter un niveau d'atomicité suffisant, autrement dit, être les plus nombreux possibles et ne pas dominer leurs concurrents trop largement. Ces premières conditions se sont historiquement traduites par la mise en place de régimes incitatifs à l'entrepreneuriat, parallèlement à l'établissement de mécanismes juridiques d'empêchement de situations de monopoles et parfois d'oligopoles et ce, dans tous les états acceptants les règles édictées par les instances régulatrices internationales⁷⁶². En finance, la condition d'atomicité est imposée afin qu'un agent seul ne puisse affecter les prix par ses interventions, autrement dit, pour réaliser la dissociation de l'entité que constitue le marché vis-à-vis de ses parties. Les réglementations⁷⁶³ traitant du risque de manipulation des cours boursiers participent également à cet échafaudage institutionnel sur la base duquel l'asymptote normative se déploie.

La deuxième condition est celle de la capacité des agents à accéder à une connaissance parfaite et complète des prix, des volumes et de la qualité des marchandises échangées. La troisième condition dont nous faisons état – celle de la formation des anticipations rationnelles – dépend directement de la précédente ; nous les traiterons ici conjointement. La réticularisation de l'écriture, l'accroissement exponentiel des capacités de stockage et de traitement de cette information numérique permettent au système de prix de tendre vers les qualités recherchées d'instantanéité, d'ubiquité et de permanence. Ce faisant, le système de prix s'affranchit de sa matérialité pour rencontrer toujours un peu plus sa forme théorique. Subséquemment, la manière dont se forment les anticipations ne cesse d'évoluer dans le sens d'une démocratisation et d'un aplanissement uniformisateur des méthodes et ressources à la fois computationnelles (puissance de calcul) et analytiques (mise à disposition large des travaux d'experts, pérennité des sources, gestion algorithmique, etc.). Le mouvement dont nous rendons compte est à l'origine d'une autonomisation renouvelée, épistémologiquement décisive de la finance par rapport à l'économie. Il relève selon nous d'un processus dual articulant la *martingalisation* des marchés et leur *éthérification* sous-jacente.

⁷⁶² Au premier rang desquelles l'Organisation Mondiale du Commerce. Si la référence à une « concurrence libre et non faussée » ne figure pas dans le Traité de Lisbonne ratifié en 2007 par les membres de l'Union européenne, on en retrouve de nombreuses traductions dans les accords en vigueur (dont celui instituant la Communauté européenne de 1992 aux articles 3 et 4), invoquant ici « l'objectif principal de [maintien de] la stabilité des prix », là celui de la « protection » des consommateurs et des citoyens. L'article 3A stipule : « 1. Aux fins énoncées à l'article 2, l'action des États membres et de la Communauté comporte, dans les conditions et selon les rythmes prévus par le présent traité, l'instauration d'une politique économique fondée sur l'étroite coordination des politiques économiques des États membres, sur le marché intérieur et sur la définition d'objectifs communs, et conduite conformément au respect du principe d'une économie de marché ouverte où la concurrence est libre. »

⁷⁶³ Cf. directive européenne MAR (Market Abuse Regulation) par exemple.

9.2.2. Éthérification

En désarrimant la monnaie de son substrat de convertibilité physique, l'abandon du système de Bretton-Woods a permis d'intégrer les devises au nombre des actifs financiers « standards », soumettant *ipso facto* leur négociabilité aux règles prévalant sur les marchés organisés, ce dont Goux [2008] rend compte en ces termes : « L'inconvertibilité et les taux de change flottants : ces deux décisions corollaires font pénétrer complètement la logique du marché et ses effets jusque dans l'objet⁷⁶⁴ qui était censé transcender le marché. » Perdant le bénéfice de son primat référentiel, la monnaie est rendue pleinement fongible – sur le plan épistémique – vis-à-vis des modélisations des classes d'actifs tierces desquelles elle partage l'essentiel de l'axiomatique ; la fixation du prix d'une option est ainsi donnée par la formule analytique de Garman et Kohlhagen, directement dérivée du corpus d'hypothèses de Black et Scholes. Ce qui s'est produit à l'occasion de la fin du système de Bretton-Woods, c'est bien l'aboutissement de l'abolissement de toute forme de hiérarchie ontologique entre les actifs financiers. Cette rupture historique nous semble constituer une première étape dans le processus d'éthérification des processus de marché que nous cherchons ici à décrire. Ce processus doit être entendu comme une évolution inscrite dans l'Histoire et déterminée par elle, qui a progressivement conduit la réalité des marchés et de leur enveloppe technico-institutionnelle à épouser les hypothèses « pures » de l'économie néo-classique.

Pour qu'un marché organisé soit parfaitement liquide, il faut que la profondeur et la dispersion⁷⁶⁵ de son carnet d'ordre soient maximales, ce qui revient à considérer qu'à la première limite correspondent des quantités infiniment grandes et un *spread* tendant vers 0. Dans une telle configuration, toute transaction est réalisée au prix courant et seule l'asymétrie des volumes effectivement traités à l'achat et à la vente détermine le barycentre guidant l'ajustement subséquent du prix avant réitération du « processus collisionnel ». En vertu de la logique endogène des marchés, la liquidité est l'une des conditions de l'ajustement des prix d'actifs, eux-mêmes dotés de la vertu de transmission d'informations aux agents économiques⁷⁶⁶. Elle n'a cessé de croître tout au long des dernières décennies à la faveur de l'électronification des marchés qui a permis d'une part la non-interruptibilité des cotations, d'autre part la mise à disposition de l'information endogène (prix, volumes, spécifications, etc.) au plus grand nombre, simultanément et presque sans délai. La liquidité a en outre été soutenue par un processus historique profond

⁷⁶⁴ Il s'agit de la monnaie.

⁷⁶⁵ La profondeur d'un carnet d'ordre correspond au volume maximum traitable à l'achat et à la vente, compte tenu de l'intégralité des ordres placés à un instant donné. Sa dispersion quantifie l'écart entre les niveaux affichés à l'achat et ceux affichés à la vente (moyenne pondérée par les volumes des *spreads* d'achat-vente).

⁷⁶⁶ Acharya et Pedersen [2005] montrent que les rendements des actions cotées sont positivement corrélés à leurs niveaux de liquidité.

« d'intégration financière » ternaire de décloisonnement, de déréglementation et de désintermédiation [Jeffers et Pollin, 2012] qui a eu pour effet d'induire le « désencastrement » de la finance vis-à-vis de l'économie. La démocratisation de l'investissement boursier couplée à la mise en concurrence d'intervenants de marchés très divers (investisseurs institutionnels, particuliers, fonds souverains, gestionnaires privés, etc.) en moyens comme en fins, a contribué à accélérer la mutation susdite vers la forme presque transcendante d'un « grand marché » proche de ce que préconise la théorie.

Depuis Walras jusqu'à Black, Scholes et leurs épigones, la question des coûts de transaction a été rejetée hors de la théorie, cette dernière se contentant de stipuler leur nullité par hypothèse. Fama [1991] ne nie certes pas l'existence de coûts de transactions impactant les opérations réelles, mais il conditionne un fort niveau d'efficience à leur diminution, voire à leur disparition ; les coûts de transaction sont haïssables pour l'orthodoxie financière car ils créent d'une part un « bruit » technique masquant l'information exploitable à partir des prix ; d'autre part, ils nuisent à l'arbitrabilité puisqu'ils en diminuent la rentabilité [Varian, 1992].

On retrouve dans la pensée néo-classique la propension épistémique déjà évoquée à la promotion d'un modèle pur au sens de la symétrie de ses observables. Ici on pourrait percevoir les coûts de transaction comme l'énergie non conservée lors d'une collision particulière inélastique, c'est-à-dire comme un épiphénomène indésirable car non seulement inutile mais aussi complexifiant puisque générant une anisotropie empêchant les opérations commodes de moyennage fondant le paradigme gaussien⁷⁶⁷.

Dans l'échange économique « standard », il existe une *prime* implicite à la connaissance préalable de sa contrepartie, car de cette connaissance naît la confiance, qui est non seulement la quasi-assurance de la sincérité de l'information échangée à l'occasion et au-delà des transactions réalisées, mais aussi une forme de garantie portant sur leurs conditions opératoires elles-mêmes (limitation du risque de défaut, de non-livraison, etc.). On retrouve là l'encastrement dit « relationnel » décrit par Granovetter, établi comme soubassement à l'historicité des processus de marché. C'est par exemple celui qui préside aux transactions prenant place au sein du forum antique ; c'est *a fortiori* celui que dépeint Mauss [1925] au-travers de la pratique ancestrale du *wadium* où l'une des parties laisse à son partenaire dans l'échange une « chose [...] toute chargée de l'individualité du donateur ». C'est encore celui à l'œuvre à la criée, entre les mareyeurs et pêcheurs de l'Île de Houat, là où la satisfaction réciproque des contractants importe avant toute chose ; c'est-à-dire là où il est moins affaire de « facteurs objectivés » que d'une « bonne volonté

⁷⁶⁷ Nous reprenons ici le propos initié en Partie 4.6.2.

mutuelle » proche de la *philia* aristotélicienne [Jorion, 2010]. Même dans le cas de relations commerciales très standardisées, de type *business-to-consumer* dans les secteurs de la manufacture de biens et de services de masse, fussent-elles médiées par un tiers en charge de la distribution des marchandises, on observe un retour de la proximité entre les parties, l'entreprise productrice cherchant d'une part à acquérir une connaissance précise et individualisée de ses clients, ces derniers exigeant pour leur part une relation de plus en plus incarnée et transparente vis-à-vis de leurs fournisseurs. La relative *cécité marchéiste* qui a pu prévaloir à partir du fordisme et jusqu'à l'avènement du Web 2.0⁷⁶⁸ ne constitue désormais plus le paradigme de l'économie marchande. En revanche, on assiste à la mutation inverse dans le domaine de la finance, sous l'effet conjugué de l'électronification des marchés et de la pression réglementaire visant à accroître la transparence des opérations.

Les marchés organisés peuvent être envisagés comme des zones d'interface aux contours semi-perméables⁷⁶⁹ au sein desquelles se déploient les processus transactionnels. Les agents s'y délestent de leur identité (les carnets d'ordre sont anonymes) et la socialité qui y règne se voit réduite à son expression la plus pauvre, puisque la plate-forme boursière se substitue pleinement à chacun de ses membres vis-à-vis de tous les autres : elle agrège et dirige les ordres, ce faisant elle met en relation sans « contact direct⁷⁷⁰ » ; elle concentre, crée et diffuse l'information qui transite par elle, garantissant par là même l'égal partage de celle-ci ; elle arbitre impartialement et systématiquement en fonction d'un corpus de règles stables et connues de tous ; elle mutualise enfin le risque de crédit inhérent à toute transaction, rendant de la sorte superfétatoire la connaissance du tiers en situation de contrepartie⁷⁷¹.

Dans le cadre de l'échange ainsi médié, il est difficile d'adhérer totalement à la critique émise par Orléan [2001] à l'endroit de la pensée néo-classique dans la mesure où la morphologie contemporaine des marchés tend bien à épouser son asymptote déontique à de nombreux égards⁷⁷² : l'expression du désir mimétique fondamental traduite en affirmation de rivalités sociales semble comme tarie par le dispositif systématique du marché. En particulier, le moteur puissant de la recherche wébérienne de prestige paraît – non pas annihilé –, mais tout du moins

⁷⁶⁸ Nous caractérisons cette phase à partir du double constat suivant : pendant cette période, les entreprises valaient – au regard de leur clientèle – avant tout pour leurs discours de marque [Klein, 2001] et leur compréhension du consommateur provenait d'études statistiques visant à définir des catégories génériques de ciblage. Si ce modèle n'a pas totalement disparu, il s'est beaucoup étioilé au cours des deux dernières décennies, notamment en raison de l'avènement de la donnée (*data*) et aussi du fait de la mutation du besoin des consommateurs, de plus en plus sensibles à la personnalisation de l'offre.

⁷⁶⁹ Il convient d'observer que l'on retrouve là l'une des conditions d'établissement du régime de Transition Critique Étendue, évoquée en Partie 5.4.2 – « Criticité étendue : conditions d'établissement et limitations ».

⁷⁷⁰ Conformément à l'analogie mécaniciste, elle réalise la collision de l'offre et de la demande en diminuant les « frictions » potentielles, à la manière de ce qui se produit au sein d'un environnement neutre, proche du vide physique.

⁷⁷¹ C'est là le rôle des chambres de compensation et des contraintes d'appels de marge et marges initiales (dont les réglementations EMIR et DFA ont renforcé la prégnance).

⁷⁷² Nous traiterons des limites de ce constat ultérieurement dans ce chapitre. Ce faisant, nous montrerons en quoi la critique émise par Orléan reste en fait tout à fait pertinente, en dépit de l'apparence des faits.

tenu à distance de l'espace *éthérifié* des transactions. On assiste à la prééminence d'un nouveau mimétisme synthétique produit par la dépersonnalisation du rapport économique établi au travers des marchés : ce mimétisme n'est plus seulement de nature sociale, mais à la fois de nature institutionnelle (il se constitue en tant que forme imposée et standardisée) et comportementale (via la re-corrélation critique des comportements notamment ou la conscience partagée relative à l'annihilation d'une partie du risque relatif au futur grâce aux procédures et instruments de couverture).

Le rapport à autrui est réduit à son expression la plus ténue, de même que le rapport à l'objet se voit vidé de sa substance comme jamais auparavant dans l'histoire économique. Mauss [1925] relate l'attachement au bien donné dans la culture chinoise ancienne, le possesseur cédant bénéficiant d'un droit « de pleurer son bien », privilège que l'échange d'un « billet de gémissement » matérialise. La standardisation référentielle des marchés et la fongibilité des biens entre eux peut être perçue comme une négation totale d'un tel lien de possession à la chose ; de fait, s'est instaurée une neutralité du rapport entre les parties autant qu'entre elles et les marchandises échangées. Ce *détachement* témoigne d'une dimension supplémentaire dans l'autonomisation des marchés, autant que dans leur éthérification.

On estime aujourd'hui que sur certains marchés la majorité des prises de positions sont en outre réalisées par des algorithmes⁷⁷³, c'est-à-dire sans aucune intervention humaine dans l'exécution. L'algorithme n'est aujourd'hui plus simplement un outil que l'on commande, comme il a pu l'être au début de la phase d'électronification des marchés ; il doit être aussi considéré en tant qu'intervenant de marché à part entière car bien qu'il ne soit pas doté d'une intentionnalité propre, il jouit d'une relative autonomie décisionnelle. Par ailleurs, le développement du trading algorithmique réalise la vision paradigmatique de l'agent rationnel, parfaitement extrait du tissu du social, constant – bien qu'adaptatif – dans son évaluation situationnelle et non soumis aux biais cognitifs et aux émotions. En l'espèce, l'évolution constatée est liée à la logique du progrès technique conduisant à l'abolition des frontières de temps et d'espace, dans le contexte du déploiement des Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication. L'écriture réticulaire l'a rendue possible d'un point de vue opératoire et la pression concurrentielle en a fait une quasi-nécessité en matière d'efficacité. Pour Muniesa [2000], ce mouvement d'automatisation des marchés peut en outre s'expliquer par la mise en œuvre d'une *volonté commune* d'atteindre l'efficience d'un marché parfait, débarrassé de scories qui disparaîtraient instantanément par le jeu de l'arbitrage computationnel.

⁷⁷³ Bigiotti et Navarra [2018] estiment l'intervention d'algorithmes à plus de 80 % des volumes exécutés sur les marchés de change en 2016.

Ce qui est à l'œuvre depuis le « désencastrement » de la finance vis-à-vis de l'économie, n'est autre qu'une Seconde Grande Transformation, aussi dissociative qu'a pu l'être la « Première » (celle de l'économie vis-à-vis du social) dont elle dérive. Schinckus [2017] fait référence à ce même phénomène quand il constate que l'alignement « des marchés financiers avec leurs représentations théoriques tend en un sens à éliminer les écarts entre la réalité et les modèles, réduisant par là même la diversité potentielle des interprétations (pluralisme) ». Il y décèle une convergence globale vers un « savoir uniformisé » ; nous y percevons de surcroît une marque supplémentaire de la symétrie inter-agentielle prônée par la théorie. Les marchés, envisagés en tant que dispositifs techniques, sont devenus des « *technèmes* » : à la manière des machines analysées par Baudrillard [1968] qui, bien qu'ils en émanent, sont pris dans un processus transcendant d'autonomisation vis-à-vis de l'action des hommes.

9.2.3. Martingalisation des marchés

La martingalisation des marchés constitue l'autre versant de la dynamique d'autonomisation des marchés dont nous tâchons de rendre compte. Les travaux de Froot et Perold [1995] que nous avons déjà évoqués, confirment non seulement le fait que les niveaux d'autocorrélations court-termes constatés sur les marchés soient presque nuls, mais aussi que leurs intensités calculées sur les principaux indices de références que sont le Dow Jones et le S&P 500 ont significativement diminué au cours des deux décennies 1980 et 1990, effaçant l'inertie des décennies précédentes au cours desquelles des valeurs positives ont pu être observées [Lo et MacKinlay, 1988] (cf. Fig. C). Les auteurs notent que cette « hausse de l'aléatoire⁷⁷⁴ » est concomitante à l'immixtion progressive des nouvelles pratiques de *trading* institutionnelles en matière de gestion de portefeuilles et de stratégies indicielles. Froot et Perold analysent ce phénomène selon les termes d'une *normalisation*, allant dans le sens d'une plus grande efficacité informationnelle.

⁷⁷⁴ Il ne s'agit – à la lumière de la thèse que nous défendons – que d'une interprétation partielle et partielle de ce qu'est l'aléatoire.

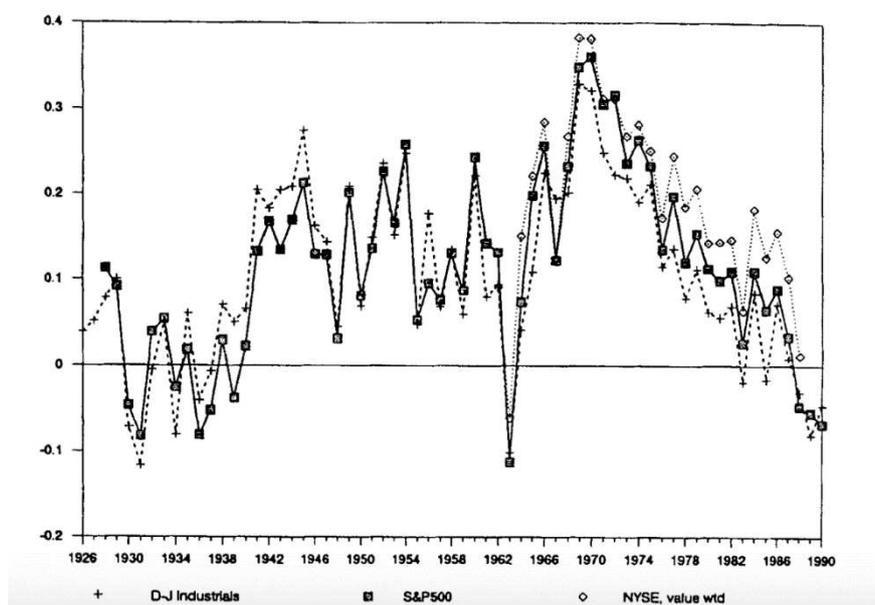


Fig. C – Autocorrélation des rendements journaliers sur indices d’actions (Source : [Froot et Perold, 1995]).

Du point de vue de l’efficience, l’aléatoire et ses manifestations phénoménales importent moins que l’absence d’arbitrabilité résiduelle. Pour Malkiel [2003], c’est en effet la condition de « jeu équitable » qui doit prévaloir lorsque l’on traite de l’efficience : « nous prendrons comme définition d’un marché financier efficace le fait qu’aucun investisseur ne puisse générer un rendement en excès sans accepter un niveau de risque plus élevé⁷⁷⁵ ». Dans son article de 1970, Fama lui-même concède que cette idée doit primer sur celle d’efficience corrélative à la « découverte » de la valeur intrinsèque des actifs. Passant en revue les différentes sources d’arbitrabilité, Malkiel estime que, nonobstant la rémanence de certaines « anomalies » à la théorie, ladite condition de jeu équitable dispose de suffisamment de preuves pour pouvoir être considérée comme acquise⁷⁷⁶. L’évolution décrite est celle d’une *martingalisation* des marchés, réalisation patente de la dynamique d’attraction de la norme sur le phénomène qu’elle prétend régenter.

Dans cette optique, un gain d’efficience se traduit par une réduction du temps d’arbitrage (tension vers l’instantanéité) et de son amplitude moyenne. Pour ce faire, au moins trois conditions techniques importent : la liquidité globale⁷⁷⁷ (dans toutes ses dimensions, aux premiers

⁷⁷⁵ « I will use as a definition of efficient financial markets that such markets do not allow investors to earn above-average returns without accepting above-average risks », p. 60 (traduction personnelle).

⁷⁷⁶ L’argument central employé est celui de la persistance de coûts liés aux transactions d’arbitrage couplé au manque de liquidité effective, c’est-à-dire celui de l’impossibilité opérationnelle de prise de bénéfices.

⁷⁷⁷ Garantie de la proximité entre toute prise de décision et sa mise en œuvre opérationnelle.

rangs desquelles l'extension des disponibilités de cotation, le nombre et la sophistication des agents, la diversification de leurs investissements) ; la fluidité systémique dans la diffusion de l'information, assurance d'une équité de perception des états du monde ; enfin, la capacité computationnelle des agents, miroir fragmenté d'une certaine rationalité.

À partir du paradoxe de Grossman et Stiglitz (1980), s'est établie la version *moderne* de l'efficience entendue comme « absence d'opportunité d'arbitrage » et comme « martingalité » des processus à l'œuvre, réalisant en quelque sorte l'assertion de Bachelier selon laquelle « l'espérance mathématique du spéculateur est nulle ». Cette représentation est commode du point de vue de la modélisation car elle est compatible, non seulement avec la forme brownienne *classique*, mais aussi avec une vision processuelle à la Lévy (les processus de Lévy étant des semi-martingales).

La convergence des processus transactionnels vers leur modélisation mathématique martingalisée témoigne d'une forme de « réification » de la théorie, c'est-à-dire d'une évolution conduisant une représentation théorique à devenir une composante essentielle du réel lui-même [Schinckus, 2017]. Voilà l'un des aboutissements les plus notables du phénomène d'autonomisation au cœur de la Seconde Grande Transformation : progressivement s'est développée une « hyper-réalité financière » en partie dissociée de son substrat économique-social [Macintosh, 2003⁷⁷⁸]. En somme, l'efficience du marché apparaît ne pas être une donnée ontologique fondamentale à celui-ci, mais bien le résultat d'une lente maturation constructiviste.

Par ailleurs, l'automatisation et l'électronification des marchés, marques du progrès technique plus global relatif aux NTIC, ne sont pas les seuls déterminants de la convergence susdite. À la manière des éléments fondamentaux d'axiomatique de la logique formelle, comme le principe du tiers-exclu, la modélisation néo-classique procède d'une cohérence interne dont l'arbitrabilité se présente comme la pierre angulaire. Il s'agit là d'un fonctionnement auto-référentiel, dont le succès dépend intimement de la « performativité » induite par les modèles eux-mêmes [MacKenzie, 2006⁷⁷⁹]. À la faveur d'un accroissement significatif et continu de la quantité d'information transmissible (bande-passante du réseau), admissible (mémoire embarquée ou mutualisée des serveurs de traitement) et calculable (fréquence et méthode des processeurs), on assiste à un déluge de données (Calude et Longo [2016] évoquent un « déluge de corrélations spécieuses⁷⁸⁰ ») que les méthodes de statistique avancées de la *Big Data* sont réputées pouvoir analyser. L'avènement récent de la donnée (*data*) magnifie le comportement stéréotypé des

⁷⁷⁸ Cité par Schinckus [2017].

⁷⁷⁹ *Idem*.

⁷⁸⁰ « *Deluge of spurious correlations* » (traduction personnelle). Nous développons cet aspect en Partie 9.4.2. – « Logique acausale et déluge de corrélations ».

algorithmes en leur donnant la capacité d'intégrer des quantités d'information autrefois largement inaccessibles. Ces algorithmes intègrent les présupposés de la théorie et *interprètent* – sans jugement – tout écart à cette dernière comme une opportunité d'arbitrage potentielle, ce qui conduit à une disparition dudit écart et à une validation endogène du schème pris comme hypothèse de départ. Ce mécanisme présente d'ailleurs une certaine similarité formelle avec la récursivité auto-légitimante qui continue de motiver l'approche chartiste.

De surcroît, sur un tout autre plan, la tentation systématique des agents à relier certaines des propriétés économiques réelles de l'efficacité informationnelle à des « formalisations mathématiques⁷⁸¹ » héritées de la théorie des processus stochastiques (filtrations, propriétés de Markov, lois de distribution, martingales et semi-martingales, etc.) doit en outre être envisagée comme l'un des soubassements notables de la performativité à l'œuvre⁷⁸².

D'une certaine manière, tout se passe comme si l'asymptote que nous cherchons à qualifier se part des atours d'un jeu à information complète et parfaite : complète car la forme martingalisée promet une espérance de gain nulle (une fois pris en compte le coût d'acquisition de l'information), et parfaite si l'on accepte l'idée que le prix synthétise à chaque instant toute l'histoire dont il résulte (hypothèse de markovianité) ou à défaut, dans une version affaiblie, que la connaissance du passé ne renseigne en rien quant au futur.

Toutefois, ainsi que nous l'avons indiqué, la martingalisation n'aurait été possible sans un environnement institutionnel favorable. En l'état, l'efficacité a été permise et organisée par un Occident acquis aux thèses d'un social-libéralisme croyant en la vertu d'un capitalisme convenablement mis à profit. Il suffit pour s'en convaincre d'en référer aux déclarations publiques de la Commission Européenne sur le thème qui nous occupe :

L'amélioration de l'efficacité des marchés permettrait à l'UE de pouvoir bénéficier d'un marché plus large et plus profond. Cela implique plus de concurrence, un choix plus grand et des coûts moindres pour les investisseurs, ainsi qu'une distribution et un partage du risque plus efficaces [...] Le bon fonctionnement des marchés de capitaux améliorera l'allocation du capital dans l'économie, facilitant les activités entrepreneuriales, celles impliquant des prises de risque, et l'investissement dans les infrastructures et les nouvelles technologies⁷⁸³.

⁷⁸¹ [Bouleau, 2013], au sujet de Fama (*art. cit.* de 1970).

⁷⁸² L'attrait platonicien exercé par les formes mathématisées a trait à de nombreux déterminants, dont nous avons synthétiquement rendu compte en Partie 1.4.

⁷⁸³ « *Improving the effectiveness of markets would enable the EU to achieve the benefits of greater market size and depth. These include more competition, greater choice and lower costs for investors as well as a more efficient distribution of risk and better risk-sharing... Well-functioning capital markets will improve the allocation of capital in the economy, facilitating entrepreneurial, risk-taking activities and investment in infrastructure and new technologies.* » [CE, 2015] (traduction personnelle).

À la faveur des évolutions technologiques que nous avons évoquées, tout se passe comme si « l'informativité » générale des marchés n'avait cessé de s'accroître, la donnée réticularisée étant aisément diffusable et son traitement décentralisable. La déclaration de la Commission Européenne vise notamment à promouvoir le rôle de transmission de l'information entre les agents en vue d'uniformiser le substrat à partir duquel la prise de décision d'investissement opère, de manière que l'acte décisionnel puisse prendre corps dans un contexte d'équité généralisée. Le marché martingalisé et éthérifié répond à cet impératif : réduit à son versant fonctionnel, il a vocation à n'être plus qu'un dispositif technique et institutionnel au service de la marche de l'économie capitaliste ; c'est justement ce pourquoi il est jugé à l'aune du critère d'efficience.

Pour autant, nous soutenons que ce mouvement dual d'éthérification et de martingalisation, même s'il est à la fois justifié, encouragé et qualifiable par un faisceau tangible de faits, ne saurait être ni pleinement, ni justement appréhendé sans être mis à l'épreuve de ses soubassements anthropologiques et sociologiques. C'est pourquoi nous nous proposons de montrer dans quelle mesure il reste à maints égards fortement conditionné, voire déterminé par eux, ce qui nous amènera à concevoir le phénomène central *d'écrasement de l'asocial depuis le social et sur le social*.

9.3. Écrasement de l'asocial sur le social

9.3.1. Bifurcation du risque et de la liquidité

La maturation du processus d'éthérification au cours des dernières décennies a été telle que l'on peut aujourd'hui légitimement attester de la marginalité de l'« encastrement relationnel⁷⁸⁴ » des marchés. Cependant, il serait erroné de dénier totalement leur inscription sociale, car certaines de leurs dimensions essentielles nécessitent d'être prises en compte par toute approche épistémologique raisonnable. Si la décennie 1980, marquée par les révolutions libérale-conservatrice, reaganienne et thatchérienne notamment, a servi de socle politique au vaste mouvement de *désencastrement* de l'économie financiarisée, on ne saurait négliger le rôle antagoniste du balancement historique consécutif aux crises répétées qui ont suivi dans l'émergence d'un véritable et profond processus de *réencastrement*. Toutefois, il n'est pas la question de la reconsolidation des « réseaux » interindividuels, mais de l'intégration des marchés

⁷⁸⁴ [Granovetter, 1985].

à un maillage structural de nature institutionnelle (relais informationnels, établissements financiers systémiques, corps administratifs et réglementaires, etc.).

Cette mutation nous paraît comparable à ce que Polanyi [1944] a pu constater à l'occasion de la Seconde Guerre Mondiale, à savoir la *ré-adhérence* de l'économique au social, par le biais de la mise en place des grands systèmes de santé occidentaux. La récurrence des phénomènes critiques d'ampleur tout au long de l'histoire économique contemporaine a conduit par exemple le secteur bancaire à abandonner certaines des activités de crédit jadis rémunératrices mais aujourd'hui trop consommatrices en capital, contribuant à une polarisation canalisée des activités de marchés vers ses périmètres d'actifs les plus liquides⁷⁸⁵. Au-delà des seules charges en capital imposées par les dispositifs prudentiels dérivés des principes bâlois⁷⁸⁶, il importe de ne pas négliger l'influence certes collatérale mais néanmoins notable des différentes réglementations, originellement destinées à accroître la transparence et la fluidité des marchés.

La crise de 2008 a par ailleurs révélé la sous-évaluation de la liquidité par les marchés, comme en atteste l'évolution des niveaux de primes de risque correspondantes constatées avant et après cette période [CGFS, 2014]. À cette occasion, on peut affirmer qu'une « bifurcation » s'est produite autour de la liquidité, les marchés ayant depuis drastiquement reconsidéré leurs appréhensions du *coût* de cette dernière, ainsi que de l'incertitude autour de son évaluation juste.

Toutefois, et tout à fait paradoxalement du point de vue de leur légitimation politique, les politiques monétaires *accommodantes* déployées par les principales banques centrales mondiales, visant à permettre la stabilisation des économies ayant subi les effets de la crise, ont contribué au masquage du coût de la liquidité, altérant *ipso facto* la mécanique empirique usuelle des marchés. En 1987, les marchés ont eu tôt fait d'intégrer une forme de prime extra-théorique aux événements extrêmes, alors que pour la liquidité – en raison de ladite *déviaton* réglementaire – il n'en va à ce jour toujours pas tout à fait de même. Dans l'un et l'autre cas, le substrat théorique reste préservé mais le réel s'adapte par compensation : soit par un *modus operandi* ajusté (adjonction du *smile* à la structure de volatilité standard lors de la crise de 1987⁷⁸⁷), soit par une déformation environnementale (abondance *ex nihilo* de liquidité lors de la crise de 2008).

⁷⁸⁵ Au détriment d'actifs comme les obligations à haut rendement (*High Yield et « Junk » Bonds*), les *FX swaps* et *forwards* long terme, ou les actions portant sur les petites valorisations (*small corps*). C'est ce que confirme par exemple le rapport de la BIS [2005] : « cette étude se base sur les conclusions de CGFS [2014], qui identifient des signes de bifurcation de la liquidité. Les fourchettes offre-demande, les volumes de *trading*, et les tailles moyennes des transactions portant sur les obligations souveraines ont retrouvé leurs niveaux pré-crise, indiquant que la liquidité est largement revenue sur ces marchés. Cependant, les marchés d'obligations d'entreprises ont montré une baisse de leur liquidité dans beaucoup de juridictions. Les fourchettes de cotation restent plus larges que les niveaux observés avant la crise. Les participants à ces marchés témoignent en outre d'une difficulté accrue à traiter des quantités importantes d'obligations d'entreprises. » (traduction personnelle).

⁷⁸⁶ Nous faisons là référence aux métriques progressivement introduites de LCR et de NSFR, de ratio de levier, d'horizons de liquidité (dans le cadre de la réglementation FRTB).

⁷⁸⁷ La nature de cet ajustement historique est discutée en Partie 6.4.3. – « La courbure spatiale de la volatilité : une forme émergente ».

9.3.2. La volatilité comme risque totalisé

Ainsi que nous l'avons énoncé, la théorie financière conçoit la volatilité à la fois comme l'un de ses éléments constitutifs, et aussi comme un facteur de bruit indésirable. Dans sa première acception – dérivée du paradigme classique de Sharpe [1963] –, il s'agit de la résultante de la manifestation quantifiée d'un risque dual, autant idiosyncratique que systémique, le *Bêta*⁷⁸⁸ liant les rentabilités entre elles, et donc indirectement les volatilités aussi⁷⁸⁹. La composante de « bruit » est ordinairement considérée comme un facteur aléatoire de perturbation du fonctionnement *souhaitable* des marchés⁷⁹⁰. Elle matérialise l'inefficience entendue comme capacité du système à traduire en prix l'information pertinente. Le fait que les travaux de Shiller [1981] aient pu mettre en exergue l'existence d'« excès » de volatilité par rapport à celle qui dériverait de la valeur fondamentale prévue par la théorie, doit nous inciter à repenser non seulement la prédictibilité de la théorie, mais aussi la notion de volatilité elle-même⁷⁹¹.

En synthèse, la prégnance de la représentation du risque en variance résulte selon nous de l'influence que la forme symbolique probabiliste exerce sur la communauté des praticiens et des théoriciens de la finance. Elle est en outre renforcée par la modélisation brownienne, elle-même consacrée par les usages dominants, au premier rang desquels se situe la modélisation de Black et Scholes. Elle s'inscrit enfin en cohérence avec l'autre grand paradigme de la finance, à savoir celui de la théorie du portefeuille, également bâtie sur le schème log-normal de Bachelier-Osborne. L'une et l'autre se stabilisent mutuellement, et, en vertu d'un principe de cohérence interne à l'espace théorique, bénéficient chacune de leurs « succès » empiriques réciproques (légitimation par le consensus et les usages).

Dans cette optique la volatilité est fixée *ex ante*, en tant que paramètre central des modèles. Elle présente les atours d'une propriété dispositionnelle, une caractéristique « cachée » de tout actif financier qu'il s'agirait de dévoiler ; elle présuppose par ailleurs l'acceptation de la stationnarité d'un générateur aléatoire conforme à la modélisation log-normale (moments finis, continuité des trajectoires, etc.) [Ayache, 2004]. Une telle propriété est un leurre : nul générateur stable n'est envisageable dans les conditions de la Criticité Étendue, nulle stationnarité pérenne en régime de

⁷⁸⁸ Les tests statistiques du MEDAF révèlent que les *Bêtas*, comme les primes de risques, sont des variables instables soumises à des changements de régime.

⁷⁸⁹ Selon un rapport homothétique.

⁷⁹⁰ Étudiant la dynamique particulière des « processus à croissance relative constante exponentielle » des équations logistiques Bouleau [2013] précise que ces processus sont condamnés à « l'effondrement » en raison de l'influence du paramètre contravariant de « frein ». Cet exemple illustre le fait qu'il existe une classe particulière de martingales positives – que l'on retrouve fréquemment dans le cadre des jeux équilibrés – dont l'ensemble des trajectoires deviennent tôt ou tard nulles, sous l'effet de l'amplification de la volatilité, pour peu que cette composante aléatoire soit suffisamment importante. À l'extrême, à partir de ce constat, on pourrait inférer du propos de Bouleau le fait que la volatilité présenterait comme propriété intrinsèque de pouvoir *vicier* un processus *sain* (nous extrapolons ici l'argument de Bouleau, cette position n'étant pas explicitement défendue par lui mais étant celle de l'orthodoxie théorique). Notre approche considérant la consubstantialité de l'aléa aux phénomènes transactionnels nous invite à la prudence vis-à-vis de telles positions, relevant d'après nous de problèmes mal posés.

⁷⁹¹ En plus de souligner une fois encore la captation du bruit par la théorie orthodoxe qui en fait une composante du hasard à l'œuvre.

pseudo-stabilité. L'instabilité des espaces des phases invalide l'hypothèse de stationnarité et lui substitue une pseudo-stationnarité dont nous avons présenté plus haut les caractéristiques. L'absence d'invariant réel permettant d'établir un état de phase pérenne nous invite à reconnaître en creux l'existence d'un méta-invariant fondamental : en l'occurrence, la variabilité elle-même [Longo et Montévil, 2013].

Par ailleurs, il convient, comme l'énonce justement Ayache⁷⁹², de replacer le marché, dans ses dimensions conventionnelle et référentielle, au cœur du processus d'évaluation des prix d'actifs. L'acte de calibration des paramètres pertinents nécessite en effet de s'y référer *ex ante*, la gestion dynamique de s'y référer continûment, et le débouclage des positions (par expiration ou retournement anticipé) de s'y référer *in fine*. Mais cette perspective « économétrique » ne suffit pas, d'un point de vue épistémologique, à éclairer convenablement ce qui qualifie pleinement la volatilité. Car cette dernière porte en elle une composante performative : le fait de s'en remettre au marché induit de contribuer en retour à l'auto-transcendance qu'il institue. La valorisation d'un actif ou d'un instrument dérivé vaut contribution au marché, par le simple effet de l'acte d'écriture qui la visible.

Si la valeur fondamentale d'un instrument financier non optionnel est un leurre – les prix prévalant sur la valeur – il en va *a fortiori* de même dès lors que l'on s'intéresse à des dérivés contingents puisque l'on sait leur évaluateur condamné à s'en remettre irrémédiablement à une sorte de calibration à l'état courant du monde. Bien que la modélisation en soit une composante, parfois majeure (dans le cas des instruments les plus simples), le prix ne saurait y être réductible ; en tant que résidu projeté de volontés mutuelles, il porte plus que ce que la théorie ne prévoit. Par exemple, l'aversion idiosyncratique des agents au risque – qui est un méta-paramètre extra-théorique – n'apparaît pas au nombre des paramètres pertinents du modèle d'évaluation des options, alors qu'il est rendu visible par leurs écarts (*spreads*) de cotation. Pour autant, il est bien pris en compte, lors de l'inversion de la formule de Black et Scholes à partir de l'ensemble des instruments cotés sur le marché, et ce, paradoxalement au travers du paramètre de volatilité. On voit là en quoi la volatilité modélisée n'est qu'un artefact très idéalisé de ce que le paramètre empirique est en réalité : un réceptacle commode – tant sur les plans représentationnel qu'opérationnel – de la complexité qui déborde de toutes parts le cadre théorique néo-classique ; autrement dit le *risque totalisé* réduit à un signe.

⁷⁹² *Ibid.*

9.3.3. Confinement du risque et procyclicité prudentielle

À partir de cette volatilité matérialisant le risque au niveau de chaque actif, il s'est agi de bâtir une métrique permettant la quantification agrégée du risque supporté par un acteur donné, non plus en régime « normal⁷⁹³ » – cette métrique étant fournie par la théorie du portefeuille –, mais spécifiquement en cas d'événement critique. C'est ainsi qu'au tournant des années 2000, sous l'impulsion des principales économies mondiales (Groupe du G20), a été mise en œuvre la réglementation prudentielle internationale dite de « Bâle II⁷⁹⁴ » visant à renforcer le cadre des accords principes de 1988 portant sur l'encadrement du système financier (des institutions bancaires prioritairement). Son premier « Pilier » adresse la question des montants de fonds propres minimaux à détenir par chaque établissement pour pouvoir faire face à un événement de marché *perturbateur*, maillon central du dispositif prudentiel que les évolutions du système bâlois se sont par la suite toutes attachées à renforcer.

Hâtivement, on pourrait voir là un ensemble de mesures d'inspiration « anti-libérale » visant à réguler les excès de marchés « déviants » dans leur fonctionnement, mais ce serait mal saisir leur finalité réelle. De la sorte, à partir de 1870 en Europe, tandis que l'économie industrielle triomphait et que la doctrine libérale s'établissait comme « base continue » de la pensée politique occidentale [Manent, 1987], on aurait pu analyser les lois de protection sociale promues alors sous l'angle de forces antinomiques d'inspiration anti-libérale. Polanyi [1944] y voit une erreur de jugement, considérant qu'il faut au contraire comprendre ces lois sociales comme autant de facteurs d'épanouissement, voire de soutien à l'économie de marché. Il en va à notre sens de même en ce qui concerne l'édifice prudentiel : là où d'aucuns perçoivent une forme de contention volontaire, il faut plutôt voir un ajustement permettant au *statu quo* de se maintenir.

Pour pouvoir traiter du risque de marché dans une optique de pilotage, le régulateur s'est doté d'une mesure centrale modélisée de nature probabiliste : la Valeur-à-Risque⁷⁹⁵ (VaR). La VaR est définie comme la perte potentielle maximale attendue considérant un horizon temporel et un intervalle de confiance donnés. Si l'on fixe un niveau de confiance, la VaR correspond donc mathématiquement à un certain quantile extrême de la distribution des pertes et des gains du portefeuille ou de l'agrégat de portefeuilles d'actifs étudiés. Pour pouvoir être calculée, la VaR nécessite de décider d'une méthode d'estimation. La méthode historique est la plus simple : elle consiste à simuler les positions courantes et à calculer les gains et pertes quotidiens induits par

⁷⁹³ « Normal » du point de vue de la théorie orthodoxe.

⁷⁹⁴ Le cadre prudentiel imposé par Bâle II traite également des risques de crédit et du risque opérationnel. Par souci de cohérence avec les thématiques traitées dans le cadre de cet exposé, nous n'aborderons pas ici ces catégories. Il est néanmoins intéressant de noter que leur appréhension épistémologique ne diverge pas fondamentalement de celle qui a trait aux risques de marché.

⁷⁹⁵ L'usage prédominant est celui de la dénomination anglo-saxonne : *Value-at-Risk*.

chaque configuration de marché antérieure effectivement réalisée afin d'en dériver une distribution réelle. Cette approche a le mérite de ne pas avoir à supputer de loi de probabilité *ex ante* mais contraint l'observateur à accepter la pertinence future d'une métrique calibrée au passé. *A contrario* la méthode paramétrique en variance-covariance repose pour sa part sur la distribution théorique de la loi jointe des facteurs de risques réputés suivre une loi normale. À partir de la densité de probabilité de la loi normale centrée réduite obtenue on peut évaluer le quantile recherché. Si elle s'avère pratique pour l'estimation de la VaR de portefeuilles linéaires, il n'en va pas de même dès lors que l'on y introduit de l'optionnalité, du fait notamment de la convexité affectant les covariances. En outre, cette approche fait appel à des hypothèses de gaussianité et de stabilité des corrélations très artificielles. Enfin, l'approche par simulations de Monte Carlo permet quant à elle d'envisager – certes toujours à partir d'une loi jointe portant sur les facteurs de risques diffusés, mais en introduisant potentiellement des *corrections* (prise en compte du *smile* par exemple) – une vaste combinatoire de scénarios *compatibles*⁷⁹⁶ à partir des paramètres implicites disponibles. Si cette méthode a le mérite d'une appréhension plus large des évolutions plausibles, elle se base toujours sur un corpus d'hypothèses traitant d'un hasard bénin inadéquat dans un espace des phases pseudo-stable, dont nous avons déjà discuté des limites.

Pour corriger les approximations et faiblesses méthodologiques de la métrique de VaR, le régulateur a tôt fait d'imposer des tests rétroactifs de validité (*backtests*) dont les résultats influent dynamiquement sur la charge en capital exigée au niveau des établissements évalués. C'est là une manière empirique de compenser mécaniquement ce qui provient du champ extra-théorique, autant que l'incertitude d'estimation relative à l'approche employée, c'est-à-dire aux limitations et imprécisions internes au corpus méthodologique retenu. Jorion [1996] évoque le « risque de la *Value-at-Risk* » pour qualifier les incertitudes relatives à l'estimation portées par la valeur de la VaR elle-même ; nous reprenons cette formule à notre compte dans une optique élargie de méta-risque à la fois endogène et exogène à la théorie.

Bien qu'elle soit encore largement employée, la VaR souffre en réalité de n'être pas une mesure de risque acceptable en tant que telle, d'une part parce qu'elle est généralement aveugle aux pertes extrêmes (ce qui est tout à fait dommageable compte tenu du fait qu'il s'agisse justement de celles qui pourraient s'avérer *décisives*), d'autre part parce que la VaR ne présente pas la propriété mathématique de sous-additivité. Ces écueils bien connus des théoriciens comme des praticiens – voir par exemple les propositions de mesures « cohérentes⁷⁹⁷ » du risque, et tenant compte des effets de convexité, énoncées par Föllmer et Schied [2002] – ont conduit à l'adoption de

⁷⁹⁶ Dans le cadre des hypothèses normatives préfixées par la modélisation.

⁷⁹⁷ Mathématiquement la propriété de cohérence dépend à la fois de celle de positivité homogène (invariance par homothétie) et sous-additivité.

l'indicateur d'Insuffisance Attendue (*Expected Shortfall*⁷⁹⁸ [ES]), mesure à la fois spectrale et cohérente du risque au-delà d'un seuil fixé. Cette « mesure » a en outre prouvé être plus à même de rendre compte de la leptokurticité⁷⁹⁹ [Du et Escanciano, 2016]⁸⁰⁰. Si l'ES raffine techniquement la VaR, elle s'inscrit dans une logique épistémologique similaire, à savoir celle d'un *confinement* du risque. Là où la volatilité tente de quantifier l'amplitude de l'aléa autour d'une espérance de rendement, l'ES vise à appréhender les risques extrêmes selon une approche comptable, par les « pertes » (dimension traditionnellement occultée dans la vision en moyenne-variance). Son usage a pour but premier de fixer un montant moyen de perte acceptable – au sens de compensable par l'immobilisation de capitaux propres suffisants – sur un horizon de temps donné.

Les marchés réels étant « incomplets », aucune couverture synthétique⁸⁰¹ ne saurait être garante d'une stricte innocuité en risque. L'approche prudentielle conduit à gérer les risques modélisés en acceptant de ne pas les connaître qualitativement⁸⁰², en les reléguant à leurs expressions extrémales moyennes (métriques de kurtosis), et en compensant par anticipation leur amplitude (charge en capital). Ainsi confiné, le risque se voit en somme traité tel un résidu, un *dégât potentiel collatéral* aux échanges bien ordonnés qui constituent la norme souhaitable. Contrairement à certaines approches de type *minimax* en théorie des jeux, où il s'agit de minimiser l'amplitude d'un risque que l'on peut circonscrire, on a là affaire à une approche d'équilibrage de l'espérance vague d'un risque lointain et évanescent.

Le fait de penser disposer d'une mesure du risque – fût-elle imparfaite ou erronée – n'est pas neutre du point de vue des comportements induits. Contribuant à forger le sentiment d'une contention possible du hasard au sein des marchés, il peut induire une « désinhibition⁸⁰³ » des agents à son endroit. Nous avons là affaire à une forme d'aléa moral d'origine psychologique auquel il convient d'adjoindre un effet pernicieux de corrélation entre les comportements agentiels, du fait de leurs réactions médiées par l'observation d'une mesure conjointe d'une part, et d'autre part en raison des stratégies homogènes de positionnement employées face au risque. Danielsson [2002] propose sur cette base un corollaire à la Loi de Goodhart précédemment

⁷⁹⁸ L'usage prédominant est celui de la dénomination anglo-saxonne. On constate plus rarement l'usage de la dénomination française « Insuffisance Attendue ». Voir entrée « Insuffisance Attendue » de l'Addendum.

⁷⁹⁹ Elle permet par ailleurs de capturer les effets liés à la dépendance de la structure de corrélation aux événements extrêmes, ainsi que ceux relatifs à des phénomènes d'assèchement de liquidité fréquents en phase critique.

⁸⁰⁰ Au point de remplacer la VaR dans le cadre réglementaire FRTB dont l'entrée en vigueur est désormais prévue en 2022, se substituant au dispositif obsolète hérité de Bâle 2.5.

⁸⁰¹ Par couverture synthétique nous entendons toute stratégie autre que la stricte défausse immédiate et unitaire de chaque instrument acquis ou cédé exposant son détenteur ou son cédant à un risque financier.

⁸⁰² Cet « éviction du sens » n'est pas toutefois entière, certains dispositifs de simulation de type *Stress Tests* permettent d'envisager la reproduction de scénarios passés ou la survenue de nouvelles configurations critiques selon une perspective à la fois quantitative et qualitative.

⁸⁰³ [Walter, 2013].

mentionnée : « Un modèle de risque cesse d'être pertinent dès lors qu'il est utilisé dans une optique réglementaire⁸⁰⁴ ».

Dietsch et Garabio⁸⁰⁵ [2003] montrent par ailleurs l'influence procyclique des notations de crédit sur la réallocation institutionnelle des capitaux, notamment en période de crise où la « fuite vers la qualité » détourne les investissements des contreparties jugées les plus faibles. Le fait que les notations « [aillent] dans le sens de la conjoncture » illustre la contention pernicieuse qu'une mesure d'apparence vertueuse du risque (ici la notation de crédit) peut avoir en matière de déstabilisation systémique. Le champ de la mesure prudentielle n'est pas exempt de tels effets : la procyclicité du ratio de capital exigible en témoigne⁸⁰⁶ [Aglietta et Rebérioux, 2004].

Au-delà de ces phénomènes de procyclicité, il est intéressant d'observer que la réglementation prudentielle a également pour effet de canaliser les flux de capitaux au profit des investissements les plus standardisés, ce qui, en période de crise, exacerbe la re-corrélation des comportements et en accentue certains *écueils*, au premier rang desquels l'assèchement de la liquidité. Il importe aussi de souligner la contribution de la réglementation prudentielle au processus d'éthérification, dans la mesure où cette dernière tend à contraindre l'expression *naturelle* des formes financières les plus complexes au profit de ce que l'arsenal modélisatoire peut le mieux appréhender, et au détriment de la continuité de la chaîne transactionnelle de transfert des risques.

Enfin, à un niveau *infrastructurel*, en raison de la large adoption de paradigmes partagés par les praticiens des marchés, il importe de concevoir « les mathématiques financières » elles-mêmes en tant que composantes de la procyclicité susdite : elles font en effet bel et bien « partie du risque systémique⁸⁰⁷ », risque dont les indicateurs de Valeur-à-Risque et d'Insuffisance attendue étendent la portée par rapport à la seule volatilité mais ne circonscrivent pas. Or c'est selon nous justement au niveau de la contention du risque, que se joue une part des enjeux *conflictuels* du social.

9.3.4. Violence « naturelle » et resurgissement du risque dans le social

La conjonction de l'homogénéisation formelle des marchés financiers et de leur ouverture progressive à une typologie large de participants a conduit à un niveau d'atomicité des agents toujours plus important. Cette évolution, participant du processus d'éthérification des

⁸⁰⁴ « A risk model breaks down when used for regulatory purposes », p. 4.

⁸⁰⁵ Cités par Aglietta et Rebérioux [2004], p. 267.

⁸⁰⁶ La régulation financière tente de contrer ce type d'effet en adoptant le dispositif préconisé par Goodhart [2002] en réaction au dispositif de Bâle II, c'est-à-dire en combinant : une pondération des facteurs de risque au sein de modèles internes prudentiels fixant les contraintes de capital ; une évaluation de l'adéquation des risques gérés à l'efficacité de leur gestion ; un « coussin contracyclique » destiné à être consommé en cas de déclenchement soudain de crise affectant le capital des établissements [Danielsson *et al.*, 2001], cités par Aglietta et Rebérioux [2004].

⁸⁰⁷ Bouchaud [2010], cité par Walter [2013], p. 258.

marchés, s'est à la fois accompagnée d'une démocratisation des usages (elle-même permise par une démocratisation préalable des techniques) et d'un mouvement global⁸⁰⁸ de désintermédiation⁸⁰⁹, qui culmine avec l'avènement de la *blockchain*. Mais ni la désintermédiation, ni la dématérialisation n'ont atteint leur *fin*. En continuant de progresser, le processus d'éthérification mue et, ce faisant, génère de nouvelles morphologies du point de vue des configurations organiques agentielles : il en va ainsi du renforcement lourd du rôle des chambres de compensation, ou de l'apparition de nouveaux acteurs⁸¹⁰ collectivement dotés d'un rôle *systemique* (« mineurs » des réseaux de *blockchain*, dispositifs d'intelligence artificielle, fonds d'investissement systématiques algorithmiques, etc.).

Quels qu'ils soient en nature, les agents n'agissent pas véritablement seuls et en vertu de leur unique *volonté* optimisatrice, fussent-ils eux-mêmes virtualisés et unitaires (p. ex. les algorithmes d'exécutions d'ordres). En plus d'être soumis en permanence à la pression entretenue par un ensemble de contraintes prédéfinies qui leurs sont exogènes (seuils de *trading*, supervision réglementaire, etc.) et qui émanent de leur encastrement structural, tous les agents sont assujettis à leur capacité propre de financement. Dans la logique du système capitaliste, la combinaison du capital détenu et du capital anticipé par le marché fonde la capacité d'action individuelle ou combinée des agents. À partir de cette assertion presque tautologique mais néanmoins fondamentale, on peut comprendre l'adhérence nécessaire du financier à l'économique, nonobstant la maturité du processus d'autonomisation de celui-là par rapport à celui-ci. *A minima* il importe de saisir toute la portée du conditionnement réciproque de l'un vis-à-vis de l'autre, rendu certes particulièrement manifeste lors d'épisodes critiques, mais en réalité jamais éteint.

Dans sa critique radicale du capitalisme contemporain, Chomsky [2004] évoque la captation et la rétention de l'événementialité des marchés par les grandes entreprises, pour dire à leur sujet qu'elles « *sont*⁸¹¹ le marché », autrement dit, que le marché est largement *déterminé* dans son essence comme dans son fonctionnement par les acteurs les plus puissants qui y interviennent. Chomsky se positionne là en opposition manifeste à l'hypothèse d'efficience ; il dénie en outre l'atomicité réelle des marchés. Nous pensons pour notre part, qu'en régime de criticité étendue,

⁸⁰⁸ Nous qualifions ce mouvement de « global » car il ne concerne pas uniquement la sphère financière.

⁸⁰⁹ C'est pourquoi par exemple les « effets d'agglomération » [Krugman, 1991], correspondant aux phénomènes de concentration géographique « écosystémiques » en économie industrielle, ne semblent pas pertinents du strict point de vue des marchés financiers. Dématérialisés, ces derniers ne requièrent en effet plus de présence physique de la part de leurs participants. L'argument de Krugman peut être repensé à l'aune de ces éléments : à un écosystème topologique il s'agit de substituer un écosystème informationnel, extrait des contraintes inhérentes à la physicalité. Un tel écosystème aurait pour enjeu la confiance, agglomérat complexe de rationalités, de représentations et de croyances. Le « gain d'échelle » qui en émanerait n'est pas un gain de productivité *stricto sensu*, mais un gain exprimé en termes d'*économie de risque résiduel*. Nous soutenons donc que le marché ne remplit pas seul ce rôle de coordination ; il est très fondamentalement subordonné au social.

⁸¹⁰ Le terme « acteur » désigne ici très largement tout agent actif ou passif, humain, organisationnel ou artificiel (p. ex. un algorithme), du système ou de son environnement.

⁸¹¹ Nous mettons en exergue.

l'événementialité auto-transcendante des marchés financiers échappe largement à l'intentionnalité particulière d'un ou même de plusieurs agents⁸¹². Pour autant, nous ne dénions pas le fait que la confrontation asymétrique de l'offre et de la demande puisse bien entraîner une forme d'auto-référentialité, dans la plupart des cas non arbitrable car cohérente avec l'évolution de la perception de la valeur (par le biais de l'attractivité apparente du bien échangé), transcrite en prix.

Cette dynamique ne doit toutefois pas être confondue avec un *contrôle* ou une *subordination* du marché par certains agents ; elle est une résultante nécessaire de leurs rapports de forces – « [l]a bourse est [en effet] le lieu de l'équilibre ou du déséquilibre dans le social⁸¹³ ». Selon Smith [1776], « l'économie *contient* la violence⁸¹⁴ » au sens où elle la porte en elle tout en disposant de mécanismes endogènes garants de la pseudo-stabilité d'ensemble du système⁸¹⁵ qui l'héberge. Voilà comment comprendre la vision hégélienne de l'économie comme « forme essentielle du monde moderne⁸¹⁶ » : comme l'analyse Dupuy [1981] [2012], l'économie a progressivement su supplanter le sacré⁸¹⁷ au sein de nos sociétés sécularisées dans son rôle fondamental de « barrage à la violence ». À partir de l'analyse développée par Girard [1972], en vertu de laquelle « par le sacré, la violence se met à distance d'elle-même pour mieux s'autolimiter⁸¹⁸ », Dupuy perçoit dans l'économie une violence émanant du social mais intériorisée et institutionnalisée de manière à être régulée. Intermédiaire de l'échange, la monnaie est devenue, pour Aglietta et Orléan [1982], « le processus par excellence de socialisation des sociétés marchandes », processus par lequel les rivalités mimétiques (au sens de Girard) peuvent être contenues. Autrement dit, la monnaie présente la vertu, en même temps qu'elle en assume la fonction, de permettre une gestion sociale de la violence. Les *désirs* contradictoires des hommes se voient détournés de leurs objets originels pour se porter sur l'équivalent universel et institué que constitue la monnaie⁸¹⁹. En ce sens, le système des prix peut être envisagé comme un ensemble de mécanismes de *maintien* de l'ordre social.

⁸¹² Nous raisonnons ici hors du cadre particulier de tentatives de manipulations de marchés ou de fraudes.

⁸¹³ [Herrenschmidt, 2007], p. 374.

⁸¹⁴ [Dupuy, 2012], p. 39.

⁸¹⁵ Nous pensons avec Dupuy que c'est de la sorte qu'il convient de résoudre l'*apparente contradiction* que d'aucuns ont cru déceler entre *La Théorie des sentiments moraux* [1759] et *Enquête sur la richesse des nations* [1776], la littérature évoquant à ce sujet un « *Adam Smith Problem* » lié à l'incompatibilité apparente de la sympathie comme moteur naturel de l'action humaine et du rôle de l'égoïsme et de l'intérêt individuel à la base du fonctionnement économique. Voir par exemple à ce sujet Jean-Daniel BOYER, « *Adam Smith Problem* ou problème des sciences sociales ? Détour par l'anthropologie d'Adam Smith », *Revue Française de Socio-Économie*, vol. 3, n° 1, 2009, p. 37-53.

⁸¹⁶ Cité par Dupuy [1981].

⁸¹⁷ « L'économie est la continuation du sacré par tout autre moyen », dans DUMOUCHEL P. et DUPUY J.-P., *L'enfer des choses. René Girard et la logique de l'économie*, Paris, Seuil, 1979, cité par Dupuy [2009]. « L'économie occupe la place laissée vacante par le processus, de nature éminemment religieuse, de désacralisation du monde qui caractérise la modernité » précise justement Jean-Pierre Dupuy [2009]. Dans sa forme mathématisée contemporaine, nous ajoutons qu'elle contribue même – à notre sens – à actualiser ce processus en le renforçant, par la maîtrise qu'elle confère aux hommes à l'endroit de cette discipline.

⁸¹⁸ Cité par Dupuy [2009], p. 348.

⁸¹⁹ Elle-même en partie supplantée et absorbée par le marché.

La Grande Transformation polanyienne peut aussi être, dans cette optique, envisagée comme une mise à distance progressive de la violence par le corps social organisé. Hirschmann [1977] présente originellement l'économie capitaliste comme un remède à la violence au sein des sociétés désacralisées, tout en précisant qu'elle était paradoxalement censée « accomplir cela même qui allait bientôt être dénoncé comme sa pire caractéristique⁸²⁰ ». Nous estimons cependant que, du fait de son encastrément et du fait de son incapacité à réaliser naturellement le transfert du risque (lié à l'inter-temporalité ou à l'asymétrie transactionnelle), l'économie se laisse régulièrement *déborder* par le social. Dès lors, la finance éthérifiée peut apparaître comme une nouvelle *tentative* de contention de la violence et la Seconde Grande Transformation se voit éclairer d'un jour nouveau. Ainsi la propension – certes imparfaite mais néanmoins tenace – des marchés à promouvoir la symétrie (anonymat, atomicité) agentielle peut-elle être envisagée sous l'angle de son influence sur l'expression du « principe mimétique », à l'origine de la violence destructrice du social selon Girard [1978]⁸²¹. Bien que, comme l'économie, elle soit irrémédiablement ramenée au social dont elle est faite, la finance de marché peut en quelque sorte apparaître comme une modalité particulière de mise à distance « pacificatrice » du social vis-à-vis de lui-même, afin de le prémunir de « l'irréductible opposition de ses membres⁸²² ». À l'issue d'un long processus de maturation, la finance contemporaine apporterait en quelque sorte une concrétisation à l'intuition de Montesquieu selon laquelle « l'effet naturel du commerce est de porter à la paix⁸²³ ».

Le paradoxe établi par Hirschmann d'une résidualité, voire d'une résurgence irrépressible de la violence, trouve une partie de son explication chez Polanyi [1994] : le marché ne s'étendant pas à toutes les affaires humaines, il laisse un espace de recours à l'expression politique, notamment dans sa dimension contraignante, politique et militaire. Nous estimons de plus que l'existence d'externalités multiples enrichit cet argument, le système économique tentant certes d'absorber une partie de ces dernières⁸²⁴ mais reléguant toutefois à sa périphérie celles qui lui échappent. Or, on sait que la dynamique « naturelle » des marchés financiarisés, du fait de la *scalabilité* apparente des chroniques de prix, procède d'une succession de corrections brutales à l'issue de phases de pseudo-stabilité, et ce, à toutes les échelles de temps. La croissance porte en elle les germes de sa propre remise en cause, de même qu'elle encourage la cécité des agents vis-à-vis de son extinction. Sans aller jusqu'à dire avec Dupuy [2012] que « la condition de possibilité du

⁸²⁰ Cit. p. 132, *ibid.*

⁸²¹ Pour Girard, ce principe fondamental est également générateur de formes culturelles et de morphologies d'organisation dans le social.

⁸²² Citation de Gauchet [1976].

⁸²³ MONTESQUIEU (DE) Charles, *De l'esprit des lois*, 1748.

⁸²⁴ P. ex. avec le développement d'un marché organisé de compensation des émissions de carbone.

capitalisme est que ses agents le croient immortel », il faut toutefois reconnaître une certaine « sacralisation de la croissance » et de sa pérennité.

9.4. La nouvelle fin des probabilités : repenser la criticité

9.4.1. De la rémanence de l'historicité au retour de la dialectique historique

À la manière de l'économie capitaliste de la Première Grande Transformation, la finance vise à recréer une sphère de socialité extraite du social, en aplomb de lui, mais néanmoins disjointe. Cette asocialité se pare des atours d'une néo-physiocratie technique, voire technologique. Mais il s'agit là d'un leurre car elle reste, à maints égards, intimement liée au social qui la conditionne, la conforme et en derniers recours la stabilise. Pour Polanyi [1944], il n'y a guère de naturalité dans le concept de « marché » ou de son corrélat, « l'*homo œconomicus* » ; l'économie est en situation d'intrication, d'inscription vis-à-vis de la société. Entre cette thèse socialisante et son pendant *naturaliste* d'inspiration positiviste et libérale, nous plaidons pour la promotion d'un syncrétisme conciliateur, à même de rendre compte de la cohérence téléologique de la progression des sociétés humaines (l'aspiration à la liberté, la rivalité pour la survie, etc.) autant que de la condition éminemment sociale des individus (tendance grégaire, principe mimétique, etc.).

« La fin de l'histoire » économique – même réduite au seul versant de la gouvernance d'entreprise – qu'évoquaient Hansmann et Kraakman [2001] au tournant du millénaire n'a pas eu lieu et ne se produira vraisemblablement pas : la nature même des phénomènes transactionnels l'empêchera de s'accomplir vraiment. La Seconde Grande Transformation relève en effet d'une articulation complexe entre des déterminations d'ordre politique, éthique, épistémologique et eschatologique. En premier lieu, la dynamique d'éthérification doit être comprise comme production consciente d'une intentionnalité politique guidée par la conviction partagée en l'efficacité du capitalisme libéral dans la coordination des agents et des moyens de production, ainsi que dans le partage et le transfert des ressources. Il s'agit d'une contingence historique largement consolidée par l'échec du modèle antinomique communiste au cours du XX^e siècle. En second lieu, et paradoxalement, vis-à-vis de la conception concurrente d'une violence aveugle et systématique affectant le social depuis les processus de marché, il convient de percevoir l'action de ces derniers aussi comme « une modalité particulière de mise à distance « pacificatrice » du social vis-à-vis de lui-même », ainsi que nous l'avons précédemment montré. En troisième lieu, à cet argument portant sur l'éthique, nous adjoignons une dimension sous-jacente de nature

épistémologique : si le marché est perçu comme une institution adéquate dans la recherche du juste équilibre dans l'emploi et la répartition des ressources produites et consommées, voire comme l'institution la plus efficace à ce dessein, c'est parce que cette vision répond à un schème représentationnel conforme aux canons de la forme symbolique probabiliste envisagée selon ses abords fréquentistes. Et l'illusion de *contrôlabilité expérimentale* qui en découle explique non seulement l'évolution de la réponse prudentielle de ces dernières décennies, mais plus généralement encore toute la manière dont le risque financier est appréhendé et *géré* dans et par nos sociétés occidentales. Enfin, il nous faut rappeler que la dynamique « d'éthérification » n'est pas réductible à celle d'un construit humain établi selon les exigences normatives d'un néo-classicisme imposé en tant qu'axiome indépassable. Elle est la réalisation historique transcendante d'une certaine eschatologie de la technique, en vertu de laquelle la « norme » néo-classique s'est constituée en tant qu'horizon *souhaitable* de l'économie. Les mouvements relatifs à la *fluidité* de l'information et à sa computationnalité toujours plus grande, à l'instantanéité des échanges, à l'abolition des frontières topographiques, à l'uniformisation des biens comme celle des agents les échangeant, étaient déjà initiés au moment où naissait le néo-classicisme. Ils s'insèrent dans la tendance profonde d'une avancée *nécessaire* du progrès technique, répondant lui-même à l'*hybris* naturelle de l'homme vis-à-vis de son environnement et à son aspiration naturelle à l'efficacité stratégique dans la gestion des ressources dont il dépend. Pour l'essentiel, la finance remodèle en permanence des formes anciennes, les affinant et les conformant à son avantage. Ainsi le métayage – contractualisation associant un prêteur au risque de l'activité qu'il permet, au travers des revenus de production – perdure-t-il depuis ses formes archaïques attestées jusque dans la modernité : l'actionnaire, pivot de la gouvernance d'entreprise capitalistique, n'est autre que sa traduction contemporaine [Jorion, 2010]⁸²⁵. Le matériau que la finance manipule est en grande partie historique.

En synthèse, ce qui fonde la Seconde Grande Transformation résulte pour une large part de cette historicité interstitielle, prête à sourdre dans chaque faille dont la micro-criticité est intrinsèquement faite et qui devient déterminant historique dès lors que la pseudo-stabilité d'ensemble ne tient plus et cède le pas à la résolution critique. Tel est le sort de ces systèmes complexes anthropiques si particuliers que sont les systèmes économiques hébergeant les processus transactionnels de marché, dont les évolutions répondent au régime de la « criticité étendue ». Cette Seconde Grande Transformation dont nous faisons état n'est par ailleurs pas un mouvement abouti : écriture réticulaire et forme symbolique probabiliste tendent à converger selon de nouvelles modalités structurantes à mesure que se développent les méthodes de la

⁸²⁵ Nous reprenons ici l'exemple énoncé en Partie 7.5.1 – « Le prix et ses atours de vérité ».

statistique computationnelle des grands ensembles de données (*Big Data* et *Machine ou Deep Learning*).

9.4.2. Logique acausale et déluge de corrélations

Ce n'est pas « une coïncidence fortuite, note Largeault [1990], que les probabilités se soient révélées à la Renaissance, au moment où fut découverte la méthode expérimentale ». La conscience de la possibilité d'une contrôlabilité expérimentale qui émerge à cette époque est en effet garante d'une répétabilité des phénomènes à partir de laquelle on a pu extraire des résultats statistiquement stables. Sur la base des régularités mesurées ou constatées les plus fiables (celles de la gravitation chez Galilée par exemple) la physique de « l'ère préscientifique⁸²⁶ » a ainsi pu établir ses premières lois. Le régime épistémique prévalant alors est celui de l'induction, méthode en vertu de laquelle l'observation de faits particuliers saillants et récurrents sert de substrat référentiel à l'élaboration de lois générales⁸²⁷.

L'induction, comme modalité de formation de connaissance, n'a pas disparu avec le développement de la « science moderne » et l'avènement de l'abstraction ; elle a certes perdu sa prééminence au profit de la déduction mathématisée, mais n'a pas pour autant cessé de servir de support à l'effort de « géométrisation théorique » de la modernité. Même dans sa forme contemporaine hautement abstraite, la science use encore du raisonnement inductif et de son corrélat analogique, « source de fécondité » notamment dans la formation des corpus hypothétiques [Poincaré, 1902].

Le développement du formalisme probabiliste a permis d'inscrire l'induction dans une perspective « futurocentrique », faisant du présent le germe de « futurs probables » (vision propensionnelle) et non plus simplement la justification advenue de trajectoires singulières du passé (vision statistique). Cette évolution culmine avec la science contemporaine, laquelle a d'une part désavoué le rôle primordial de la causalité, autrefois idée directrice de la « science classique⁸²⁸ » ; d'autre part elle a peu à peu – à mesure que la théorisation se complexifiait et où le degré de non-analyticité des phénomènes étudiés s'accroissait – substitué à la recherche des causalités la description computationnelle de lois. La physique « classique » n'avait jadis recours aux lois statistiques que partiellement et temporairement, comme palliatifs à la déficience de la

⁸²⁶ Au sens déjà employé de Bachelard [1938].

⁸²⁷ On a là affaire au « jugement réfléchissant » kantien où la théorie dérive des séries d'événements relevés individuellement puis généralisés.

⁸²⁸ Kojève [1932] qualifie de cette manière la science pratiquée avant la révolution quantique.

connaissance de lois causales en vertu d'une foi immarcescible en la nécessité du déterminisme [Kojève, 1932]⁸²⁹.

On assiste aujourd'hui à une rupture vis-à-vis de ce vieux schème épistémologique avec la *big data* et les méthodes d'« apprentissage profond » (*deep* ou *machine learning*) qui lui sont corrélatives : dans le cadre de ce nouveau paradigme, théorie et empirie cèdent conjointement le pas aux corrélations statistiques dénuées de sens. Il s'agit, non plus de comprendre pour prévoir, mais *d'exhiber*, de révéler des structures de relations – fussent-elles totalement fortuites – pour prédire et, éventuellement, comprendre. Cette éviction de la préséance du sens revient à « mesurer sans théorie » selon les termes de Koopmans [1947]. La logique acausale ainsi déployée cesse de convoquer la nécessité de liens *bien compris et convenablement ordonnés* ; elle accepte le contingent et le temporaire, pourvu qu'ils soient opératoires. Thom lui-même déplorait cet abandon de la recherche féconde des causalités et la traque obstinée des « variables [explicatives] cachées⁸³⁰ ». C'est en quelque sorte la victoire à rebours de la méthode inductionnelle procédant par identification de motifs récurrents et extrapolation à partir des plus pertinents ou des plus stables, au détriment de la vision poppérienne de la science établie avant tout chose comme édifice de construction logique.

L'écriture réticulaire sied bien à la méthode statistique, car elle lui permet de disposer d'une donnée à la fois formellement homogène (puisque passée au filtre de l'encodage binaire), et de ce fait aisément transmissible, stockable et calculable. La combinatoire exponentielle produite par la mise en réseau des sources actives et passives⁸³¹ de signaux informationnels (agents humains, algorithmes, capteurs, etc.) entraîne l'écoulement d'un flux de données incessant, charriant avec lui maintes « corrélations [souvent] spécieuses », parfois fécondes, que la science expérimentale aurait ordinairement ignorées, parfois à tort, souvent à raison. C'est en quoi il faut se garder d'aller jusqu'à penser que le nouveau paradigme computationnel cherche à nier le sens : il peut aussi permettre de le mettre au jour, là où auparavant il serait resté tapi dans l'ombre, la plupart du temps masqué par la chape lourde de la complexité. Simplement, ledit paradigme ne recherche primairement plus le sens ; il se contente, à l'occasion, de le découvrir.

Si la méthode statistique dit indubitablement quelque chose du monde, et même dans certains cas, recèle une valeur prédictive à son égard, elle est largement prise en défaut lorsqu'elle s'applique aux systèmes complexes historiques que nous étudions. D'une part, en raison de l'instabilité des espaces des phases et de l'asymétrie de leurs observables dont nous avons déjà

⁸²⁹ Depuis les travaux de Boltzmann et Gibbs, la méthode statistique a néanmoins montré que ses résultats pouvaient converger – sous certaines conditions lourdes de confinement expérimental et de symétrie des observables – vers ceux que prévoient les lois causales.

⁸³⁰ Dans [Pomian, 1990].

⁸³¹ Au sens du niveau de façonnement et de modification de l'information captée par rapport à celle qui est transmise.

largement rendu compte, d'autre part du fait que « l'une des caractéristiques de [cette] méthode c'est d'ignorer délibérément et systématiquement les détails⁸³² ». Or, les « détails » apparaissent justement comme ce qui importe dans la prédictibilité de tels systèmes où la divergence prévaut dans la détermination des trajectoires décisives. Les événements rares président en effet à leur survie en contribuant au renforcement de leur plasticité et à l'évolution de leurs morphologies.

Cela n'a pas empêché la promotion contemporaine massive de la statistique computationnelle comme méthode de formation des nouvelles connaissances. Cette tendance n'a pas manqué d'irradier la finance en tant que champ de savoirs constitué, autant que comme domaine opératoire particulier de l'empirie. La statistique computationnelle est aujourd'hui employée dans le but de détecter des *anomalies* au sein des marchés, d'anticiper leurs comportements (non pas véritablement leurs évolutions), et afin même d'estimer la valeur d'actifs dérivés (*pricing*). Dans le premier et le second cas, il s'agit de se baser sur la stabilité de séries de corrélations endogènes et exogènes pour détecter des opportunités de prise de position (optimisation des exécutions ou prise de position directionnelle), en supputant que la stabilité passée puisse préjuger de celle qui surviendra. De telles approches ont pu se développer non seulement parce que la pseudo-stabilité des marchés le permet, mais aussi en raison de leur auto-référentialité performative. Elles sont donc en partie elles-mêmes conditions de leur légitimité, effet par ailleurs renforcé par un « biais du survivant » [Elton *et al.*⁸³³, 1996] fort sur ces « stratégies » : seules celles perçues comme efficaces (selon des critères généralement triviaux en moyenne-variance⁸³⁴) persistent, jusqu'à ce qu'elles soient jugées obsolètes et disparaissent. Le troisième cas cité, celui de l'emploi des méthodes d'apprentissage profond pour estimer les prix d'actifs, consiste en une démarche de *pricing* sans modèle, d'une construction par conformité, voire par *similarité* aux configurations passées sous contrainte de « cohérence » à la valeur des autres actifs cotés. On sait pourtant que la plupart des recherches menées en analyse statistique financière exhibent pour partie des « faux positifs » [Ioannidis, 2005] et que la nature de la complexité en jeu est favorable à la sur-calibration [Sullivan *et al.*, 1999]. Si cela est aujourd'hui encore de nature à réduire la pertinence de ces nouvelles méthodes, gageons que la conjonction de leur *commodité* (auto-affinage du « modèle » de régression) et de leur *efficacité* opératoire (notamment du point de vue de la réduction des coûts computationnels, en temps et en ressources de calcul, induits) saura leur conférer un avantage méthodologique dans le futur. L'emploi à grande échelle de ces méthodes est, selon nous, de nature à modifier la nature profonde des événements critiques, car elles se fondent sur une forme de *sur-spéculativité* : sans théorie, la valeur des actifs contingents serait en

⁸³² Cité par Jacob [1970], p. 219.

⁸³³ Il est question, dans cette étude, de l'existence de cet effet dans l'analyse des performances des fonds mutuels.

⁸³⁴ Les ratios de Sharpe ou d'information figurent parmi les indicateurs de performance les plus utilisés.

effet fixée par ce qu'elle a été lors de configurations similaires. La rareté de ces dernières entraîne la nécessité de tenir compte d'un faisceau toujours plus étendu de corrélations à d'autres actifs eux-mêmes calibrés au moyen de telles approches : de la sorte pourraient se créer de nouvelles structures de corrélations *auto-formées*, impliquant des biais mimétiques systématiques aussi particuliers qu'inédits.

9.4.3. Éloge raisonné de la prospective

Nous avons explicité les nombreuses raisons pour lesquelles il ne saurait y avoir de « loi de développement » au sens de Popper [1956], au sein des systèmes complexes historiques, et notamment au sein des systèmes anthropiques *réels*⁸³⁵ – fussent-ils les mieux définis. Le caractère décisif des perturbations exogènes aux systèmes, l'impossibilité à décrire précisément leurs conditions initiales (limites physiques à la mesure, paramètres cachés, etc.) ou l'ordre d'occurrence de ces dernières, les chaînes récursives de rétroactions à l'œuvre sont autant de *facteurs limitants* d'un point de vue épistémique à la détermination de lois d'évolution historiques des processus prenant l'homme et ses activités organisées pour objet. Lorsque Keynes [1930] prévoit par exemple la fin du travail à partir de son analyse de l'accroissement inexorable de la productivité et des revenus capitalistiques, il n'envisage que les observables de son temps. Son erreur d'anticipation ne provient pas d'un défaut logique, mais d'une limite épistémique à la prédictibilité : en l'espèce, au-delà de la satisfaction des besoins essentiels « primaires », la génération de richesses a également engendré de nouveaux besoins de consommations propres. L'exigence mimétique des agents a sous-tendu la redéfinition des fonctions de valeurs irradiant le tissu du social et le structurant.

Si l'« hypothèse probabiliste⁸³⁶ » n'est plus tenable dès lors que l'on accepte que le régime de criticité étendu soit le régime *naturel* des marchés, on ne saurait cependant dénier toute capacité aux agents économiques à entrevoir ce que le réel adviendra. C'est là en effet l'une des vertus de la pseudo-stabilité. Même les événements méta-critiques ne constituent pas en eux-mêmes des horizons de prédictibilité indépassables. La redéfinition des espaces des phases n'implique pas leur dislocation pleine et entière ; elle tolère un substrat résiduel de cohérence, voire des pans locaux de continuité. Les singularités catastrophiques doivent aussi être appréhendées comme des

⁸³⁵ Nous dissocions les systèmes réels des dispositifs expérimentaux, viciés car « sans enjeux » pour les agents, d'un point de vue épistémologique.

⁸³⁶ Orléan [2011] décrit cette hypothèse comme le postulat selon lequel les agents rationnels seraient capable de probabiliser les états du monde futurs.

nœuds de recombinaisons systémiques. Des structures pérennes et des schèmes de variabilité subsistent souvent dans l'*au-delà* de l'imprédictible⁸³⁷.

En somme, comme l'affirme Simiand [1908], le futur n'est pas réductible à une probabilité objectivement calculable⁸³⁸ ; il est avant tout « une affaire de confiance » – d'où le succès des marchés dans leur rôle ayachien de substitut *technique*⁸³⁹ à la probabilisation. La nouvelle *hybris* technique, qui se propose d'appriivoiser le risque émanant de l'incertain par l'échange transactionnel du marché et qui fait fi de la recherche analytique des lois pour lui substituer la mise au jour de régularités statistiques par le traitement calculatoire des grands volumes de données, se présente à nous comme une réponse à l'affirmation d'un *indéterminisme contingent* dont Broglie faisait état au moment où la science physique « moderne⁸⁴⁰ » allait entrer dans l'ère de sa post-modernité computationnelle :

[...] même dans l'hypothèse la plus favorable aux anticipations, celle où demain sortirait d'aujourd'hui par le jeu implacable d'un déterminisme rigoureux, la prévision des faits futurs dans leur innombrable multitude et leur immense complexité dépasserait infiniment tous les efforts dont l'esprit humain est capable et ne serait possible qu'à une intelligence infiniment supérieure à la nôtre⁸⁴¹.

Cette approche permet de tempérer la « pression sociale⁸⁴² » qui s'exerce à l'endroit de la prédiction, tout en satisfaisant les attentes vis-à-vis d'une *scientificité* également requise en ce qui concerne la prise de décision politique. Le *fait du prince*, dans la post-modernité démocratique, se doit d'être factuellement conforté par une transcendance non plus métaphysique, mais bien technique. L'alternative techniciste dont il est question rend également caduc le constat d'Alain⁸⁴³, pour qui « tant que l'on n'a pas bien compris la liaison de toutes choses et l'enchaînement des causes et des effets, on est accablé par l'avenir ». Mais ce mode d'appréhension de l'avenir, qui fait fi de la prédictibilité dans son acception classique, ne doit pas pour autant nous détourner de la recherche du sens. D'une part parce que ce dessein se trouve *in fine* indissociable de la technique dont il conforte le bien-fondé des résultats qu'elle présente ; d'autre part, parce qu'il s'agit de l'une des manifestations de l'invariant *infra-critique* de « cohérence ». Au même titre que la variabilité elle-même, la cohérence – bien qu'elle soit aussi

⁸³⁷ Elles nous font ainsi « entr[er] dans l'avenir à reculons » d'après les mots de Paul Valéry.

⁸³⁸ *Ibid.*, p. 205.

⁸³⁹ Ayache évoquerait plus volontiers un rôle de substitut *technologique*.

⁸⁴⁰ Au sens de Kojève [1932].

⁸⁴¹ Cité par De Broglie [1941].

⁸⁴² Cf. Bouleau [1991], p. 1.

⁸⁴³ Cité par Berger [1958].

soumise à des mutations morphologiques – subsiste en effet par-delà les ruptures catastrophiques. De ce fait, elle constitue un soubassement ontologique solide aux systèmes de la complexité qui nous occupent.

Dans cette perspective, on peut éclairer l'argument d'Alain selon lequel la prospective nous « libère [...] du fatalisme⁸⁴⁴ ». En tant que modalité d'investigation interprétative du futur, la prospective substitue le probable au probabilisable. Foncièrement transdisciplinaire, elle tolère l'hybridation méthodologique ; son champ étant extensible, elle n'est pas contrainte de reléguer le bruit à un artefact extra-théorique non pertinent. Les biais lui importent, les événements rares retrouvent leur place en son sein, les déterminations les plus établies y méritent d'être débattues. Loin de n'être qu'une dialectique strictement littéariste ou méta-conceptuelle, la prospective se soucie des faits tels qu'ils sont autant que tels qu'ils pourraient advenir : elle est une pragmatique philosophique. Elle doit s'affirmer comme la manière de conserver des « territoires mal cartographiés [...] où sont concoctées des représentations jugées économiquement sans valeur⁸⁴⁵ », mais qui peuvent néanmoins s'avérer décisives du simple fait de leur énonciation et de leur mise à disposition collective.

La prospective prolonge en outre l'argument libérateur de l'indéterminisme défendu par Prigogine⁸⁴⁶ :

Mon message aux générations futures voudrait donner des arguments pour lutter contre la résignation et le sentiment d'impuissance. Les sciences récentes de la complexité nient le déterminisme, elles insistent sur la créativité à tous les niveaux de la nature. Le futur n'est pas donné.

Même s'il était en partie donné, nous soutenons que le futur n'est pas *donnable* dans son entièreté. Il recèle une part d'inconnaissable qui le rend perméable à l'analyse et à l'interprétation, il porte en lui une part d'imprédictible qui appelle la prospective.

Les faits critiques constituent des « infractions à [des] attentes collectives » [Mauss, 1934]⁸⁴⁷ de nature à remettre en cause les représentations agentielles au sujet du monde et de ses invariants, comme à propos de leur perception de l'incertain lui-même, ainsi que le souligne fort justement Walter [2013]. Baignant dans cette méta-incertitude, les agents économiques se trouvent amenés à formuler des hypothèses quant à l'avenir de manière non déterministe, à partir de leurs capacités analytiques, de leurs partis-pris théoriques, de leurs expériences historiques, ou encore

⁸⁴⁴ ALAIN, *Éléments de philosophie*, Paris, Gallimard, 1941.

⁸⁴⁵ Citation de Nicolas BOULEAU, « Du pluralisme dans la science », *working paper*, 2008, p. 10.

⁸⁴⁶ Ilya PRIGOGINE (ouvrage collectif), *Lettres aux générations futures*, 1999.

⁸⁴⁷ Cité par Brian [2009], p. 15.

d'hypothèses ou de croyances idiosyncratiques. De ces agrégats naît un ensemble de « capacités génératives » quant à des futurs probables [Felin et Zenger, 2009], envisageables bien que non énumérables *a priori*.

Mais les « conventions interprétatives » qui leur servent de support fluctuent aussi en fonction de l'aléa critique. La crise de la *Nouvelle Économie* survenue au tournant du millénaire illustre bien ce phénomène dual de focalisation autour d'une convention d'interprétation (en l'état de type « fondamentaliste ») puis de déstabilisation de cette dernière, déstabilisation entretenue par la négligence de ses « défaillances » épistémiques [Orléan, 1999]. La méthode de valorisation par extrapolation exponentielle⁸⁴⁸ alors employée a d'avantage traduit une dynamique sociale auto-renforcée qu'un paradigme renouvelé de rationalité. Elle s'est diffusée à la manière des « modèles populaires » décrits par Akerlof et Schiller [2013], à partir d'un faisceau de croyances relatif à la catégorie particulière des entreprises de la nouvelle économie : ainsi, dès 1998 et 1999 avant que la crise ne se déclenche, Copper, Dimitrov et Rau [2001] ont relevé des niveaux de corrélations positifs statistiquement significatifs entre les variations de prix d'action et le simple fait du changement de nom (par adjonction de l'extension « .com ») des entreprises concernées⁸⁴⁹.

Or, si les modèles de la finance sont bien des « modèles-commentaires » qui éclairent le réel sans le définir [Bouleau, 2014], ils n'en sont toutefois pas exclus ou simplement juxtaposés à lui ; la *modélisation modèle* le réel autant qu'elle est influencée par lui en vertu de ses propriétés performatives. L'enjeu, dans le champ des sciences économiques et de ses dérivations, c'est de consentir à ce qu'un agencement théorique précaire puisse produire un corpus de lois statistiquement *acceptables* dans les phases de pseudo-stabilité et que l'effort prospectif et autoréflexif puisse se déployer librement à son voisinage. Pour Thom⁸⁵⁰, seul un déterminisme avéré pouvait garantir une transcendance *naturelle* proprement démocratique, c'est-à-dire susceptible d'éviter la rétention du pouvoir politique par des « experts », autrement seuls maîtres en situation d'incertitude. La voie épistémologique médiane pour laquelle nous plaidons nous paraît de nature à permettre d'outrepasser cet écueil, afin d'accepter la complexité du monde *telle qu'elle est*.

⁸⁴⁸ Pour valoriser certaines entreprises du numérique ne disposant pas d'actifs tangibles, ne générant que peu ou pas de résultat comptable, les marchés ont élaboré des métriques *ad hoc* extrapolant sans base de calibration des grandeurs quantifiables certes accessibles mais peu fiables – considérées isolément – comme le nombre de visiteurs d'un site ou d'utilisateurs d'un service.

⁸⁴⁹ Il ne s'agit en outre pas d'un fait isolé puisque l'histoire économique récente atteste de biais de représentation similaires autour de la technologie de *blockchain* [Jain et Jain, 2019].

⁸⁵⁰ Dans [Pomian, 1990].

CONCLUSION

Comme le souligne Lyotard [1979] dans *La condition postmoderne*, depuis la révolution industrielle la réputation historique du capitalisme financier a opéré selon les modalités d'une dialectique articulant « richesse » et « technique⁸⁵¹ ». De cette dernière émane une chrématistique particulière qui repose sur une notion de valeur avant tout établie à partir du critère *d'efficacité*. Dans le cadre de l'économie industrielle, on peut comprendre cette condition comme un lien de dépendance en vertu duquel le capital est nécessaire au développement ainsi qu'à l'emploi des moyens techniques et humains de production, moyens à leur tour générateurs de biens nouveaux, pour leur part vecteurs d'investissement et supports de richesse.

À la faveur de l'accroissement des capacités de calcul, de l'accélération continue de la circulation de l'information réticulaire, de l'expansion des possibilités technologiques de son stockage et du développement des méthodes de traitement non supervisé de ses structures et de ses relations⁸⁵², la *praxis* financière n'a, en apparence, cessé de converger vers les canons techniques⁸⁵³ de son asymptote néo-classique, dans un grand mouvement dual d'autonomisation et d'étherification que nous avons qualifié de *Seconde Grande Transformation*. Et si la discipline financière s'est depuis longtemps résolue à ne pouvoir jamais « vaincre les forces obscures du temps et percer le mystère qui entoure le futur⁸⁵⁴ », elle caresse toujours le dessein de substituer à une prédictibilité théorique – dont l'impossibilité constitue un résultat ancien et fondateur – une manipulabilité technique rendue atteignable par l'opération « d'anhistoricisation active » que permet la mise en marché des biens et services des écosphères. En organisant l'échangeabilité inter-temporelle du risque, et en garantissant la fongibilité⁸⁵⁵ des actifs entre eux, la finance propose ainsi une alternative opératoire à la démarche anthropologique fondamentale de *recherche du sens* dans l'appréhension de l'avenir.

Or, nous l'avons vu, aussi raffinée puisse-t-elle être, l'asocialité sophistiquée des marchés organisés bute nécessairement sur les contours de la sphère du social qui la supporte tout en constituant l'environnement immédiat. Les crises peuvent témoigner de ces frictions, comme elles

⁸⁵¹ Selon Lyotard, il n'y a « pas de technique sans richesse, mais [aussi] pas de richesse sans technique ».

⁸⁵² Au travers des méthodes d'apprentissage profond par exemple.

⁸⁵³ Nous avons par ailleurs montré que l'institutionnalité des marchés témoigne d'une convergence historique peu ou prou similaire, dont la « souveraineté actionnariale » constitue l'une des manifestations les plus tangibles.

⁸⁵⁴ John Maynard KEYNES, *Théorie générale de l'emploi, de l'intérêt et de la monnaie*, 1936, Paris, Petite Bibliothèque Payot, n° 139, 1971, p. 167.

⁸⁵⁵ Que celle-ci soit théorique (p. ex. équivalence des modèles de valorisation des options de change et d'actions), opératoire (p. ex. standardisation-commoditisation des actifs cotés sur une même bourse), ou synthétique (risque complexe décomposé en éléments simples permettant la répliation). On désigne usuellement par « commoditisation » ou « banalisation » le processus par lequel un bien présentant initialement une valeur liée à sa rareté ou de nombreuses spécificités le rendant faiblement répliable, voire singulier, devient standard.

manifestent avec fracas la résurgence de la micro-criticité instable de l'architectonique des systèmes financiers. Sous la surface éthérifiée des *aires transactionnelles* bouillonne une événementialité certes chaotique mais fondamentalement contenue et orientée par son environnement, c'est-à-dire une événementialité que nous avons qualifiée de « canalisée » où tout ce que la modélisation prévoit ne saurait se produire, mais aussi où bien plus que ce que toute modélisation prévoira se produira vraisemblablement. Cette événementialité ne relève pas d'une factualité froide et univoque ; foncièrement anthropologique et en prise au social, elle requiert en permanence – autant qu'elle met en jeu – un faisceau dense et complexe d'interprétations portant sur le *sens* des choses.

Au moment où nous achevons la rédaction de ce propos conclusif à notre travail de thèse survenait sur les marchés américains un épisode critique illustrant très précisément certains des arguments les plus centraux que nous défendons. Nous nous proposons d'en relater les faits saillants⁸⁵⁶, convaincus que, loin d'être un épiphénomène, il s'agit très probablement d'une bifurcation historique majeure conforme aux configurations que nous avons jusque-là essentiellement traitées selon une approche théorique et conceptuelle.

La plate-forme communautaire de conversation et de partage d'actualités *Reddit*, fondée en 2005, héberge des forums de discussions ouverts ayant trait à des thématiques variées. Ces espaces⁸⁵⁷ virtuels peuvent être librement créés et animés par les utilisateurs du site. Depuis 2012, de nombreux investisseurs⁸⁵⁸ particuliers amateurs échangent sur l'un de ces forums particulièrement actifs nommé « *WallStreetBets* » (WSB). Ils y partagent notamment des conseils d'investissements ou de prises de position spéculatives. En janvier 2021, une opération destinée à provoquer une liquidation forcée des positions courtes⁸⁵⁹ (*short squeeze*) prises ou annoncées par des fonds de gestion alternative (*Hedge Funds*) est proposée, organisée puis coordonnée au sein du forum. La stratégie des fonds visés reposait essentiellement sur l'analyse de l'évolution de l'activité de la société GameStop spécialisée dans la commercialisation de matériel électronique et de jeux vidéo. Cette dernière, fortement affectée par l'effet conjugué de la dématérialisation des supports physiques et de la fermeture contrainte de ses points de vente, a connu une baisse continue de son cours d'action de l'ordre de 90 %⁸⁶⁰ entre l'été 2016 et l'été 2020. Suite à la publication de résultats financiers décevants au dernier trimestre 2020, de nombreux fonds ont anticipé l'effondrement de l'entreprise et pris des positions courtes⁸⁶¹ à son

⁸⁵⁶ La présentation et l'analyse que nous ferons de la situation passeront volontairement sous silence certains aspects techniques ou psychologiques périphériques afin de mieux rendre compte des éléments saillants que nous jugeons *a contrario* nécessaires de préciser.

⁸⁵⁷ Ces espaces sont appelés *subreddit* ou « sous-Reddit ».

⁸⁵⁸ Le nombre des participants à ce sous-reddit est considérable puisque plus d'un million d'abonnés étaient recensés avant l'épisode dit « GameStop » dont nous nous faisons l'écho. Ce nombre a depuis été multiplié par plus de huit.

⁸⁵⁹ Nous expliquons ci-après ce dont il s'agit.

⁸⁶⁰ Excédant en 2016 la valeur de 30 dollars par action, atteignant un plancher de 3,3 dollars en août 2019.

⁸⁶¹ Par convention, une position résultant de la vente d'un actif est qualifiée de « courte », alors qu'une position liée à l'achat d'un actif est dite « longue ». La première tire bénéfice d'une baisse du marché, la seconde de sa hausse.

encontre par le biais d'opérations de « ventes à découvert⁸⁶² ». L'asymétrie fondamentale des marchés, selon laquelle la perte d'une position à l'achat ne peut excéder le montant de l'actif acquis⁸⁶³ alors que celle d'une position à la vente est théoriquement infinie, peut induire chez les détenteurs de telles positions la nécessité de déboucler leurs investissements de manière anticipée afin d'éviter la banqueroute⁸⁶⁴ dès lors que la hausse de l'actif support de l'investissement atteint un niveau trop important. Pour ce faire, les vendeurs à découvert sont contraints de racheter l'actif concerné au prix du marché, contribuant *ipso facto* à un déséquilibre plus important encore entre l'offre et la demande (dans le sens d'un excès de demande), et concourant de ce fait à alimenter le mouvement de hausse. Il s'agit là de l'illustration patente d'un phénomène de *procyclicité technique du risque*⁸⁶⁵ où les modes de fonctionnement endogènes aux marchés ont des répercussions *mécaniques* sur leur propre évolution. Cette procyclicité est en outre alimentée par une re-corrélation notable des choix des agents économiques partageant des configurations d'investissements initiales proches, contraints par les mêmes *contentions* environnementales.

En *déséquilibrant* temporairement et à dessein le marché de l'action GameStop par l'engagement simultané d'un nombre très important d'ordres d'achats, les investisseurs WSB sont parvenus à entraîner une hausse conséquente de son cours, et par conséquent à enclencher le phénomène susdit de liquidation forcée des positions courtes détenues par les fonds de gestion alternative par le seul effet du mécanisme que nous avons détaillé. En moins d'une semaine, entre le 21 janvier et le 27 janvier, l'action de l'entreprise en difficulté GameStop a ainsi progressé de près de 900 % atteignant son plus haut niveau historique sans que rien de relatif à ce que la théorie pourrait affecter à sa valeur économique fondamentale n'ait pourtant positivement évolué⁸⁶⁶. Afin de saisir les enjeux précis de cette crise singulière, il faut en premier lieu comprendre la manière dont la focalisation sur l'action GameStop a opéré. Cette dernière résulte d'un phénomène d'anti-réalisation où une déclaration d'expert⁸⁶⁷ – en l'occurrence celle de l'un des dirigeants d'une lettre d'information financière spécialisée dans les recommandations de ventes à découvert de titres d'entreprises suspectées de fraude ou en détresse financière – a constitué le point d'ancrage autant que le pivot de coordination d'une communauté d'agents. On peut évoquer ici l'effet d'une « saillance » à l'œuvre, dans la mesure où la fixation s'est établie à partir d'une conjonction favorable de conventions implicites, d'incitations volontaires et de représentations collectives

⁸⁶² La vente à découvert ou *short selling* consiste à emprunter un actif que l'on ne détient pas afin de pouvoir le vendre puis le racheter ultérieurement en espérant une baisse de son prix.

⁸⁶³ Il n'est bien évidemment ici question que de positions sans effet de levier.

⁸⁶⁴ Dans les faits, les montants d'appels de marge exigés créent des tensions de liquidité contraignant les agents à se défaire de leurs expositions de manière anticipée.

⁸⁶⁵ Voir Partie 8.2.3. – « Aux frontières de l'objectivation et de l'objectivité : procyclicité technique du risque et aléa moral mathématisé ».

⁸⁶⁶ Cette stratégie dirigée a depuis été aussi déployée sur d'autres actifs comme les actions AMC, BlackBerry ou sur un métal précieux coté (l'argent en l'espèce).

⁸⁶⁷ Il s'agit d'Andrew Left, fondateur de *Citron Research*.

partagées. En l'état, la déclaration d'Andrew Left visant GameStop a été négativement perçue par la communauté WSB sur la base de motifs essentiellement symboliques dont la cristallisation n'aurait probablement pas opéré si elle n'avait pu prendre appui sur une configuration historique favorable. La symbolique à l'œuvre est double : elle relève d'une part de l'opposition manichéenne du *peuple* (les membres du forum, dont de nombreux étudiants, des employés précarisés par la crise sanitaire) et des *élites* (les fonds d'investissements spéculatifs accusés de « profiter » indûment des marchés⁸⁶⁸) ; elle a trait, d'autre part, à la nature même de la cible désignée par Left, à savoir l'entreprise GameStop spécialiste de l'univers vidéoludique, univers dont de nombreux membres de WSB se réclament du point de vue de leur appartenance culturelle⁸⁶⁹. Cet ancrage symbolique n'aurait probablement pas suffi à déclencher le phénomène critique dont nous rendons compte, sans que ne se fussent produits les événements de l'histoire politique américaine récente, à savoir : la politique nationale-protectionniste du président Trump, l'environnement pré-insurrectionnel lié aux manifestations raciales ainsi qu'à l'épisode de la « prise du Capitole⁸⁷⁰ », et à la paupérisation d'une partie de la population en raison de la situation sanitaire mondiale. Ces moments singuliers de l'histoire contemporaine outre-Atlantique ont concouru ensemble à l'émergence d'une forme de conscience partagée de la nécessité d'agir de manière cordonnée face à l'adversité.

La perception *naturelle* du risque par les membres du sous-Reddit WSB a par ailleurs été fortement infléchie, voire altérée par le contexte financier de liquidités abondantes lié aux politiques monétaires non conventionnelles déployées par les principales Banques Centrales mondiales. L'analyse des conversations publiques du forum témoigne par ailleurs du fait que beaucoup de ses membres ont reçu des aides financières de l'administration américaine et que ces mêmes personnes se sont retrouvées sans emploi, dans une situation inédite d'inactivité propice à la recherche de nouvelles opportunités non salariées de profit. Les appels publics répétés à une forme de « patriotisme financier » de la part des autorités en place leur ont de surcroît fourni une incitation « institutionnelle » de nature morale à envisager le recours aux marchés pour soutenir l'économie américaine.

En outre, il convient d'observer que le cas « GameStop » illustre notre argument selon lequel les mécanismes *techniques* sous-tendant la Seconde Grande Transformation de l'économie

⁸⁶⁸ Une part de ces représentations est de l'ordre de l'irrationnel, comme l'illustre la déclaration récente d'Andrew Left : « Quand nous avons créé Citron, nous voulions nous élever contre l'*establishment*, mais désormais nous sommes en quelque sorte devenus l'*establishment* », cité par Anirban SEN, Niket NISHANT, Svea HERBST-BAYLISS, « Short-seller Citron changes course, adjusts to new reality » [en ligne], *Reuters.com*, 29 janvier 2021.

⁸⁶⁹ Il s'agit ici de ce que l'on nomme usuellement la *pop culture*. En 2016, *Citron Research* a ciblé l'entreprise Tesla, jugée surcotée, dont le fondateur Elon Musk est aujourd'hui considéré comme un modèle par une large majorité des membres du sous-Reddit WSB. Le 26 janvier 2021, alors que le prix de l'action GameStop avait presque doublé, une mention du forum WSB sur twitter par Elon Musk a renforcé l'attrait du grand public pour cette communauté, contribuant *de facto* à un renforcement de son influence sur le marché.

⁸⁷⁰ Nous faisons ici référence à l'intrusion de centaines de manifestants au cœur du Capitole survenue le 06 janvier 2021.

financiarisée ont paradoxalement participé à une forme de retour de l'asocial sur le social. En effet, en se standardisant et en se démocratisant, les marchés sont devenus accessibles à des investisseurs particuliers, parfois même particulièrement néophytes, séduits par les perspectives de gains potentiels aisés à réaliser, selon des modalités opératoires accessibles et dans un environnement de coûts faibles⁸⁷¹, abolissant d'éventuelles barrières psychologiques.

Alors que la situation de GameStop commençait à se répéter, la communauté WSB prenant notamment pour *cible* d'autres entreprises cotées du secteur des technologies et du divertissement comme AMC Cinema (industrie cinématographique), Blackberry ou Nokia, plusieurs mécanismes de *protection* du système financier se sont activés. Outre les mécanismes automatiques de suspension temporaire des cotations lors de périodes très volatiles, on a pu observer les réactions défensives institutionnelles des bourses elles-mêmes ainsi que de leurs autorités de régulation, déterminées à ne pas laisser le marché à sa libre évolution⁸⁷². Finalement, on assiste à l'initiation d'un phénomène *d'écrasement de l'asocial sur le social*, depuis une opposition constituée autour de la valeur à une *lutte* autour des conséquences de cette opposition par le truchement du prix.

En plus de remettre en cause, une fois encore, la représentation brownienne de l'incertain en finance, cet épisode pourrait constituer une bascule décisive dans l'appréhension du risque par les praticiens, contraignant peut-être à l'avenir les dispositifs d'encadrement des activités financières à ne plus envisager principalement le risque en excès ou en déficit par rapport au marché selon des régimes de corrélations monotones et pseudo-stables, mais en reconnaissant l'importance de l'idiosyncrasie en son sein et donc *in fine* en consacrant la nécessité fondamentale d'une réintégration du sens⁸⁷³.

⁸⁷¹ Il n'est en effet pas anodin que de nombreux investisseurs du sous-Reddit WSB se soient engagés sur les marchés par l'intermédiaire de la plate-forme Robinhood, qui se targue de pouvoir offrir des frais de courtage gratuits et une prise en main optimisée. Cette même plate-forme est aujourd'hui accusée d'avoir compensé la gratuité du service par l'exploitation induite des ordres de ses membres, qui auraient été revendus à des investisseurs professionnels spécialistes du *trading* algorithmique haute fréquence.

⁸⁷² « Nous sommes au fait de la volatilité des marchés d'options et d'actions que nous surveillons activement. En cohérence avec notre mission de protection des investisseurs et de garantie de marchés justes, efficaces et bien ordonnés, nous collaborons avec nos régulateurs pour évaluer la situation et analyser les activités des entités régulées, des intermédiaires financiers, et des autres acteurs du marché. » (déclaration officielle de la *Securities and Exchange Commission* [SEC] du 27 janvier 2021).

⁸⁷³ Sans préjuger de ce que l'épisode GameStop induira, on peut raisonnablement y voir une destruction – *a minima* partielle – de « conventions » consécutives au fait que « les anticipations [ont été] soumises à une discontinuité radicale » [Orléan, 1999] (p. 185).

BIBLIOGRAPHIE

- [Acharya et Pedersen, 2005] ACHARYA V. et PEDERSEN L., « Asset pricing with liquidity risk », *Journal of Financial Economics*, vol. 77, 2005, p. 375-410.
- [Agazzi, 1988] AGAZZI Evandro (éd.), *L'objectivité dans les différentes sciences*, Fribourg, Éditions Universitaires Fribourg, 1988.
- [Agazzi et Darvas, 1997] AGAZZI Evandro et DARVAS György (éds), *Philosophy of Mathematics Today (Episteme)*, vol. 22, Dordrecht, Springer, 1997.
- [Aglietta, 1976] AGLIETTA Michel, *Régulation et crises du capitalisme*, 1976
- [Aglietta et Orléan, 1982] AGLIETTA Michel et ORLEAN André, *La violence de la monnaie*, Presses universitaires de France, 1982.
- [Aglietta et Réberieux, 2004] AGLIETTA Michel et REBERIOUX Antoine, *Dérives du capitalisme financier*, Albin Michel, Paris, 2004.
- [Akerlof, 1970] AKERLOF George A., « The Market for “Lemons”: Quality Uncertainty and the Market Mechanism », *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 84, n° 3, 1970, p. 488-500.
- [Akerlof et Shiller, 2013] AKERLOF George et SHILLER Robert, *Les Esprits animaux. Comment les forces psychologiques mènent la finance et l'économie*, Paris, Flammarion, 2013.
- [Alain, 1986] Alain, *Spinoza : Suivi de Souvenirs concernant Jules Lagneau*, 1986, éd. revue et augmentée, Paris, Gallimard, coll. « TEL », 1996.
- [Alexander, 1964] Alexander S., « Price Movements in Speculative markets: Trends or Random Walks », *Industrial Management Review*, vol. 2, n° 2, 1964, p. 7-26.
- [Allais, 1947] ALLAIS Maurice, *Économie et intérêt*, Paris, Imprimerie Nationale, 1947.
- [Allen et Gale, 2001] ALLEN Franklin et GALE Douglas, « Bubbles and Crisis », *The Economic Journal*, vol. 110, janvier, 2001, p. 236-255.
- [Andler et al., 2002] ANDLER *et al.*, *Philosophie des sciences*, Paris, Gallimard, vol. II, 2002.
- [Andreau, 1999] ANDREAU Jean, *Banque et affaires dans le monde romain*, Cambridge, Cambridge University Press, 1999.
- [Aoki et Yoshikawa, 2007] AOKI Masanao et YOSHIKAWA Hiroshi, *Reconstructing Macroeconomics: A Perspective from Statistical Physics and Combinatorial Stochastic Processes*, Cambridge, Cambridge University Press, 2007.

[Apolinario et al., 2006] APOLINARIO Rosa M., SANTANA Octavio M., SALES Lourdes J., CARO Alejandro R., « Day of the week effect on European stock markets », *International Research Journal of Finance and Economics*, vol. 2, 2006, p. 53-70.

[Arendt, 1958] ARENDT Hannah, *Condition de l'homme moderne* (1958), trad. G. Fradier, Paris, Calmann-Lévy, coll. « Agora – Pocket », 2005.

[Arendt, 1963] ARENDT Hannah, *Eichmann à Jerusalem. Rapport sur la banalité du mal*, 1963, trad. A. Guérin, Paris, Gallimard, 1966.

[Ariely, 2011] Ariely Dan, « The Upside of Irrationality: The Unexpected Benefits of Defying Logic », New York, Harper Perennial, 2011.

[Aristote, 1960] ARISTOTE, *Rhétorique*, tome premier, Livre II, texte établi et traduit par Médéric Dufour, Paris, *Les Belles Lettres*, 1960.

[Aristote, 1966] ARISTOTE, *Physique*, trad. H. Carteron, Paris, Les Belles lettres, 1966.

[Aristote, 1968] ARISTOTE, *La Politique*, Livre I, trad. Jean Aubonnet, Paris, Collection des universités de France, 1968.

[Aristote, 1970] ARISTOTE, *Seconds Analytiques*, éd. traduite et établie par J. Tricot, Paris, Vrin, 1970.

[Aristote, 1990] ARISTOTE, *Éthique à Nicomaque*, Paris, Vrin, coll. « Bibliothèque des textes philosophiques », 1990 (1^{re} éd. 1959).

[Armatte, 2010] ARMATTE Michel, *La science économique comme ingénierie. Quantification et modélisation*, Paris, Presses des Mines, 2010.

[Aron et Dandieu, 1933] ARON Robert et DANDIEU Arnaud, *La Révolution nécessaire*, 1933, Paris, Jean-Michel Place, 1993.

[Arouri et al., 2013] AROURI Mohamed El Hedi, BELLANDO Raphaëlle, RINGUEDÉ Sébastien, VAUBOURG Anne-Gaël, « Herding in French stock markets: Empirical evidence from equity mutual funds », *Bankers Markets Investors: an academic professional review*, Groupe Banque, 2013, p. 42-58.

[Arrow, 1951] ARROW Kenneth, « Notes on the Theory of Social Choice », dans *Social Choice and Individual Values* (ré-édition), New Haven, Yale University Press, 1951.

[Arrow, Debreu, 1954] ARROW Kenneth J. et DEBREU Gerard, « Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy », *Econometrica*, 1954.

[Arthur et al., 87] ARTHUR Brian W., ERMOLIEV Yu M., et KANIOVSKII Yuri, « Path dependent processes and the emergence of macro-structure », *European Journal of Operational Research*, n° 30, 1987, p. 294-303.

[Atlan, 1979] ATLAN Henri, *Entre le cristal et la fumée*, Paris, Seuil, 1979.

- [Aubin et Dahan, 2002] AUBIN David et DAHAN DALMEDICO Amy, « Writing the History of Dynamical Systems and Chaos: Longue Durée and Revolution, Disciplines and Cultures », *Historia Mathematica*, vol. 29, 2002, p. 273-339.
- [Austin, 1950] AUSTIN John Langshaw, *How to do things with Words*, 1950, Oxford, Oxford University Press, 1970.
- [Austin, 1962] AUSTIN John Langshaw, *How to Do Things with Word*, Oxford, Oxford University Press, 1962.
- [Auyang, 1998] AUYANG Sunny, *Foundations of Complex-system Theories*, 1998.
- [Ayache, 2004] AYACHE Elie, « The Back of Beyond », *Wilmott Magazine*, 2004.
- [Ayache, 2004a] AYACHE Élie, « A New Philosophy for a New Science », *Wilmott*, 2004.
- [Ayache, 2005] AYACHE Élie, « What is implied by Implied Volatility », *Wilmott magazine*, 2005.
- [Ayache, 2005] AYACHE Élie, « Probability as the Other Face of Knowledge », *Wilmott magazine*, 2005.
- [Ayache, 2010] AYACHE Élie, *The Blank Swan: The End of Probability*, New York, John Wiley & Sons, 2010.
- [Azariadis, 1981] AZARIADIS Costas, « Self-fulfilling Prophecies », *Journal of Economic Theory*, vol. 25, n° 3, 1981, p. 380-396.
- [Azariadis et Guesnerie, 1982] AZIARIADIS Costas et GUESNERIE Roger, « Prophéties créatrices et persistance des théories », *Revue économique*, vol. 33, n° 5, 1982. P. 787-806.
- [Bachelard, 1938] BACHELARD Gaston, *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin, 1938.
- [Bachelier, 1900] BACHELIER Louis, *Théorie de la spéculation*, Annales scientifiques de l'E.N.S., Paris, Gauthier-Villars, 1900, 3^e série, t. 17, 1900, p. 21-86.
- [Bachelier, 1912] BACHELIER Louis, *Calcul des probabilités*, Paris, 1912.
- [Bailey et al., 2014] BAILEY David H. et al., « Pseudo-mathematics and Financial charlatanism: the effects of backtest overfitting on out-of-sample performance », *Notices of the AMS*, vol. 61 n° 5, 2014, p. 458-471.
- [Bailey et al., 2015] BAILEY David H. et al., « The probability of backtest overfitting », *Journal of Computational Finance*, vol. 20, n° 4, 2016, p. 39-69.
- [Bailly et al., 1993] BAILLY Francis, GAILL Françoise et MOSSERI Rémy, « Orgons and Biolons », *Theoretical Biology: phenomenological analysis and quantum analogies*, Acta Biotheor., vol. 41, 1993.
- [Bailly et Longo, 2008] BAILLY Francis et LONGO Giuseppe, « Extended critical situations: the physical singularity of life phenomena », *Journal of Biological Systems*, vol. 16, n° 2, 2008.

- [Baker et Yor, 2009] BAKER David et YOR Marc, « A Brownian sheet martingale with the same marginals as the arithmetic average of geometric Brownian motion », *Electronic Journal of Probability*, vol. 14, n° 52, 2009, p. 1532-1540.
- [Balian et Bonnet, 2009] BALIAN Roger et BONNET Gabrielle, « L'élaboration du concept d'énergie », *Les multiples visages de l'énergie (dossier)*, Académie des Sciences – Service de Physique Théorique, CEA de Saclay, Janvier 2009.
- [Balley, 1987] BALLEY Pierre, *LaBourse : mythes et réalités*, Paris, Presses Universitaires de France, 1987.
- [Barberis *et al.*, 1998] BARBERIS Nicholas, SHLEIFER Andrei et VISHNY Robert, « A model of investor sentiment », *Journal of Financial Economics*, n° 49, 1998, p. 1-53.
- [Baudrillard, 1968] BAUDRILLARD Jean, *Le système des objets*, Paris, Gallimard, 1968.
- [Beckerman, 1992] BECKERMAN Ansgar (éd.), *Emergence or Reduction? Essays on the Prospects of Nonreductive Physicalism*, Berlin, De Gruyter, 1992.
- [Bentham, 1789] BENTHAM Jeremy, *An introduction to the Principles of Morals and Legislation*, Londres, Payne, 1789.
- [Benzoni *et al.*, 2001] BENZONI Luca *et al.*, « Explaining asset pricing puzzles associated with the 1987 market crash », *Journal of Financial Economics*, vol. 101, n° 3, Septembre 2011, p. 552-573.
- [Berger, 1958] BERGER Gaston, « L'attitude prospective », *Prospective*, n° 1, 1958.
- [Bergson, 1907] BERGSON Henri, *L'évolution créatrice*, Paris, éd. Félix Alcan, 1907.
- [Bernard, 1865] BERNARD Claude, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, Paris, J.-B. Baillière et Fils, 1865.
- [Bernoulli, 1738] BERNOULLI Daniel, « Exposé d'une théorie nouvelle sur l'évaluation du risque », 1738, traduit de l'anglais dans *Revue de statistique appliquée*, vol. 19, n°3, 1971, p. 5-18.
- [Bernstein, 1992] BERNSTEIN Peter L., *Des idées capitales : les origines improbables du Wall Street moderne*, PUF, 1992.
- [Berument et Kiyamaz, 2001] BERUMENT Hakan et KIYMAZ Halil, « The day of the week effect on stock market volatility », *Journal of Economics and Finance*, vol. 25, 2001, p. 181-193.
- [Bhide, 1993] BHIDE Amar V., « The Hidden Cost of Stock Market Liquidity », *Journal of Financial Economic*, vol. 34, 1993, p. 31-51.
- [Bigiotti et Navarra, 2018] BIGIOTTI Alessandro, NAVARRA Alfredo, « Optimizing Automated Trading Systems », *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Springer International Publishing, 2018, p. 254-261.
- [Black, 1985] BLACK Fischer, « Noise », *Journal of Finance*, vol. 41, n° 3, 1985, p. 529-543.

[Black et Scholes, 1973] BLACK Fischer et SCHOLES Myron, « The pricing of options and corporate liabilities », *Journal of Political Economy*, vol. 81, n° 3, 1973, p. 637-654.

[Blanchard et Watson, 1984] BLANCHARD Olivier J. et WATSON Mark W., « Bulles, anticipations rationnelles et marchés financiers », *Annales de l'INSEE*, n° 54, avril-juin 1984, p. 79-99.

[Blume et Friend, 1973] BLUME Marshall E. et FRIEND Irwin, « A New Look at the Capital Asset Pricing Model », *Journal of Finance*, vol. 28, n° 1, 1973, p. 18-33.

[Bollerslev, 1986] BOLLERSLEV Tim, « Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity », *Journal of Econometrics*, vol. 31, 1986, p. 307-327.

[Boltzmann, 1905] BOLTZMANN Ludwig, « Sur la mécanique statistique (Über statistische Mechanik) », *Populäre Schriften*, 1905, p. 345-363.

[Borio *et al.*, 2012] BORIO *et al.*, « Procyclicality of the Financial System and Financial Stability: Issues and Policy Options », dans *Marryin the Macro and Micro-Prudential Dimensions of Financial Stability*, *BIS Papers*, n° 1, 2012, p. 1-57.

[Bossuet, 1681] BOSSUET Jacques-Bénigne, *Discours sur l'histoire universelle*, Mabre-Cramoisy, 1681.

[Bouchaud, 2010] BOUCHAUD Jean-Philippe, *ParisTech Review*, 2010.

[Bouleau, 1991] BOULEAU Nicolas, « Splendeurs et misères des lois de valeurs extrêmes », *Revue Risques – Les cahiers de l'assurance*, FFSA – Fédération française des sociétés d'assurances, vol. 4, 1991, p. 85-92.

[Bouleau, 2000] BOULEAU Nicolas, *Martingales et marchés financiers*, Paris, Éditions Odile Jacob, 2000.

[Bouleau, 2009] BOULEAU Nicolas, *Malaise dans la finance, malaise dans la mathématisation*, Paris, Éditions Esprit, 2009, p. 37-50.

[Bouleau, 2009a] BOULEAU Nicolas, *Mathématiques et risques financiers*, Paris, Éditions Odile Jacob, 2009.

[Bouleau, 2011] BOULEAU Nicolas, « Can there be Excessive Mathematization of the World? », *Seminar on Stochastic Analysis, Random Fields and Applications: VII*, Centro Stefano Franscini, 2011.

[Bouleau, 2013] BOULEAU Nicolas, « Dommages et intérêt de la spéculation », *Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement*, 2013.

[Bouleau, 2014] BOULEAU Nicolas, *La modélisation critique*, Paris, Quæ, 2014.

[Bouleau, 2015] BOULEAU Nicolas, *Penser l'éventuel*, Paris, Quæ, 2015.

[Bouleau, 2016] BOULEAU Nicolas, « Le contexte, toujours largement inconnu, réclame une science pluraliste », *Revue de métaphysique et de morale*, vol. 89, n° 1, 2016, p. 71-86.

[Bouleau, 2018] BOULEAU Nicolas, « Les marchés fumigènes » [en ligne], *nicolasbouleau.eu*, consulté le 22 juin 2018.

[Boumans et Morgan, 2001] BOUMANS Marcel et MORGAN Mary S., « Ceteris paribus conditions: materiality and the application of economic theories », *Journal of Economic Methodology*, vol. 8, n° 1, 2001, p. 11-26.

[Bourdieu, 1991] BOURDIEU Pierre, *Langage et pouvoir symbolique*, 1991, Paris, Seuil, coll. « Points essais », n° 431, 2001.

[Boussinesq, 1922] BOUSSINESQ Joseph, *Cours de physique mathématique de la Faculté des sciences. Complément au tome III : Conciliation du véritable déterminisme mécanique avec l'existence de la vie et de la liberté morale (deuxième rédaction)*, Gauthier-Villars, 1922.

[Bouveresse, 2001] BOUVERESSE Jacques, « Déterminisme et causalité », *Les Études philosophiques*, vol. 3, n° 58, 2001.

[Bouveresse, 2013] BOUVERESSE Jacques, *Dans le labyrinthe : nécessité, contingence et liberté chez Leibniz : Cours 2009 et 2010*, Paris, Collège de France, 2013.

[Boya, 2012] BOYA Christophe, « Information et efficacité : 40 ans de recherche », *Innovations*, vol. 3, n° 39, 2012.

[Boyer, 2007] BOYER Robert, « Peut-on mettre en évidence des lois en économie ? Un éclairage régulationniste », *Working Papers*, HAL, 2007.

[Braudel, 1967] BRAUDEL Fernand, *Civilisation matérielle, économie et capitalisme, XV^e-XVIII^e siècle*, 1967, Paris, Armand Colin, 1979.

[Bravi et Longo, 2015] BRAVI Barbara et LONGO Giuseppe, « The Unconventionality of Nature : Biology, from Noise to Functional Randomness », dans C. S. Calude et M. J. Dinneen (éds), *Unconventional Computation and Natural Computation Conference* (actes), Auckland, 2015, p. 3-34.

[Brennan, 1958] BRENNAN Michael J., « The Supply of Storage », *American Economic Review*, n° 47 (Mars), 1958, p. 50-72.

[Brian, 2009] BRIAN Éric, *Comment tremble la main invisible. Incertitude et marchés*, Paris, Springer, 2009.

[Brian et Walter, 2008] BRIAN Éric et WALTER Christian, *Critique de la valeur fondamentale*, Paris, Springer, 2008.

[Broadie et al., 2007] BROADIE Mark, CHERNOV Mikhail et JOHANNES Michael S., « Model Specification and Risk Premia: Evidence from Futures Options », *Journal of Finance*, n° 62, 2007, p. 1453-1490.

[Brogie (De), 1941] BROGLIE (DE) Louis, *L'avenir de la physique dans l'avenir de la science*, Paris, Plon, coll. « Présences », 1941.

[Burns et Mitchell, 1946] BURNS Arthur F. et MITCHELL Wesley C., *Measuring Business Cycles*, New York, Columbia University Press, 1946.

[Callon, 1998] CALLON Michel, *The Laws of the Markets*, Oxford, Blackwell, 1998.

[Callon, 2006] CALLON Michel, « Elaborating the notion of performativity », *AEGIS*, vol. 5, n° 1, p. 18-28.

[Callon, 2007] CALLON Michel, « What does it mean to say that economics is performative? », dans D. MacKenzie, F. Muniesa et L. Siu (éds.), *Do Economists Make Markets? On the Performativity of Economics*, Princeton, Princeton University Press, 2007, p. 311-356.

[Calovi *et al.*, 2015] CALOVI Daniel S. *et al.*, « Collective response to perturbations in a data-driven fish school model », *Journal of the Royal Society Interface*, vol. 12, n° 104, 2015.

[Calude et Longo, 2016] CALUDE Cristian S. et LONGO Giuseppe, « The deluge of spurious correlations in Big Data », *Foundations of Science*, vol. 22, 2016, p. 595-612.

[Campbell et Shiller, 1988] CAMPBELL John Y. et SHILLER Robert J., « Stock prices, earnings, and expected dividends », *Journal of Finance*, vol. 43, n° 3, 1988, p. 661-676.

[Canguilhem, 1952] CANGUILHEM Georges, « La Connaissance de la vie », 1952, Paris, Vrin, coll. « Bibliothèque des textes philosophiques », 2009.

[Canguilhem, 1966] CANGUILHEM Georges, *Le normal et le pathologique*, 1966, Paris, Presses Universitaires de France, coll. « Quadrige », 2015.

[Caporale *et al.*, 2019] CAPORALE Guglielmo Maria, GIL-ALANA Luis et PLASTUN Alex, « Long memory and data frequency in financial markets », *Journal of Statistical Computation and Simulation*, vol. 89, n° 10, 2019, p. 1763-1779.

[Cardan, 1564] CARDAN Jérôme, *Liber de ludo aleae, ca 1564*, texte établi et traduit par Ore Øystein, *Cardano, the gambling scholar*, Princeton, s.n., 1953.

[Cass et Shell, 1983] CASS David et SHELL Karl, « Do Sunspots Matter? », *Journal of Political Economy*, vol. 91, n° 21, 1983, p. 193-228.

[Cassirer, 1923] CASSIRER Ernst, *La philosophie des formes symboliques*, Paris, Éditions de Minuit, 1923.

[Cassirer, 1930] CASSIRER Ernst, « Forme et technique », dans *Écrits sur l'art*, Paris, Éditions du Cerf, 1930.

[Castoriadis, 1978] CASTORIADIS Cornélius, *Les Carrefours du labyrinthe*, Paris, Seuil, 1978.

[Castoriadis, 1984] CASTORIADIS Cornélius, *Séminaire de l'École des hautes études en sciences sociales*, 1984.

- [Chavagneux, 2011] CHAVAGNEUX Christian, *Une brève histoire des crises financières. Des tulipes aux subprimes*, Paris, La Découverte, coll. « Cahiers libres », 2011.
- [Cecconi *et al.*, 2012] CECCONI Federico *et al.*, « Predicting the Future from the Past: An Old Problem from a Modern Perspective », *American Journal of Physics*, vol. 80, n° 1001, 2012, p. 1001-1008.
- [CGFS, 2014] CGFS, « Market-making and proprietary trading: industry trends, drivers and policy implications », *CGFS Papers*, n° 52, 2014.
- [Chomsky, 2004] CHOMSKY Noam, *Le profit avant l'homme*, Paris, Éditions 10/18, 2004.
- [Christ, 1994] CHRIST Carl F., « The Cowles Commission Contributions to Econometrics at Chicago: 1939–1955 », *Journal of Economic Literature*, vol. 32, n° 1, 1994, p. 30–59.
- [Churchland, 1979] CHURCHLAND Paul, *Scientific realism and the philosophy of mind*, Cambridge, Cambridge University Press, 1979.
- [Cioffi-Revilla, 2014] CIOFFI-REVILLA Claudio, *Introduction to computational social science*, Londres, Springer, 2014.
- [Clark, 1973] CLARK Peter, « A subordinated stochastic process model with infinite variance for speculative prices », *Econometrica*, vol. 41, n° 1, 1973, p. 135-155.
- [Clarke, 1982] CLARKE Simon, *Marx, Marginalism and modern Sociology*, Londres, Macmillan, 1982.
- [Coase, 1937] COASE Ronald, « The nature of the firm », *Economica*, vol. 4, 1937, p. 386-405.
- [Colander *et al.*, 2004] COLANDER David, HOLT Richard P.F. et ROSSER J. Barkley Jr., *The Changing Face of Economics: Conversations with Curring Edge Economists*, Ann Arbor, Michigan, University of Michigan Press, 2004.
- [Colbert, 1615] COLBERT Jean-Baptiste, *Traité de l'économie politique*, 1615.
- [CE, 2015] COMMISSION EUROPÉENNE, « Green Paper: Building a Capital Markets Union », 18 février 2015.
- [Commons, 1934] COMMONS John Rogers, *Institutional Economics. Its Place in Political Economy*, 1934.
- [Comte, 1883] COMTE Auguste, *Opuscules de philosophie sociale, 1819-1826*, Paris, Leroux, 1883.
- [Comte-Sponville, 2001] COMTE-SPONVILLE André, *Dictionnaire philosophique, Perspectives critiques*, Paris, PUF, 2001.
- [Condillac, 1776] CONDILLAC (DE) Étienne B., *Le Commerce et le gouvernement considérés relativement l'un à l'autre*, 1776.

[Condorcet (De), 1773] CONDORCET (DE) Nicolas, *Lettres au Comte P. Verri*, Œuvres, ed. A. Condorcet, B. O'Connor et F. Arago, Paris 1847-1849, t. A, 1773, p. 285-288.

[Cootner, 1960] COOTNER Paul H., « Returns to Speculators: Telser versus Keynes », *Journal of Political Economy*, vol. 68, n° 4, 1960, p. 396-404.

[Cootner, 1962] COOTNER Paul H., « Stock Prices: Random vs Systematic Changes », *Industrial Management Review*, vol. 3, 1962, p. 24-25.

[Cootner, 1964] COOTNER Paul H., *The Random Character of Stock Market Prices*, MIT Press, 1964.

[Copper *et al.*, 2001] COPPER Michael J., DIMITROV Orlin et RAU P. Raghavendra, « A Rose.com by Any Other Name », *Journal of Finance*, vol. 56, 2001, p. 2371-2388.

[Coppersmith et Diaconis, 1987] COPPERSMITH Don et DIACONIS Persi W., « Random walk with reinforcement », *Manuscrit non publié*, 1987.

[Corcos et Pannequin, 2008], CORCOS Anne et PANNEQUIN François, « Conservatisme, représentativité et ancrage dans un contexte dynamique : Une approche expérimentale », *Recherches économiques de Louvain*, vol. 74, n° 1, 2008, p. 77-110.

[Cot et Lallement, 2006] COT Annie Lou et LALLEMENT Jérôme, « 1859-1959 : de Walras à Debreu, un siècle d'équilibre général », *Revue économique*, vol. 57, n° 3, 2006, p. 377-388.

[Cournot, 1851] COURNOT Antoine-Augustin, *Essai sur les fondements de la connaissance et sur les caractères de la critique philosophique*, 1851, Paris, Hachette, 1922.

[Cournot, 1861] COURNOT Antoine-Augustin, *Traité de l'enchaînement des idées fondamentales dans les sciences et dans l'histoire*, 1861.

[Cournot, 1875] COURNOT Antoine-Augustin, *Matérialisme, vitalisme, rationalisme*, 1875.

[Coutard, 1997] COUTARD Olivier, « Jules Dupuit et la théorie économique : l'invention de la notion de surplus », *Annales Des Ponts*, n° 82, 1997.

[Cox *et al.*, 1979] COX, John C., ROSS Stephen A. et RUBINSTEIN Mark., « Option pricing: A simplified approach », *Journal of Financial Economics*, vol. 7, 1979, p. 229-263.

[Cowles, 1933] COWLES Alfred, « Can Stock Market Forecasters Forecast », *Econometrica*, vol. 1, 1933, p. 309-324.

[Cowles, 1960] COWLES Alfred, « A Revision of Previous Conclusions Regarding Stock Price Behavior », *Econometrica*, vol. 28, 1960, p. 909-915.

[Cowles et Jones, 1937] COWLES Alfred et JONES Herbert, « Some *a posteriori* Probabilities in Stock Market Action », *Econometrica*, vol. 5, 1937, p. 280-294.

[Crombie, 1959] CROMBIE Alistair Cameron, *Medieval and Early Modern Science*, New York, Doubleday, 1959.

- [Dahan et Aubin, 2013] DAHAN-DALMEDICO Amy et AUBIN David, *Systèmes dynamiques et chaos : convergences et recompositions, un aperçu historique*, Paris, Hermann, 2013.
- [Daloz, 1973] DALOZ Jean-Pierre, *Hasard et cours boursiers*, Paris, Cujas, 1973.
- [Damasio, 2010] DAMASIO Antonio, *L'erreur de Descartes : la raison des émotions*, trad. M. Blanc, Paris, Éditions Odile Jacob, 2010.
- [Danchin, 1990] DANCHIN Antoine, « La permanence et le changement », dans K. Pomian (dir.), *La Querelle du déterminisme*, Paris, Gallimard, 1990.
- [Daniélsson et al., 2001] DANIELSSON Jón et al., « An Academic Response to Basel II », *Financial Markets Group*, 2001.
- [Daniélsson, 2002] DANIELSSON Jón, « The emperor has no clothes: Limits to risk modelling », *Journal of Banking & Finance*, vol. 26, n° 7, 2002, p. 1273-1296.
- [David, 1997] DAVID Alexander, « Fluctuating Confidence in Stock Markets: Implications for Returns and Volatility », *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, vol. 32, 1997, p.427-446.
- [Davidson, 1970] DAVIDSON Donald, « Mental Events » dans L. Foster et J. W. Swanson (éds), Oxford, Clarendon Press, 1970, p. 207-224.
- [Davis et Winston, 1967] DAVIS Otto A. et WHINSTON Andrew B., « Piecemeal Policy in the Theory of Second Best », *The Review of Economic Studies*, vol. 34, n° 3, 1967, p. 323–331.
- [De Gennes, 1974] DE GENNES Pierre-Gilles, *The Physics of Liquid Crystals*, Oxford University Press, Londres, 1974.
- [De Moivre, 1718] DE MOIVRE Abraham, *The Doctrine of Chances*, 1718, 2nd éd., Londres, Woodfall, 1738.
- [De Vries, 1909] DE VRIES Hugo, *Espèces et variétés leur naissance par mutation*, 1901, traduit de l'anglais par L. Blaringhem, Paris, Félix Alcan éd., 1909.
- [DeBondt et Thaler, 1985] DEBONDT Werner F.M. et THALER Richard, « Does the Stock Market Overreact? », *Journal of Finance*, n° 40, 1985, p. 793-805.
- [Debreu, 1959] DEBREU Gerard, *Théorie de la valeur*, Dunod, Paris, 1959.
- [Deheuvels, 2008] DEHEUVELS Paul, « La loi de l'Arc sinus ou l'injustice fondamentale de la nature », dans P. Deheuvels (éd.), *La probabilité, le hasard et la certitude*, Paris, Presses Universitaires de France, 2008, p. 120-121.
- [Delahaye, 2009] DELAHAYE Jean-Paul, *Complexité aléatoire et complexité organisée*, Paris, Quæ, 2009.
- [Delcey, 2019] DELCEY Thomas, « Samuelson vs. Fama on the Efficient Market Hypothesis: The Point of View of Expertise », *Æconomia*, vol. 9, n° 1, 2019, p. 37-58.

- [Dempster, 1967] DEMPSTER Arthur P., « Upper and lower probabilities induced by multivalued mapping », *The Annals of Mathematical Statistics*, vol. 38, n° 2, 1967.
- [Dendrinis et Sonis, 1990] DENDRINOS Dimitrios S. et SONIS Michael, *Chaos and Socio-Spatial Dynamics*, New York, Springer Verlag, 1990.
- [Dennett, 1991] DENNETT Daniel C., « Real Patterns », *Journal of philosophy*, vol. 88, 1991, p. 27-51.
- [Destouches-Février, 1951] DESTOUCHES-FEVRIER Paulette, *La structure des théories physiques*, Paris, Presses Universitaires de France, coll. « Philosophie de la matière », 1951.
- [Dimand, 2009] DIMAND Robert W., « The Cowles Commission and Foundation of the Functioning of Financial Markets from Irving Fisher and Alfred Cowles to Harry Markowitz and James Tobin », *Revue d'histoire des sciences*, vol. 20, n° 1, 2009, p. 79-100.
- [Du et Escanciano, 2016] DU Zaichao et ESCANCIANO Juan Carlos, « Backtesting Expected Shortfall: Accounting for Tail Risk », *Management Science*, vol. 63, n° 4, 2016, p. 901-1269.
- [Du Bois-Reymond, 1872] DU BOIS-REYMOND Emil, *Über die Grenzen des Naturerkennens* (« Les limites de la connaissance humaine »), 1872, Berlin, P. Lang (éd.), 1991.
- [Duhem, 1906] DUHEM Pierre, *La théorie physique. Son objet et sa structure*, Paris, Chevalier et Rivière, 1906.
- [Duprat, 1995] DUPRAT Henri, « Les sciences économiques », dans G. Prieur et M. Nadi (coord.), *La mesure et l'Instrumentation, état de l'art et perspectives*, coll. « Mesures Physiques », Paris, Masson, 1995.
- [Dupuis et Berland, 2004] DUPUIS Gérard et BERLAND Nicole, « Belousov-zhabotinsky reaction », dans A. Scott (éd.), *Encyclopedia of Nonlinear Science*, Routledge, 2004.
- [Dupuit, 1844] DUPUIT Jules, « De la mesure de l'utilité des travaux publics », dans *Annales des ponts et chaussées*, 1844.
- [Dupuy, 1981] DUPUY Jean-Pierre, « La simplicité de la complexité », *Esprit*, Paris, vol. 57, n° 9, 1981.
- [Dupuy, 1989] DUPUY Jean-Pierre, « Convention et Common knowledge », *Revue économique*, volume 40, n° 2, 1989, p. 361-400.
- [Dupuy, 1991] DUPUY Jean-Pierre, *La Panique*, Paris, Les Empêcheurs de penser en rond, 1991.
- [Dupuy, 2002] DUPUY Jean-Pierre, *Pour un catastrophisme éclairé*, Paris, Seuil, 2002.
- [Dupuy, 2003] DUPUY Jean-Pierre, « Principe de précaution et catastrophisme éclairé », *Les Cahiers du M.U.R.S.*, n° 42, 2003.

- [Dupuy, 2009] DUPUY Jean-Pierre, « La crise et le sacré », *Études*, vol. 3, t. 410, 2009 p. 341-342.
- [Dupuy, 2012] DUPUY Jean-Pierre, *L'avenir de l'économie*, Paris, Flammarion, coll. « Essais », 2012.
- [Durkheim, 1894] DURKHEIM Émile, *Les Règles de la méthode sociologique*, 1894, Paris, Payot, coll. « Petite Bibliothèque Payot », 2009.
- [Durkheim, 1911] DURKHEIM Émile, « Jugements de valeur et jugement de réalité », 1911, dans *Sociologie et philosophie*, Paris, Presses Universitaires de France, 1996, p. 117-141.
- [Earman, 2002] EARMAN John, « Laws, Symmetry, and Symmetry Breaking; Invariance, Conservation Principles, and Objectivity » (Archive), *Philosophy of Science Association*, 18th Biennial, PSA 2002 Symposia, 2002.
- [Ebeling, 1990] EBELING Richard M., « What is a price? Explanation and understanding », dans D. Lavoie (éd.), *Economics and Hermeneutics*, Londres, Routledge, 1990.
- [Eckmann, 1981] ECKMANN Jean-Pierre, « Roads to turbulence in dissipative dynamical systems », *Reviews of Modern Physics*, vol. 53, n° 4, 1981.
- [Eggenberger et Pólya, 1923] EGGENBERGER Florian et PÓLYA George, « Über die Statistik vorketter vorgänge », *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik*, vol. 3, 1923, p. 279-289.
- [Ekeland, 1995] EKELAND Ivar, *Le Chaos*, Paris, Flammarion, coll. « Dominos », 1995.
- [Ekeland, 1996] EKELAND Ivar, « Le futur est-il prévisible ? », *Science et Avenir*, Paris, Juin 1996.
- [Eldredge et Gould, 1972] ELDREDGE N. et GOULD S. J., « Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism », dans T. J. M. Schopf (éd.), *Models in Paleobiology*, 1972, p. 82-115.
- [Elliott, 1938] ELLIOTT Ralph N., *The Wave Principle*, New York, Collins, 1938.
- [Elton et al., 1996] ELTON Edwin J., GRUBER Martin J. et BLAKE Christopher R., « Survivorship Bias and Mutual Fund Performance », *Review of Financial Studies*, vol. 9, n° 4, 1996, p. 1097-1120.
- [Engle, 1982] ENGLE Robert F., « Autoregressive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of the Variance of U.K. Inflation », *Econometrica*, vol. 50, n° 4, 1982, p. 987-1008.
- [Fama, 1965] FAMA Eugene, « The Behavior of Stock Market Prices », *Journal of Business*, vol. 38, n° 1, 1965, p. 34-195.
- [Fama, 1970] FAMA Eugene, « Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work », *Journal of Finance*, vol. 25, n° 2, 1970, p. 383-417.

- [Fama, 1991] FAMA Eugene, « Efficient Capital Markets: II », *Journal of Finance*, vol. 46, n° 2, 1991, p. 1575-1617.
- [Fama, 1998] FAMA Eugene, « Market efficiency, long-term returns, and behavioral finance », *Journal of Financial Economics*, vol. 49, 1998, p. 283-306.
- [Fama et French, 1988] FAMA Eugene et FRENCH Kenneth, « Permanent and Temporary Components of Stock Prices », *Journal of Political Economy*, vol. 96, n° 2, 1988, p. 246-273.
- [Fama et French, 1993] FAMA Eugene et FRENCH Kenneth, « Common risk factors in the returns on stocks and bonds », *Journal of Financial Economics*, vol. 33, n° 1, 1993, p. 3-56.
- [Felin *et al.*, 2014] FELIN Teppo, KAUFFMAN Stuart, KOPPL Roger et LONGO Giuseppe, « Economic Opportunity and Evolution: Beyond Bounded Rationality and Phase Space », *Strategic Entrepreneurship Journal*, 2014.
- [Felin et Zenger, 2009] FELIN Teppo et ZENGER Todd, « Entrepreneurs as theorists: On the origins of collective beliefs and novel strategies », *Strategic Entrepreneurship Journal*, vol. 3, 2009, p. 127-146.
- [Fender et Lewrick, 2015] FENDER Ingo et LEWRICK Ulf, « Shifting tides – market liquidity and market-making in fixed income instruments », *Bank of International Settlements*, 2015.
- [Fodor, 1987] FODOR Jerry A., *Psychosemantics: The Problem of Meaning in the Philosophy of Mind*, Cambridge, MIT Press, 1987.
- [Föllmer et Schied, 2002] FÖLLMER H et SCHIED A., « Convex measures of risk and trading constraints », *Finance and Stochastics*, vol. 6, n° 4, 2002, p. 429-447.
- [Fortune, 1991] FORTUNE Peter, « Stock market efficiency: an autopsy? », *New England Economic Review*, 1991, p. 17-40.
- [Fourastié, 1951] FOURASTIE Jean, « La stratégie du jeu et la méthode dans les sciences économiques », Paris, *Critique*, Oct. 1951.
- [Fourastié, 1966] FOURASTIE Jean, *les conditions de l'esprit scientifique*, Paris, Gallimard, 1966.
- [French, 1980] FRENCH Kenneth R., « Stock returns and the weekend effect », *Journal of Financial Economics*, vol. 8, 1980, p. 55-69.
- [Frieder, 2008] FRIEDER Laura, « Investor and price response to patterns in earnings surprises », *Journal of Financial Markets*, n° 11, 2008, p. 259-283.
- [Friedman, 1953] FRIEDMAN Milton, « The Methodology of Positive Economics », dans *Essays in Positive Economics*, Chicago, University of Chicago Press, 1953.
- [Friedman, 1968] FRIEDMAN Milton, « The role of monetary policy », *American Economic Review*, vol. 58, n° 1, 1968.

- [Froot et Perold, 1995] FROOT Kenneth A. et PEROLD Andre F., « New trading practices and short-run market efficiency », *Journal of Futures Markets*, vol. 15, n° 7, 1995, p. 731.
- [Frydman, 1982] FRYDMAN Roman, « Toward and understanding of market processes », *American economic review*, 1982.
- [Gagnon *et al.*, 2011] GAGNON Joseph *et al.*, « Large-scale asset purchases by the federal reserve: did they work? », Federal Reserve Bank of New York, *Economic Policy Review*, 2011.
- [Gale, 1967] GALE Richard (éd.), *The Philosophy of Time*, New York, Doubleday, 1967.
- [Galilée, 1623] GALILEO Galilei, *Il Saggiatore*, 1623.
- [Garber, 1990] GARBER Peter M., « Famous first bubbles », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 4, n° 2, 1990 p. 35-54.
- [Garman et Holhagen, 1983] GARMAN Mark B. ET KOLHAGEN Steven W., « Foreign Currency Option Values », *Journal of International Money and Finance*, 1983, n° 2, p. 231-237.
- [Gause, 1934] GAUSE Georgii F., *The Struggle For Existence*, Baltimore, Williams & Wilkins, 1934.
- [Gell, 1992] GELL Alfred, *The Anthropology of Time*, Oxford, Berg Publishers, 1992.
- [Geman et Roncoroni, 2006] GEMAN Hélyette et RONCORONI Andrea, « Understanding the Fine Structure of Electricity Prices », *The Journal of Business*, vol. 79, n° 3, 2006, p. 1225-1261.
- [Georgescu-Roegen, 1971] GEORGESCU-ROEGEN Nicholas, *The Entropy Law and the Economic Process*, Cambridge, Harvard University Press, 1971.
- [Ghins, 1997] GHINS Michel, « Bas van Fraassen : les lois et la symétrie », *Revue Philosophique de Louvain*, Quatrième série, t. 95, n° 4, 1997.
- [Gibson, 1889] GIBSON George Rutledge, *The Stock Exchanges of Londres, Paris and New York*, New York, G.P. Putnam's sons, 1889.
- [Giuliani, 1971] GIULIANI Alessandro, *Il concetto di prova. Contributo alla logica giuridica*, Milan, Giuffrè, 1971.
- [Girard, 1972] GIRARD René, *La Violence et le Sacré*, Paris, Grasset, 1972.
- [Goethe, 1837] GOETHE Johann W., *Œuvres d'histoire naturelle*, 1837.
- [Goodhart, 2002] GOODHART Charles A. E., « The Organizational Structure of Banking Supervision », *Economic Notes*, vol. 31, n° 1, 2002.
- [Gopikrishnan *et al.*, 1999] GOPIKRISHNAN Parameswaran, PLEROU Vasiliki, NUNES AMARAL Luís A., MEYER Martin, et STANLEY Eugene, « Scaling of the distributions », *Physical Review*, vol. 60, n° 5, 1999.

- [Goux, 2008] GOUX Jean-Joseph, « Spéculations fatales. La crise économique de 2008 », *Esprit*, vol. décembre, n° 12, 2008, p. 39-50.
- [Goux, s. d.] GOUX Jean-Joseph, « La Cybermonnaie ou les doigts de la main invisible » [en ligne], *moving-art-studio.com*, s. d. (consulté le 1^{er} février 2019).
- [Granger, 1960] GRANGER Gilles-Gaston, *Pensée formelle et sciences de l'homme*, Paris, Aubier-Montaigne, 1960.
- [Granovetter, 1973] GRANOVETTER Mark, « The Strength of Weak Ties », *American Journal of Sociology*, 1973, vol. 78, n° 6, 1973.
- [Granovetter, 1978] GRANOVETTER Mark, « Threshold Models of Collective Behavior », *American Journal of Sociology*, vol. 83, n° 6, 1978.
- [Granovetter, 1985] GRANOVETTER Mark, « Economic Action and Social Structure: The Problem of Embeddedness », *American Journal of Sociology*, vol. 91, n° 3, 1985.
- [Granovetter, 2000] GRANOVETTER Mark, *Le marché autrement*, Paris, Desclée de Brouwer, coll. « Sociologie économique », 2000.
- [Grossman, 1976] GROSSMAN Sanford J., « On the efficiency of competitive stock markets where trades have diverse information », *The Journal of Finance*, vol. 31, n° 2, 1976, p. 573-585.
- [Grossman, 1977] GROSSMAN Sanford J., « The Existence of Futures Markets, Noisy Rational Expectations and Informational Externalities. », *The Review of Economic Studies*, vol. 44, n° 3, 1977, p. 431-449.
- [Grossman et Stiglitz, 1980] GROSSMAN Sanford J. et STIGLITZ Joseph E., « On the impossibility of informationally efficient markets », *American Economic Review*, vol. 70, n° 3, p. 393-408.
- [Guerrien, 1999] GUERRIEN Bernard, *La Théorie économique néo-classique*, Paris, La Découverte, coll. « Repères », 1999.
- [Guillo, 2017] GUILLO Dominique, « Ce que nous apprend l'animal sur l'intentionnalité des êtres. De l'importance de l'ajustement interactionnel des intentions » [En ligne], *SociologieS*, Dossiers, La consistance des êtres collectifs. Mode(s) d'existence, dilemmes ontologiques et politiques, mis en ligne le 13 novembre 2017 (consulté le 04 février 2019).
- [Hadamard, 1898] HADAMARD Jacques, « Les Surfaces à courbures opposées et leurs lignes géodésiques », *Journal des mathématiques pures et appliquées*, n° 4, 1898, p. 27-73.
- [Hahn, 1965] HAHN Frank H., « On Some Problems of proving the existence of an equilibrium in a monetary economy », dans Hahn et Brechling, *The Theory of Interest Rates*, Londres, Macmillan, 1965.
- [Hájek, 2007] HÁJEK Alan, « The Reference Class Problem Is Your Problem Too », *Synthese*, vol. 156, n° 3, 2007, p. 563-585.
- [Haldane et al., 2016] HALDANE et al., « QE: the story so far », Bank of England, *Staff Working Paper*, n° 624. 2016.

- [Hamon et Jacquillat, 1991] HAMON Jacques et JACQUILLAT Bertrand, « Saisonnalités des rentabilités dans la semaine et la séance à la Bourse de Paris », *Finance*, vol. 12, 1991, p. 105-126.
- [Hansmann et Kraakman, 2001] HANSMANN Henry et KRAAKMAN Reinier H., « The End of History for Corporate Law », *Georgetown Law Journal*, vol. 89, 2001, p. 439-468.
- [Hardin, 1968] HARDIN Garrett, « The Tragedy of the Commons », *Science*, vol. 162, n° 3859, 1968, p. 1243-1248.
- [Harris, 1983] HARRIS Lawrence, « The Joint Distribution of Speculative Prices and of Daily Trading Volume », *Working Paper n° 34-84*, Los Angeles, University of Southern California, Department of Finance and Business Economics, 1983.
- [Haug, 2007] HAUG Espen G., *Derivatives Models on Models*, New York, John Wiley & Sons, 2007.
- [Haug et Taleb, 2010] HAUG Espen G. et TALEB Nicholas N., « Option traders use (very) sophisticated heuristics, never the Black-Scholes-Merton formula », *Journal of Economic Behavior & Organization*, vol. 77, n° 2, 2010.
- [Haugen et Lakonishok, 1988] HAUGEN Robert A. et LAKONISHOK Josef, *The Incredibke Jjanuary Effect*, Homewood, Dow Jones-Irwin, 1988.
- [Hayek, 1973] HAYEK Friedrich, *Law, legislation and liberty: Rules and order*, Londres, Routledge and Keagan Paul, 1973.
- [Hegel, 1816] HEGEL Georg W. F., « Science de la logique », t. 2, *La logique subjective ou doctrine du concept*, 1816, Paris, Aubier-Montaigne, 1981, p. 217-271.
- [Heidegger, 1957] HEIDEGGER Martin, *Le principe de raison*, 1957, trad. A. Préau, Paris, Gallimard 1962.
- [Helmholtz, 1921] VON HELMHOLTZ Hermann, *Epistemological Writings*, 1921, trad. par Malcolm F. Lowe, Dordrecht, D. Reidel Publishing Co., 1977.
- [Helvétius, 1758] HELVETIUS Claude Adrien, *De l'esprit*, Paris, Durand, 1758.
- [Hempel, 1966] HEMPEL Carl, *Éléments d'épistémologie*, Paris, Colin, 1966.
- [Herrenschmidt, 2007] HERRENSCHMIDT Clarisse, *Les trois écritures*, Paris, Gallimard, 2007.
- [Hicks, 1946] HICKS John R., *Value and Capital*, 2^e éd., Oxford, Clarendon Press, 1946.
- [Hiemstra et Jones, 1997] HIEMSTRA Craig et JONES Jonathan D., « Another look at long memory in common stock returns », *Journal of Empirical Finance*, vol. 4, 1997, p. 373-401.
- [Higgins, 1902] HIGGINS Leonard R., *The Put-and-Call*, Londres, E. Wilson, 1902.

[Hirschmann, 1977] HIRSCHMANN Albert, *The Passions and the Interests. Political Arguments for Capitalism before its Triumph*, Princeton University Press, 1977.

[Hotelling, 1931] HOTELLING Harold, « The economics of exhaustible resources », *Journal of Political Economy*, vol 39, n° 2, 1931.

[Howrey, 1968] HOWREY E. Philip, « A spectrum analysis of the long swing hypothesis. », *International Economic Review*, vol. 9, 1968, p. 228-252.

[Hromkovič, 2009] HROMKOVIČ Juraj, *Algorithmic Adventures: From Knowledge to Magic*, Heidelberg, Springer-Verlage Berlin, 2009.

[Hurwicz, 1973] HURWICZ Leonid, « The design of Mechanisms for Resource allocation », *The American Economic Review*, vol. 63, n° 2, 1973, p. 1-60.

[Hutchinson, 1957] HUTCHINSON George Evelyn, « Concluding remarks », *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, vol. 22, n° 2, 1957, p. 415-427.

[Ioannidis, 2005] IOANNIDIS John, « Why most published research findings are false. », *PloS Medicine*, vol. 2, n° 8, 2005, p. 696-701.

[Jacob, 1970] JACOB François, *La logique du vivant*, Paris, Gallimard, 1970.

[Jaffe et Westerfield, 1985] JAFFE Jeffrey et WESTERFIELD Randolph, « The weekend effect in common stock returns: the international evidence », *Journal of Finance*, n° 40, 1985, p. 433-454.

[Jain et Jain, 2019] JAIN Archana et JAIN Chinmay, « Blockchain hysteria: Adding “blockchain” to company’s name », *Economics Letters*, vol. 181, 2019, p. 178-181.

[Jaspers, 1958] JASPERS Karl, *La bombe atomique et l’avenir de l’homme*, 1958.

[Jensen, 1965] JENSEN Michael C., « The Performance of Mutual Funds in the Period 1945-1964 », *Journal of Finance*, vol. 23 (Décembre), 1965, p. 587-616

[Jensen, 1978] JENSEN Michael C., « Some anomalous evidence regarding market efficiency », *Journal of Financial Economics*, vol. 6, 1978, p. 95-101.

[Jevons, 1878] JEVONS William S., *Les crises commerciales et les tâches solaires*, 1878.

[Jonker et Gelderblom, 2005], JONKER Joost et GELDERBLOM Oscar, « Amsterdam as the cradle of modern futures and options trading, 1550-1650 », dans W.N. Goetzmann et K.G. Rouwenhorst, (eds.), *The Origins of Value. The Financial Innovations that Created Modern Capital Markets*, Oxford, Oxford University Press, 2005, p.189-206.

[Jorion, 1996] JORION Philippe, « Risk: Measuring the Risk in Value at Risk », *Financial Analysts Journal*, vol. 52, n° 6, 1996, p. 47-56.

[Jorion, 2010] JORION Paul, *Le prix*, Vulaines sur Seine, Éditions du Croquant, coll. « Dynamiques socio-économiques », 2010.

[Juglar, 1862] JUGLAR Clément, *Des crises commerciales et leur retour périodique en France, en Angleterre et aux États-Unis*, 1862.

[Kahneman et Tversky, 1972] KAHNEMAN Daniel et TVERSKY Amos, « Subjective probability: A judgment of representativeness », *Cognitive Psychology*, n° 3, 1972, p. 430-454.

[Kahneman et Tversky, 1974] KAHNEMAN Daniel et TVERSKY Amos, « Judgement under uncertainty: heuristics and biases », *Science*, vol. 185, 1974, p. 1124-1131.

[Kahneman et Tversky, 2000] KAHNEMAN Daniel et Tversky Amos (dir.), *Choices, Values and Frames*, Cambridge, Cambridge University Press, 2000.

[Kaldor, 1939] KALDOR Nicholas, « Spéculation et stabilité économique », 1939, *Revue française d'économie*, vol. 2, n° 3, 1987, p 115-164.

[Kant, 1975] KANT Emmanuel, *Critique de la raison pure*, 1781, Paris, PUF, coll. « Bibliothèque de Philosophie contemporaine », 8^e éd., 1975.

[Kant, 1788] KANT Emmanuel, *Critique de la raison pratique*, 1788.

[Kant, 1790] KANT Emmanuel, *Critique de la faculté de juger*, 1790.

[Kauffman, 1995] KAUFFMAN Stuart, *At home in the Universe*, Oxford, Oxford University Press, 1995.

[Kendall, 1953] KENDALL Maurice G., « The analysis of economic time series, Part I: Prices », *Journal of the Royal Statistical Society*, vol. 116, 1953, p. 11-25.

[Keynes, 1921] KEYNES John Maynard, *A Treatise of Probability*, 1921.

[Keynes, 1930] KEYNES John M., « The Applied Theory of Money », dans *A Treatise on Money*, vol. 2, Londres, Macmillan & Co., 1930.

[Keynes, 1930] KEYNES John M., *Lettre à nos petits-enfants*, 1930, trad. F. et P. Chemla, Paris, Les Liens qui libèrent, 2017.

[Keynes, 1936] KEYNES John Maynard, *Théorie générale de l'emploi, de l'intérêt et de la monnaie*, Cambridge, Cambridge University Press, 1936, texte établi et traduit par J. de Largentaye, Paris, Payot, 1942.

[Keynes, 1937] KEYNES John Maynard, « The general theory of employment », *Quarterly Journal of Economics*, août 1937.

[Keynes, 1971] KEYNES John Maynard, *Théorie générale de l'emploi, de l'intérêt et de la monnaie*, 1936, Paris, Petite Bibliothèque Payot, n° 139, 1971.

[Kindelberger, 1994] KINDELBERGER Charles P., *Histoire mondiale de la spéculation financière*, Paris, Editions P.A.U., 1994.

- [King, 1966] KING Benjamin F., « Market and Industry Factors in Stock Price Behavior », *Journal of Business*, vol. 39, 1966, p. 139-190.
- [Knight, 1921] KNIGHT Frank Hyneman, *Risk, uncertainty and profit*, New York, Hart, Schaffner and Marx, 1921.
- [Kojève, 1932] KOJEVE Alexandre, *L'idée du déterminisme*, 1932, LGF/Livre de Poche, coll. « biblio essais », 1990.
- [Kolmogorov, 1933] KOLMOGOROV Andreï, *Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Fondements de la théorie des probabilités)*, Berlin, Springer, 1933.
- [Koopmans, 1947] KOOPMANS Tjalling C., « Measurement without theory », *The Review of Economic Statistics*, vol. 29, n° 3, 1947, p. 161-172.
- [Koppl et al., 2015] KOPPL Roger, KAUFFMAN Stuart, LONGO Giuseppe, FELIN Teppo, « Economics for a creative world », *Journal of Institutional Economics*, Cambridge, Cambridge University Press (CUP), vol. 11, 2015, p. 1-31.
- [Koyré, 1973] KOYRE Alexandre, *Études d'histoires de la pensée scientifique*, Paris, Gallimard, 1973.
- [Krugman, 1991] KRUGMAN Paul R., « Increasing Returns and Economic Geography », *Journal of Political economy*, vol. 99, 1991, p. 483-499.
- [Kuznets, 1930] KUZNETS Simon, *Secular Movements in Production and Prices. Their Nature and their Bearing upon Cyclical Fluctuations*, Boston, Houghton Mifflin, 1930.
- [Labbé, 2008] LABBE Morgane, « L'arithmétique politique en France au début du 19^e siècle : réceptions et polémiques », *Journal Électronique d'Histoire des Probabilités et de la Statistique*, vol. 4, n° 1, 2008.
- [Lagache, 1950] LAGACHE Michel, « L'analyse structural en économie, la Théorie des Jeux », *Revue d'Économie Politique*, juillet-août 1950.
- [Lallement, 2012] LALLEMENT Jérôme, « Les économistes et les pauvres : de Smith à Walras », *L'Économie politique*, vol. 55, n° 3, 2012, p. 43-66.
- [Lamberton et Lapeyre, 1997] LAMBERTON Damien et LAPEYRE Bernard, *Introduction au calcul stochastique appliqué à la finance*, Paris, Ellipses, 1997.
- [Lancaster et Lipsey, 1956] LIPSEY Richard G. et LANCASTER Kelvin, « The General Theory of Second Best », *Review of Economic Studies*, 1956, p. 11-36.
- [Langevin, 1908] LANGEVIN Paul, « Sur la théorie du mouvement brownien », *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, n° 146, Paris, 1908, p. 530-532.
- [Laplace, 1814] LAPLACE Pierre-Simon, *Essai philosophique sur les probabilités*, 1814.

[Lardic et Mignon, 2002] LARDIC Sandrine et MIGNON Valérie, *Économétrie des séries temporelles macroéconomiques et financières*, Paris, Economica, 2002.

[Largeault, 1979] LARGEAULT Jean, *Hasards, probabilités, inductions : petits écrits de circonstance*, Toulouse, Association des publications de l'Université de Toulouse-Le Mirail, 1979.

[Largeault, 1990] LARGEAULT Jean, « La création du nouveau par le hasard et par le temps : un vieux thème épicurien », *Archives De Philosophie*, vol. 53, n° 4, 1990, p. 589-602.

[Larson, 1960] LARSON A., « Measurement of a Random Process in Future Prices », *Food Research Institute Studies*, vol. 1, n° 3, 1960, p. 313-324.

[Lassègue, 2016] LASSEGUE Jean, « Cassirer, du transcendantal au sémiotique », Paris, Vrin, coll. « Mathesis », 2016.

[Laurent, 2014] LAURENT Nathanaël, « Qu'est-ce que modéliser ? », *Séminaire d'épistémologie*, Studium Notre-Dame de Namur, 2014.

[Le Chatelier, 1924] LE CHATELIER Henry (Préface à), NUSBAUMER Eugène, *L'Organisation scientifique des usines*, Paris, Nouvelle librairie nationale, 1924.

[Lebowitz et Penrose, 1973] LEBOWITZ Joel L. et PENROSE Oliver, « Modern Ergodic Theory », *Physics Today*, 1973, p. 23-29.

[Leibniz, 1710] LEIBNIZ Gottfried Wilhelm, *Essais de Théodicée sur la bonté de Dieu, la liberté de l'homme et l'origine du mal*, 1710.

[Leibniz, 1714] LEIBNIZ Gottfried Wilhelm, *Monadologie*, 1714, éd. traduite et établie par Clodius Piat, Paris, V. Lecoffre, 1900.

[Leinweber et Sisk, 2011] LEINWEBER David et SISK Jacob, « Event Driven Trading and the « New News » », *Journal of Portfolio Management*, vol. 38, n° 1, 2011, p. 110-124.

[Leland et Rubinstein, 1988] LELAND Hayne et RUBINSTEIN Mark « Comments on the market crash: six months after », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 2, n° 3, 1988, p. 45-50.

[LeRoy, 1989] LEROY Stephen F., « Efficient capital markets and martingales », *Journal of Economic Literature*, vol. 27, 1989, p. 1583-1621.

[Lescure, 1938] LESCURE Jean, *Des crises générales et périodiques de surproduction*, t. II, New York, Burt Franklin, 1938.

[Lesne, 1999] LESNE Annick, « La renormalisation : un outil mathématique multiforme pour une nouvelle approche de la réalité physique », *Femmes et Mathématiques*, vol. 3, 1999, p. 15-23.

[Levinas, 1949] LEVINAS Emmanuel, *En découvrant l'existence avec Husserl et Heidegger*, 1949, Paris, Vrin, 2001, p. 212.

[Levitt et Dubner, 2016] LEVITT Steven D. et DUBNER Stephen J., *Think Like a Freak*, Penerbit, Noura Books, 2016.

[Lewes, 1879] LEWES George Henry, *Problems of Life and Mind*, Londres, Kegan Paul, Trench, Trübner & Co, 1879.

[Lewin, 1959] LEWIN Kurt, *Psychologie dynamique* (traduction française), Paris, PUF, 1959.

[Liu *et al.*, 1990] LIU Pu, SMITH Sstanley D., SYED Azmat A., « Stock price reactions to The Wall Street Journal's securities recommendations », *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, n° 25, 1990, p. 399-410.

[Liu et Longstaff, 2004] LIU Jun et LONGSTAFF Francis A., « Losing Money on Arbitrage: Optimal Dynamic Portfolio, Choice in Markets with Arbitrage Opportunities », *Review of Financial Studies*, n° 17, 2004, p. 611-641.

[Lo et MacKinlay, 1988] LO Andrew W. et MACKINLAY A. Craig, « Stock market prices do not follow random walks: evidence from a simple specification test », *Review of Financial Studies*, n° 1, 1988, p. 41-66.

[Longo, 2017] LONGO Giuseppe, « How Future Depends on Past Histories and Rare Events in Systems of Life », *Foundations of Science*, vol. 23, 2017, p. 443-474.

[Longo *et al.*, 2011] LONGO Giuseppe, MONTÉVIL Maël et POCHEVILLE Arnaud, « From bottom-up approaches to levels of organization and extended critical transitions », *Frontiers in Physiology*, vol. 3, 2011.

[Longo et Montévil, 2011] LONGO Giuseppe et MONTÉVIL Maël, « From physics to biology by extending criticality and symmetric breakings », *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, Elsevier, vol. 106, n° 2, 2011, p. 340-347.

[Longo *et al.*, 2012a] LONGO Giuseppe, MONTÉVIL Maël et KAUFFMAN Stuart, « No entailing laws, but enablement in the evolution of the biosphere », *Genetic and Evolutionary Computation Conference*, New York, 2012.

[Longo et Montévil, 2013] LONGO Giuseppe et MONTÉVIL Maël, « Extended criticality, phase spaces and enablement in biology. Chaos, Solitons and Fractals », *Emergent Critical Brain Dynamics*, n° 55, Elsevier, 2013, p. 64-79.

[Lorenz, 1963] LORENZ Edward N., « Deterministic nonperiodic flow », *Journal of the Atmospheric Sciences*, vol. 20, n° 2, 1963, p. 130-141.

[Lorenz, 1969] LORENZ Edward N., « Atmospheric predictability as revealed by natural occurring analogues », *Journal of the Atmospheric Sciences*, vol. 26, 1969, p. 636-646.

[Lucas, 1972] LUCAS Robert E., « Expectations and the Neutrality of Money », *Journal of Economic Theory*, vol. 4, 1972, p. 103-124.

[Lucas, 1980] LUCAS Robert E., « Equilibrium in a pure currency economy », *Economic Inquiry*, vol. 18, 1980, p. 203-220.

[Lucas et Sargent, 1981] LUCAS Robert et SARGENT Thomas, *Rational expectations and Econometric practice: a book of Readings*, University of Minnesota Press, 1981.

[Lucrèce, 1899] LUCRECE, *De la Nature des choses (De rerum natura)*, texte établi et traduit par André Lefèvre, Paris, Société d'éditions littéraires, 1899.

[Macintosh, 2003] MACINTOSH Norman B., « From rationality to hyperreality: Paradigm poker », *International Review of Financial Analysis*, vol. 12, n° 4, 2003, p. 453-465.

[MacKenzie, 2003] MACKENZIE Donald, « An equation and its worlds: Bricolage, Exemplars Disunity and Performativity in financial economics », *Social Studies of Science*, vol. 33, n°6, 2003.

[MacKenzie, 2006] MACKENZIE Donald, *An Engine, Not a Camera. How Financial Models Shape Markets*, Cambridge, MIT Press, 2006.

[Madison, 1990] MADISON Gary B., « Getting beyond objectivism: the philosophical hermeneutics of Gadamer and Ricoeur. », dans D. Lavoie (éd.), *Economics and hermeneutics*, Londres, Routledge, 1990.

[Malkiel, 2003] MALKIEL Burton G., « The Efficient Market Hypothesis and Its Critics », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 17, n° 1, 2003, p. 59-82.

[Mandelbrot, 1957] MANDELBROT Benoît, *Logique, langage et théorie de l'information*, Paris, Presses universitaires de France, 1957.

[Mandelbrot, 1967] MANDELBROT Benoît, *Fractales, hasard et finance*, 1967, Paris, Flammarion, 1997.

[Mandelbrot, 1973] MANDELBROT Benoît, « Le problème de la réalité des cycles lents et le syndrome de Joseph », *Économie Appliquée*, vol. 26, p. 349-365.

[Mandelbrot et Wallis, 1968] MANDELBROT Benoît et WALLIS James R., « Noah, Joseph, and operational hydrology », *Water Resources Research*, vol. 4, n° 5, 1968, p. 909-918.

[Mandeville, 1714] MANDEVILLE Bernard, *La Fable des Abeilles : ou vices privés, vertus publiques*, 1714.

[Manin, 1983] MANIN Bernard, « Friedrich-August Hayek et la question du libéralisme », *Revue française de science politique*, 33^e année, n° 1, 1983, p. 41-64.

[Mantegna et Stanley, 1999] MANTEGNA Rosario N. et STANLEY H. Eugene, *An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance*, Cambridge, Cambridge University Press, 1999.

[Margrabe, 1978] MARGRABE William. « The Value of an Option to Exchange One Asset for Another », *Journal of Finance*, n° 33, 1978, p. 177-185.

- [Markowitz, 1952] MARKOWITZ Harry, « Portfolio Selection », *Journal of Finance*, vol. 7, n° 1, 1952, p. 77-91.
- [Markowitz, 1959] MARKOWITZ Harry, *Portfolio Selection: efficient Diversification of Investment*, 1959, New Haven, Yale University Press, 2^e éd., 1971.
- [Marrou, 1954] MARROU Henri-Irénée, *De la connaissance historique*, Paris, Éditions du Seuil, 1954.
- [Marshak, 1972] MARSHAK Alexander, *The Roots of Civilization: the cognitive beginnings of man's first art, symbol, and notation*, Worthing, Littlehampton Book Services Ltd, 1972.
- [Marshall, 1890] MARSHALL Alfred, *Principles of Economics*, 1890, 9^e éd., Londres, Macmillan and Co., 1961.
- [Marx, 1859] MARX Karl, *Introduction générale à la critique de l'économie politique, Le capital*, 1859, Livre premier, dans *Œuvres*, Économie, I, Paris, Gallimard, coll. « La Pléiade », 1965, p. 277-278.
- [Maturana et Varela, 1979] MATURANA Humberto et VARELA Francisco, « Autopoiesis and Cognition », *Boston Studies in the Philosophy of Science*, Boston, D. Reidel, 1979.
- [Mauss, 1925] MAUSS Marcel, « Essai sur le don. Forme et raison de l'échange dans les sociétés archaïques », 1925, *Sociologie et Anthropologie*, Paris, PUF, 1968.
- [Mayr, 1942] MAYR Ernst, *Systematics and the Origin of Species*, New York, Columbia University Press, 1942
- [Mayr, 1988] MAYR Ernst, *Toward A New Philosophy of Biology. Observations of an Evolutionist*, Cambridge, Harvard University Press, 1988.
- [McLeod et Hipel, 1978] MCLEOD Angus I. et HIPEL Keith W., « Preservation of the rescaled adjusted range part 1&2 », *Water Resources Research*, vol. 14, 1978, p. 491-516.
- [Menger, 1883] MENGER Carl, *Recherches sur les méthodes des sciences sociales, en particulier de l'économie politique* (« Untersuchungen über die Methode der Sozialwissenschaften, und der politischen Ökonomie insbesondere »), 1883, Paris, Éditions de l'EHESS, 2011.
- [Menger, 1892] MENGER Carl, *On the Origins of Money*, 1892.
- [Merleau-Ponty, 1953] MERLEAU-PONTY Maurice, *Le monde sensible et le monde de l'expression, Cours au Collège de France*, 1953, texte établi et annoté par Emmanuel de Saint Aubert et Stefan Kristensens, Genève, MetisPresses, 2011.
- [Merton, 1948] MERTON Robert, « The Self-Fulfilling Prophecy », *The Antioch Review*, 1948.
- [Merton, 1968] MERTON Robert K., « The Matthew effect in science », *Science*, vol. 159, n° 3810, 1968, p. 56-63.

- [Merton, 1973] MERTON Robert C., « The Theory of Rational Option Pricing », *Bell Journal of Economics & Management Science*, n° 4, 1973, p. 141-183.
- [Michel, 2018] MICHEL Johann, « Herméneutique et économie. Le valorisé, le valorisant, le Valorisable », *Revue de philosophie économique*, Paris, Vrin, vol. 19, n° 2, 2018.
- [Mignon, 1998] MIGNON Valérie, « Méthodes d'estimation de l'exposant de Hurst : application aux rentabilités boursières », *Économie et Prévision*, vol. 132-133, 1998, p.193-214.
- [Mignon, 2008] MIGNON Valérie, « Les ambiguïtés de la théorie de l'efficience informationnelle des marchés financiers », *Regards croisés sur l'économie*, vol. 1, n° 3, 2008, p. 104-117.
- [Mill, 1843] MILL John Stuart, *Système de logique*, 1843, Paris, Librairie philosophique de Ladrangé, 1866.
- [Miller, 1991] MILLER Merton. *Financial Innovations and Market Volatility*, Cambridge, Blackwell, 1991.
- [Mills, 1927] MILLS Frederick, *The Behaviour of Prices*, National Bureau of Economic Research, 1927.
- [Minsky, 1982] MINSKY Hyman P., *Can « It » Happen Again? Essays on Instability and Finance*, New York, M. E. Sharpe (éd.), 1982.
- [Miralles et Miralles, 2000] MIRALLES José Luis et MIRALLES Marcelo, « An empirical analysis of the weekday effect on the Lisbon stock market over trading and non-trading periods », *Portuguese Review of Financial Markets*, n° 3, 2000, p. 5-14.
- [Modigliani et Miller, 1958] MODIGLIANI Franco et MILLER Merton H, « The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment », *Financial Analysts Journal*, 1958, p. 18-30.
- [Mongin, 2014], MONGIN Philippe. « Le paradoxe d'Allais. Comment lui rendre sa signification perdue ? », *Revue économique*, vol. 65, n° 5, 2014, p. 743-779.
- [Monod, 1970] MONOD Jacques, *Le hasard et la nécessité. Essai sur la philosophie naturelle de la biologie moderne*, Paris, Seuil, 1970.
- [Montagne, 2006] MONTAGNE Sabine, *Les fonds de pension. Entre protection sociale et spéculation financière*, Paris, Odile Jacob, 2006.
- [Montesquieu, 1748] MONTESQUIEU Charles L., *De l'esprit des lois*, Genève, Barrillot et fils, 1748.
- [Mossin, 1966] MOSSIN Jan, « Equilibrium in a Capital Asset Market », *Econometrica*, vol. 41, 1966, p. 867-888.
- [Mounier, 1946] MOUNIER Emmanuel, *Traité du caractère*, Paris, Éditions du Seuil, 1946.

- [Muniesa, 2000] MUNIESA Fabian, « Un robot walrasien : cotation électronique et justesse de la découverte des prix », *Politix*, De Boeck Supérieur, vol. 13, n° 52, 2000, p.121-154
- [Murphy, 2010] MURPHY Antoine, « John Law et la bulle de la Compagnie du Mississipi », *L'Economie politique*, n° 48, 2010.
- [Muth, 1961] MUTH John, « Rational Expectations and the Theory of Price Movements », *Econometrica*, vol. 29, n° 3, Juillet 1961.
- [Myrdal, 1931] MYRDAL Gunnar, *Monetary Equilibrium*, 1931, éd. anglaise révisée : Londres, W. Hodge & Co, 1939.
- [Nadeau, 1999] NADEAU Robert, *Vocabulaire technique et analytique de l'épistémologie*, Paris, Presses universitaires de France, 1999.
- [Nagel, 1961] NAGEL Ernest, *The structure of science: Problems in the logic of scientific explanation*, New York, Harcourt-Brace & World, 1961.
- [Nagel, 1995] NAGEL Rosemarie, « Unravelling in Guessing Games: an Experimental Study », *American Economic Review*, vol. 85, n° 5, 1995, p. 1313-1326.
- [Nelson, 1904] NELSON Samuel Armstrong, *The A B C of Options and Arbitrage*, New York, The Wall Street Library, 1904.
- [Nelson et Winter, 1982] NELSON Richard et WINTER Sidney, *An evolutionary theory of economic change*, Cambridge, Harvard University Press, 1982
- [Orléan, 1986] ORLEAN André, « Mimétisme et anticipation rationnelles : une perspective keynésienne », *Recherches Économiques de Louvain*, vol. 52, n° 1, 1986, p. 45-66.
- [Orléan, 1999] ORLEAN André, *Le pouvoir de la finance*, Paris, Éditions Odile Jacob, 1999.
- [Orléan, 2011] ORLEAN André, *L'Empire de la Valeur*, Paris, Seuil, 2011.
- [Orléan, 2012] ORLEAN André, « Une économie sans valeur ? Entretien avec André Orléan », *Vacarme*, vol. 60, n° 3, 2012, p. 214-245.
- [Osborne, 1959] OSBORNE Maury F., « Brownian Motion in the Stock Market », *Operations Research*, vol. 7, 1959, p. 145-173.
- [Osnabrugge et Robinson, 2000] OSNABRUGGE (van) Mark et ROBINSON Robert J., *Angel Investing*, San Francisco, Jossey-Bass, 2000.
- [Ostrom, 1990] OSTROM Elinor, *Gouvernance des biens communs*, 1990, révisé par L. Baechler, Paris, Commission Université Palais, 2010.
- [Pacioli, 1494] PACIOLI Luca, *Summa de aritmetica, geometria, proporzioni e proporzionalita*, 1494.

- [Palermo, 2013] PALERMO Angela Giovanna, *Logique juridique et logique probabiliste à l'époque moderne*, Université de Franche-Comté, 2013.
- [Pareto, 1896] PARETO Vilfredo, *Cours d'économie politique*, 1896, dans G. Busino (dir.) « Œuvres complètes », Paris, Librairie Droz, 1964.
- [Parrochia, 2008] PARROCHIA Daniel, *La forme des crises. Logique et épistémologie*, Seyssel, Champ Vallon, 2008.
- [Pascal, 1654] PASCAL Blaise, « Lettre du 29 juillet 1654 », dans *Œuvres de Blaise Pascal*, vol. 2, Paris, Lefèvre, 1819, p. 371.
- [Passet, 2014] PASSET René, « Les trois figures du hasard en économie », *Communications*, vol. 95, 2014, p. 51-63.
- [Pasteels *et al.*, 1982] PASTEELS Jacques, VERHAEGE Jean-Claude, DENEUBOURG Jean-Louis, « The adaptative value of probabilistic behavior during food recruitment in Ants » dans *Biology of Social Insects*, M.D. Breed, C.D. Michener, Bouldern Colorado, H.E. Evans (éd.), Westview Press, 1982.
- [Patinkin, 1956] PATINKIN Don, *Money, Interest and Prices*, Harper & Row, 1956.
- [Patras, 2020] PATRAS Frédéric et PLANAS-BIELSA Víctor, « Complex systems: from the presocratics to pension funds », *Working Paper*, 2020.
- [Paucton, 1780] PAUCTON Alexis-Jean-Pierre, *Métrologie, ou Traité des mesures, poids et monnoies des anciens peuples et des modernes*, Paris, Veuve Desaint, in-4°, 1780.
- [Pemantle, 2007] PEMANTLE Robin, « A survey of random processes with reinforcement », *Probability Surveys*, vol. 4, 2007, p. 1-79.
- [Perru, 2001] PERRU Olivier, « Modèles en sciences du vivant », *Revue philosophique de Louvain*, vol. 99, n° 1, p. 99-114.
- [Peter, 1994] PETER Edgar E., *Fractal market analysis. Applying chaos theory to investment and economics*, New York, John Wiley & Sons, 1994.
- [Peters, 1991] PETERS Edgars, *Chaos and order in the capital markets: A New View of Cycles, Prices, and Market Volatility*, 1991, New York, Wiley, 2^e éd., 1996.
- [Phelps, 1987] PHELPS Edmund S., « Marchés spéculatifs et anticipations rationnelles », *Revue française d'économie*, vol. 2, n° 3, 1987, p. 10-26.
- [Pignol, 2012] PIGNOL Claire, « L'empire de la valeur. Quelle critique de la théorie (néo)-walrassienne ? », *Revue de la régulation* [En ligne], 12, Automne 2012, mis en ligne le 18 décembre 2012, consulté le 18 février 2019.
- [Pillai et Meng, 2015] PILLAI Natesh S. et MENG Xiao-li, « An unexpected encounter with Cauchy and Lévy », *The Annals of Statistics*, vol. 44, n° 5, 2015, p. 2089–2097.

[Platon, 2008] PLATON, « Ménon », dans L. Brisson (dir.), *Œuvres complètes*, Paris, Flammarion, 2008 (1^{re} éd. 2006).

[Plotin, 2010] PLOTIN, *Traité*s, trad. sous la direction de L. Brisson et J.-F. Pradeau, Paris, GF-Flammarion, 2010.

[Poincaré, 1890] POINCARÉ Henri, « Sur le problème des trois corps et les équations de la dynamique », *Acta Mathematica*, vol. 13, 1890, p. 1-270.

[Poincaré, 1902] POINCARÉ Henri, *La science et l'hypothèse*, 1902, Paris, Flammarion, coll. « Champs », 1968.

[Poincaré, 1908] POINCARÉ Henri, *Science et méthode*, Paris, Flammarion, 1908.

[Polanyi, 1944] POLANYI Karl, *La grande transformation*, Paris, Gallimard, 1944.

[Pomian, 1990] POMIAN Krzysztof (dir.), *La Querelle du déterminisme*, Philosophie de la science d'aujourd'hui, Paris, Gallimard, 1990.

[Popper, 1957] POPPER Karl, *The Poverty of Historicism*, Londres, Routledge, 1957.

[Popper, 1959] POPPER Karl, « The propensity interpretation of probability », *British Journal of Philosophy of Science*, vol. 10, 1959, p. 25-42.

[Popper, 1985] POPPER Karl, *Conjectures et réfutations*, Paris, Payot, 1985.

[Poterba et Summers, 1988] POTERBA James et SUMMERS Lawrence, « Mean Reversion in Stock Returns: Evidence and Implications », *Journal of Financial Economics*, vol. 22, n° 1, p. 27-59.

[Press, 1967] PRESS S. James, « A compound events model for security prices », *Journal of Business*, vol. 40, 1967, p. 317-335.

[Prigogine, 1983] PRIGOGINE Ilya, « La lecture du complexe », *Le Genre humain*, vol. 1, n° 7-8, 1983, p. 221-233.

[Prigogine et Stengers, 1979] PRIGOGINE Ilya et STENGERS Isabelle, *La Nouvelle Alliance*, 1971, Paris, Gallimard, coll. « Bibliothèque des sciences », 1979.

[Quetelet, 1835] QUETELET Adolphe, *Sur l'homme et le développement de ses facultés, Essai de physique sociale*, 1835.

[Ramsey, 1928] RAMSEY Frank P. « A Mathematical Theory of Saving », *Economic Journal*, vol. 38, 1928, p. 543-559

[Ramsey, 1931] RAMSEY Frank P., « Truth and probability », *The foundations of Mathematics*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1931.

- [Raser et O'Shea, 2004] RASER Jonathan M. et O'SHEA Erin K., « Control of stochasticity in eukaryotic gene expression. », *Science*, n° 304, 2004, p. 1811-1814.
- [Rawls, 1971] RAWLS John, *A Theory of Justice*, Londres, J. W. Arrowsmith Ltd, 1971.
- [Rebeyrol, 2004] REBEYROL Antoine, « 6. Valeur, équivalent général et numéraire : “ Le mot franc est le nom d'une chose qui n'existe pas ” », dans M. Drach (éd.), *L'argent*, Paris, La Découverte, coll. « Recherches », 2004, p. 113-130.
- [Regnault, 1863] REGNAULT Jules, *Calcul de chance et philosophie de la bourse*, 1863.
- [Reichenbach, 1949] REICHENBACH Hans, *The Theory of Probability*, 1949, Los Angeles, University of California Press, 1971.
- [Reix, 1980] REIX André, « Léon Walras, Éléments d'économie politique pure ou théorie de la richesse sociale (compte-rendu) », *Revue Philosophique de Louvain*, Quatrième série, t. 78, n°40, 1980, p. 603-604.
- [Renouvier, 1901] RENOUVIER Charles, *Les dilemmes de la métaphysique pure*, Paris, Alcan, 1901.
- [Riley, 2003] RILEY Barry., « Tracking Errors », dans *Boom and Burst*, European Asset Management Association, 2003.
- [Roberts, 1959] ROBERTS Harry V., « Stock Market “Patterns” and Financial Analysis: Methodological Suggestions », *Journal of Finance*, Vol. XIV, n° 1 (Mars), 1959, p. 1-10.
- [Roncaglia, 1978] RONCAGLIA Alessandro, *Sraffa and the Theory of Prices*, Chichester, John Wiley and Sons, 1978.
- [Rosset, 1976] ROSSET Clément, *Le Réel et son double*, Paris, Gallimard, 1976.
- [Rossignol et al., 2004] ROSSIGNOL Jean-Luc *et al.*, *Génétique, Gènes et Génomes*, Paris, Dunod, 2004.
- [Rössler, 1979] RÖSSLER Otto E., « Chaos », dans W. Güttinger et E. Eikenmeier, *Structural Stability in Physics*, Berlin-Heidelberg-New York, Springer Verlag, 1979.
- [Rota, 1997] ROTA Gian-Carlo, « The Phenomenology of Mathematical Beauty », *Synthese*, vol. 111, n° 2, 1997, p. 171-182.
- [Rousseau, 1762] ROUSSEAU Jean-Jacques, *Du contrat social*, Paris, 1762.
- [Rubinstein, 1994] RUBINSTEIN Mark, « Implied Binomial Trees », *Journal of Finance*, vol. 49, 1994, p. 771-818.
- [Ruelle, 1991] RUELLE David, *Hasard et chaos*, Paris, Odile Jacob, 1991.

- [Sadique et Silvapulle, 2001] SADIQUE Shibley et SILVAPULLE Param, « Long-term memory in stock market returns: international evidence », *International Journal of Finance and Economics*, n° 6, 2001, p. 59-67.
- [Samuelson, 1958] SAMUELSON Paul A., « An exact consumption-loan model of interest with or without the social contrivance of money », *Journal of Political Economy*, vol. 6, n° 6, 1958, p. 467-482.
- [Samuelson, 1965] SAMUELSON Paul, « Proof That Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly », *Industrial Management Review*, vol. 6, n° 2, 1965.
- [Savage, 1954] SAVAGE Leonard J., *The Foundations of Statistics*, 2^e éd, New York, Dover, 1954.
- [Say, 1803] SAY Jean-Baptiste, *Traité d'économie politique*, 1803.
- [Schatzman, 1975] SHATZMAN Israël, *Senatorial Wealth and Roman Politics*, Bruxelles, 1975.
- [Schelling, 1960] SCHELLING Thomas, *The Strategy of conflict*, 1960.
- [Schinckus, 2017] SCHINCKUS Christophe, « Pataphysics of Finance: An essay of visual epistemology », *Critical Perspectives on Accounting*, vol. 52, 2017, p. 57-68.
- [Schleifer, 2000] SCHLEIFER Andrei, *Inefficient Markets. An Introduction to Behavioral Finance*, Oxford University Press, 2000.
- [Schlick, 1925] SCHLICK Moritz, *Die Philosophie in ihren Einzelgebieten*, Berlin, Ullstein Verlag, 1925, p. 395-462.
- [Schumpeter, 1911] SCHUMPETER Joseph, *Théorie de l'évolution économique*, Paris, Dalloz, 1911.
- [Schumpeter, 1943] SCHUMPETER Joseph, *Capitalisme, socialisme et démocratie*, 1943, Paris, Payot, 1951.
- [Schwert, 2001] SCHWERT G. William, « Anomalies and Market Efficiency » dans G. Constantinides *et al.* (éds), *Handbook of the Economics of Finance*, Amsterdam, Elsevier, 2001.
- [Sellars, 1963] SELLARS Wilfrid, « Philosophy and Scientific Image of Man », *Science, Perception and Reality*, Londres, Routledge and Kegan Paul, 1963, p. 1-40.
- [Seneta, 2000] SENETA Eugene, « The Early Years of the Variance-Gamma Process », dans M. C. Fu, R. A. Jarrow, *Advances in Mathematical Finance*, Boston, Birkhauser, 2000.
- [Servet *et al.*, 1998] SERVET *et al.* (dir.), *La modernité de Karl Polanyi*, Paris, L'Harmattan, 1998.
- [Servet, 2001] SERVET Jean-Michel, « le troc primitif, un mythe fondateur d'une approche économiste de la monnaie », *Revue numismatique*, 6^e série, t. 157, 2001.
- [Shafer, 1976] SHAFER Glenn, *A Mathematical Theory of Evidence*, Princeton University Press, 1976.

[Sharpe, 1963] SHARPE William F., « A simplified model for portfolio analysis », *Management Science*, vol. 9, n° 2, 1963, p. 277-293.

[Sharpe, 1964] SHARPE William F., « Capital asset prices: a theory of market equilibrium under condition of risk », *Journal of Finance*, vol. 19, 1964.

[Sharpe, 1978] SHARPE William F., *Investments*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, 1978.

[Shiller, 1981] SHILLER Robert J., « Do Stock Prices Move Too Much to Be Justified by Subsequent Changes in Dividends? », *American Economic Review*, vol. 71, n° 3, 1981, p. 421-435.

[Shiller, 2000] SHILLER Robert J., « Irrational. Exuberance », Princeton, *Princeton University Press*, 2000.

[Simiand, 1908] SIMIAND François, « Un système d'économie politique pure », 1908, dans *Critique sociologique de l'économie* (textes présentés par J.-C. Marcei et P. Steiner), Paris, PUF, coll. « Le lien social », 2006.

[Simon, 1957] SIMON Herbert, *Models of Man: Social and Rational. Mathematical Essays on Rational Behavior in a Social Setting*, New York, Wiley, 1957.

[Simon, 1982] SIMON Herbert A., *Models of bounded rationality*, Cambridge, MIT Press, 1982.

[Slutsky, 1927] SLUTSKY Eugen, « The Summation of Random Causes as a Source of Cyclic Processes », 1927, *Problems of Economic Conditions*, vol. 3, n° 1, 1937.

[Smirlock et Starks, 1986] SMIRLOCK M. et STARKS L., « Day of the week and intraday effects in stock returns », *Journal of Financial Economics*, n° 17, 1986, p. 197-201.

[Smith, 1776] SMITH Adam, *An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations (Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations)*, 1776, Oxford, Clarendon Press, 1976.

[Soler, 2009] SOLER Léna, *Introduction à l'épistémologie*, Paris, Ellipses, 2009.

[Solow, 1956] SOLOW Robert M. « A contribution to the Theory of Economic Growth », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, 1956, p. 65-94.

[Spinoza, 1677] SPINOZA Baruch, *Ethique*, 1677, Paris, Flammarion, coll. « GF/Œuvres », n° 57, 1993.

[Spinoza, 1677a] SPINOZA Baruch, *Éthique*, I prop. 29, 1677, texte établi et traduit par Charles Appuhn, Paris, Flammarion, 1965.

[Spinoza, 1677b] SPINOZA Baruch, *Éthique*, III (Préface), 1677, texte établi et traduit par Charles Appuhn, Paris, Flammarion, 1965.

[Spinoza, 1677c] SPINOZA Baruch, *Éthique*, I (Appendice), 1677, texte établi et traduit par Charles Appuhn, Paris, Flammarion, 1965.

[Spinoza, 1677d] SPINOZA Baruch, *Éthique*, IV (Appendice), 1677, texte établi et traduit par Charles Appuhn, Paris, Flammarion, 1965.

[Sprenkle, 1961] SPRENKLE Case M., « Warrant Prices as Indicators of Expectations and Preferences », *Yale Economics Essays*, vol. 1, n° 2, 1961, p. 178-231.

[Summers, 1986] SUMMERS Laurence H., « Does the Stock Market Rationally Reflect Fundamental Values? », *Journal of Finance*, vol. 41, n° 3, 1986, p. 591-601.

[Sussangkarn et Goldman, 1983] SUSSANGKARN Chal et GOLDMAN Steven M., « Dealing with envy », *Journal of Public Economics*, vol. 22, 1983, p. 103-112.

[Taleb, 2001] TALEB Nassim N., *Fooled by randomness*, New York, Random House, 2001.

[Taleb, 2007] TALEB Nassim N., *The Black Swan*, New York, Random House, 2007.

[Taleb, 2014] TALEB Nassim N. *et al.*, « The Precautionary Principle (with Application to the Genetic Modification of Organisms) », Extreme Risk Initiative – NYU School of Engineering *Working paper series*, 2014.

[Tassy, 2000] TASSY Pascal, *Le paléontologue et l'évolution*, Paris, Le Pommier, 2000.

[Taylor, 1986] TAYLOR Stephen J., *Modelling Financial Time Series*, Chichester, J. Wiley & Sons, 1986.

[Telser, 1858] TELSER Lester G., « Future Trading and the Storage of Cotton and Wheat », *Journal of Political Economy*, n° 45 (Juin), 1958, p. 233-255.

[Thom, 1982] THOM René, *Actes du colloque international de Cerisy-la-Salle*, 1982.

[Thomas d'Aquin, 1273] THOMAS D'AQUIN, *Somme Théologique*, 1273, Éditions du Cerf, 1986.

[Thomson, 1917] THOMPSON D'Arcy W., *Forme et croissance*, 1917, Paris, Seuil, 1994.

[Thorp et Kassouf, 1967] THORP Edward O. et KASSOUF Sheen T., *Beat the Market*, New York, Random House, 1967.

[Tirole, 1996] TIROLE Jean, « A Theory of Collective Reputations, with Applications to the Persistence of Corruption and to Firm Quality », *Review of Economic Studies*, vol. 63, n° 1, 1996, p. 1-22.

[Tirole, 2016] TIROLE Jean, *Économie du bien commun*, Paris, PUF, 2016.

[Tobin, 1958] TOBIN James, « Liquidity Preference as Behavior Towards Risk », *Review of Economic Studies*, vol. 25, n° 2, 1958, p. 65-86.

[Todorov, 2008] TODOROV Tzvetan, *La peur des barbares*, Paris, Robert Laffont, 2008.

- [Treyner, 1965] TREYNOR Jack L., « How to Rate Management of Investment Funds », *Harvard Business Review*, Jan.-Fév., 1965.
- [Turing, 1952] TURING Alan M., « The Chemical Basis of Morphogenesis », dans « Philosophical Transactions of the Royal Society of Londres », Series B, *Biological Sciences*, vol. 237, n° 641, 1952, p. 37-72.
- [Van de Velde, 2008] VAN DE VELDE Franck, « La place de la monnaie chez Keynes en réponse à quelques commentaires », *Cahiers d'Économie Politique*, n° 54, 2008, p. 183-189.
- [Van Fraassen, 1989] VAN FRAASSEN Bas, *Lois et symétrie*, 1989, traduction et présentation de Catherine Chevalley, Paris, Vrin, 1994.
- [Van Kampen, 1992] VAN KAMPEN Nicolaas G., *Stochastic Processes in Physics and Chemistry*, Amsterdam, Elsevier, 1992.
- [Varadhan, 2008] VARADHAN Srinivasa R. S., « Special invited paper: Large deviations », *The Annals of Probability*, vol. 36, n° 2, 2008, p. 397-419.
- [Varela, 1979] VARELA Francisco J., *Principles of Biological Autonomy*, North Holland, Elsevier, 1979.
- [Varela, 1989] VARELA Francisco J., *Autonomie et connaissance*, Paris, Seuil, 1989.
- [Varian, 1992] VARIAN Hal R., *Microeconomic analysis*, 3^e éd., New York, Norton, 1992.
- [Veblen, 1899] VEBLEN Thorstein, *Théorie de la classe de loisir*, 1899.
- [Vendryès, 1942] VENDRYES Pierre, *Vie et probabilité*, 1942, Paris, Albin Michel, 1946.
- [Vernes, 1988] VERNES Jean-René, « Probabilité et raison suffisante », *Revue de Métaphysique et de Morale*, 93^e année, n° 4, PUF, 1988, p. 513-528.
- [Voltaire, 1764] VOLTAIRE, *Dictionnaire philosophique*, 1764.
- [Volterra, 1928] VOLTERRA Vito, « Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living together », 1928, traduit par R. N. Chapman, *Animal Ecology*, New York, McGraw-Hill, 1931.
- [Von Foerster, 1960] VON FOERSTER Heinz, « On self-organizing systems and their environments », dans *Self-Organizing Systems*, Youits et Cameron (éds.), Pergamon, 1960.
- [Von Linné, 1751] VON LINNE Carl, *Philosophia Botanica*, 1^{re} éd., 1751.
- [Von Mises, 1949] VON MISES Ludwig, *L'Action humaine : Traité d'économie*, 1949, trad. Raoul Audouin, Paris, Presses Universitaires de France, 1985.
- [Von Mises, 1957] VON MISES Ludwig, *Probability, statistics and truth* (éd. révisée), New York, George Allen & Unwin, 1957.

[Von Neumann, 1951] VON NEUMANN John, « General and logical theory of automata », dans *Cerebral Mechanisms in Behavior*, The Hixon Symposium, ré-édité par A.-H. Taub, *Von Neumann's collected works*, vol. V, 1951, p. 288-328.

[Von Neumann *et al.*, 1959] VON NEUMANN *et al.*, « Le rôle d'Émile Borel dans la théorie des jeux », *Revue d'économie politique*, vol. 69, n° 2, 1959, p. 139-167.

[Von Neumann et Morgenstern, 1944] VON NEUMANN John et MORGENSTERN Oskar, *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton, Princeton University Press, 1944.

[Vuillemin, 1984] VUILLEMIN Jules, *Nécessité ou Contingence*, Paris, Éditions de Minuit, coll. « Le sens commun », 1984.

[Vulpiani *et al.*, 2014] VULPIANI Angelo *et al.* (éds), *Large Deviations*, Lecture Notes in Physics, n° 885, New York, Springer, 2014.

[Waddington, 1957] WADDINGTON Conrad, *The Strategy of the Genes*, Londres, George Allen & Unwin, 1957.

[Wald, 1934] WALD Abraham, « Über die eindeutige positive Lösbarkeit der neuen Produktionsgleichungen », *Ergebnisse*, vol. 6, 1934, p. 10-20.

[Walliser, 2000] WALLISER Bernard, *Économie Cognitive*, Paris, Éditions Odile Jacob, 2000.

[Walras, 1874] WALRAS Léon, « Principe d'une théorie mathématique de l'échange », *Journal des économistes*, t. 34, Paris, Guillaumin, 1874, p. 5-22.

[Walras, 1874] WALRAS Léon, *Éléments d'économie pure ou théorie de la richesse sociale*, 1874, Paris, Librairie générale de Droit et de Jurisprudence, 1976.

[Walter, 1996] WALTER Christian, « Une histoire du concept d'efficience sur les marchés financiers », *Annales, Histoire Sciences Sociales*, vol. 51, 1996, p. 873-905.

[Walter, 1999] WALTER Christian, « Aux origines de la mesure de performance des fonds d'investissement (Les travaux d'Alfred Cowles) », *Histoire & Mesure*, Paris, CNRS éditions, XIV-1/2, 1999, p. 163-197.

[Walter, 2001] WALTER Christian, « Searching for scaling laws in distributional properties of price variations: a review over 40 years », *Colloquium Report – International Actuarial Association*, Toronto, 2001.

[Walter, 2002] WALTER Christian, « Le phénomène leptokurtique sur les marchés financiers », *Finance*, vol. 23, n° 2, 2002, p. 15-68.

[Walter, 2006] WALTER Christian, « Les Martingales sur les marchés financiers, une convention stochastique ? », *Revue de synthèse*, t. 127, n° 2, 2006, p. 379-391.

[Walter, 2013] WALTER Christian, *Le modèle de marche au hasard en finance*, Paris, Economica, 2013.

[Watzlawick, 1976] WATZLAWICK Paul, *La réalité de la réalité*, Paris, Points Essais, 1976.

[Weron, 2005] WERON Rafael, « Heavy tails and electricity prices » (communication), *The Deutsche Bundesbank's 2005 Annual Fall Conference*, Eltville, 10-12 Novembre 2005.

[Wertheim et Roose, 2017] WERTHEIM Kenneth Y. et ROOSE Tiina, « A Mathematical Model of Lymphangiogenesis in a Zebrafish Embryo », *Bulletin of Mathematical Biology*, vol. 79, n° 4, 2017, p. 693-737.

[West-Eberhard, 2003] WEST-EBERHARD Mary Jane, *Developmental plasticity and Evolution*, New York, Oxford University Press, 2003.

[West-Eberhard, 2005] WEST-EBERHARD Mary Jane, « Developmental plasticity and the origin of species differencies », *PNAS*, vol. 102, suppl. 1, 2005, p. 6543-6549.

[Whaley, 2006] WHALEY Robert E., *Derivatives: Markets, Valuation, and Risk Management*, John Wiley & Sons, 2006.

[Wiener, 1923] WIENER Norbert, « Differential-Space », *Journal of Mathematics and Physics*, vol. 2, n° 1-4, 1923, p. 131-174.

[Wiener, 1947] WIENER Norbert, *Cybernétique et société l'usage humain des êtres humains*, 1947, trad. de l'anglais par Pierre-Yves Mistoulon, Paris, Éditions du Seuil, coll. « Points / Sciences », n° 216, 2014.

[Williams, 1938] WILLIAMS John Burr, *The Theory of Investment Value*, Cambridge, Harvard University Press, 1938.

[Williamson, 1975] WILLIAMSON Oliver, *Markets and Hierarchies*, New York, Free Press, 1975.

[Williamson, 1986] WILLIAMSON Oliver, « Transaction-cost economics: The governance of contractual relations », dans J. Barney et W. Ouchi (éds.), *Organizational economics*, San Francisco, Jossey-Basse, 1986, p. 98-129.

[Walras, 1874] WALRAS Léon, *Éléments d'économie pure ou théorie de la richesse sociale*, 1874, Paris, Librairie générale de Droit et de Jurisprudence, 1976.

[Watts et Strogatz, 1998] WATTS Duncan J. and STROGATZ Steven H., « Collective dynamics of "small-world" networks », *Nature*, vol. 393, n° 6684, 1998, p. 440-442.

[Witt, 2009] WITT Ulrich, « Novelty and the Bounds of Unknowledge in Economics », *Journal of Economic Methodology*, vol. 16, n° 4, p. 361-375.

[Wolfram, 1984], WOLFRAM Stephen, « Universality and Complexity in Cellular Automata », *Physica D*, n° 10, 1984, p. 1-35.

[Woodford, 1986] WOODFORD Michael, « Stationary Sunspot Equilibria in a Finance Constrained Economy », *Journal of Economic Theory*, vol. 40, n° 1, 1986, p. 128-137.

[Woodford, 1990] WOODFORD Michael, « Public Debt as Private Liquidity », *American Economic Review*, vol. 80, n° 2, 1990, p. 382-388.

[Working, 1934] WORKING Holbrook, « A Random Difference Series for Use in the Analysis of Time Series », *Journal of The American Statistical Association*, vol. 29 (Mars), 1934, p. 11-24.

[Žižek, 2003] ŽIZEK Slavoj, « Fétichisme et subjectivation interpassive », *Actuel Marx*, n° 34, 2003, p. 99-109.

BIBLIOGRAPHIE COMPLÉMENTAIRE (AUTRES OUVRAGES CITÉS OU CONSULTÉS)

ALAIN, *Éléments de philosophie*, Paris, Gallimard, 1941.

ALTHUSSER Louis, *Pour Marx*, 1965, Paris, La Découverte, 1996.

AMATO Joseph A., « Then, and Then Again. », *Historically Speaking*, vol. 12, n° 5, 2011, p. 27-28.

ARISTOTE, *La Métaphysique*, éd. traduite et commentée par J. Tricot, Paris, Vrin, coll. « Bibliothèque des textes philosophiques », 1933.

ARISTOTE, *Seconds Analytiques*, édition traduite et établie par J. Tricot, Paris, Vrin, 1970.

ARMATTE Michel, « La notion de modèle dans les sciences sociales : anciennes et nouvelles significations », *Mathématiques et sciences humaines*, vol. 172, 2005.

BAILLY Francis, « L'anneau des disciplines », *Revue Internationale de Systémique*, vol. 5, n° 3, 1991.

BAUTAIN Louis, *Manuel de philosophie morale*, Paris, Librairie de L. Hachette, 1866.

BERGE Pierre, POMEAU Yves, DUBOIS-GANCE Monique, *Des rythmes au chaos*, Paris, Odile Jacob, 1994.

BERGSON Henri, « La conscience et la vie », *Conférence Huxley*, 1911, dans *L'énergie spirituelle*, 1919.

BERNARD Claude, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, 1865.

BERTRAND Joseph, *Calcul des probabilités*, Paris, 1888.

BODIE Zvi, MERTON Robert C. et CLEETON David L., *Financial economics*, New Jersey, Prentice Hall, 2^e éd., 2009.

BOREL Émile, « Les probabilités dénombrables et leurs applications arithmétiques », *Rendiconti del Circolo Mat. Di Palermo*, vol. 27, 1909, p. 247-270.

BORGES José Luis, « La loterie de Babylone », dans *Fictions*, Paris, Gallimard, 1957.

BOULEAU Nicolas, « Économie des risques : les limites de la mathématisation. La science au présent », 2010, *Encyclopaedia universalis*, 2011, p. 169-174

BOYER Jean-Daniel, « Adam Smith Problem ou problème des sciences sociales ? Détour par l'anthropologie d'Adam Smith », *Revue Française de Socio-Économie*, vol. 3, n° 1, 2009, p. 37-53.

BROGLIE (DE) Louis, *Continu et discontinu en physique moderne*, Paris, Albin Michel, 1941

- BROGLIE (DE) Louis, *L'avenir de la physique dans l'avenir de la science*, Paris, Plon, coll. « Présences », 1941.
- BRUNOLD Charles et JACOB Jean, *De Montaigne à Louis de Broglie*, Paris, Librairie Classique Eugène Belin, 1965.
- CARNAP Rudolf, *Physikalische Begriffsbildung*, Karlsruhe, Braun, 1926.
- CHAITIN Gregory J., « On the length of programs for computing finite binary sequences », *Journal of the Association for Computing Machinery*, vol. 13, 1966, p. 547-569.
- CIALDINI Robert, *Influence et manipulation*, Paris, First Éditions, 2004.
- COMTE Auguste, *Discours sur l'ensemble du positivisme*, Paris, 1848.
- COURNOT Antoine A., *Recherches sur les principes mathématiques de la théorie des richesses*, 1838.
- CUVIER Georges, « Mémoire sur les Céphalopodes et sur leur anatomie », dans *Mémoire pour servir à l'histoire et à l'anatomie des Mollusques*, Paris, Déterville (éd.), 1817.
- D'ANGELO Eugenio et GRIMALDI Giulio, « The Effectiveness of the Elliott Waves Theory to Forecast Financial Markets: Evidence from the Currency Market », *International Business Research*, vol. 10, n° 6, 2017.
- D'HOLBACH Paul Thiry, *Système de la nature*, 1770.
- DELEUZE Gilles, *Deuxième leçon sur Kant*, Paris, 1978.
- DIDEROT Denis, *Jacques le Fataliste et son maître*, 1796.
- DU SAUTOY Marcus, *Ce que nous ne saurons jamais*, Paris, Héloïse d'Ormesson, 2017.
- DUMONT Jean-Paul., *Les Présocratiques*, Paris, Gallimard, 1988.
- DUMOUCHEL Paul et DUPUY Jean-Pierre., *L'enfer des choses. René Girard et la logique de l'économie*, Paris, Seuil, 1979
- EL KAROUI Nicole et GOBET Emmanuel, *Les outils stochastiques des marchés financiers*, Paris, Éditions de l'École Polytechnique, 2011.
- GARAPON Antoine et LASSEGUE Jean, « Les fonctions de la vie. Les promesses de l'anthropologie de Marcel Hénaff », *Esprit*, n° 465, Juin 2020, p. 61-72.
- GENEAU DE LAMARLIERE Isabelle et STASZAK Jean-François, *Principes de géographie économique*, Paris, Bréal, coll. « Grand Amphi Géographie », 2000.
- GUERRIEN Bernard et GUN Ozgur, « Efficient Market Hypothesis: What are we talking about? », *Real-world economics review*, n° 56, 2011.
- HAWKINS Thomas, *The Lebesgue's Theory of Integration*, Madison, University of Wisconsin Press, 1970.

- HULL John C., *Options, Futures, and Other Derivatives*, 1999, New Jersey, Prentice Hall, 8^e éd., 2011.
- HUYGENS Christiaan, *Du raisonnement dans le jeu de dés*, 1657.
- JAQUILLAT Bertrand et SOLNIK Bruno, *Marchés financiers. Gestion de portefeuille et des risques*, Paris, Dunod, 1997.
- JEFFERS Esther et POLLIN Jean-Paul, « Déréglementation bancaire des années 1980 et crise financière », *Revue d'économie financière*, vol. 105, n° 1, 2012, p. 103–112.
- JEVONS William S., *The theory of Political Economy*, 1871.
- KANT Emmanuel, *Critique de la raison pratique*, 1788.
- KLEIN Naomie, *No Logo : La tyrannie des marques*, Arles, Actes Sud, coll. « Babel », 2002.
- LAPLACE (DE) Pierre-Simon, *Théorie analytique des probabilités*, 1812.
- LE COURTOIS Olivier et WALTER Christian, *Risques financiers extrêmes et allocation d'actifs*, Paris, Economica, 2012.
- LEFEBVRE Georges, *La Grande Peur de 1789*, Paris, Armand Colin, 1932.
- LEGAY Jean-Marie, *L'expérience et le modèle. Un discours sur la méthode*, Paris, Inra Éditions, 1997.
- LEVY Paul, *Revue philosophique*, n° 3, 1982
- LI Tien-Yien et YORKE James A., « Period three implies chaos », *The American Mathematical Monthly*, vol. 82, 1975, p. 985-992.
- LYOTARD Jean-François, *La condition postmoderne*, Paris, Éditions de Minuit, 1979.
- MANENT Pierre, *Histoire intellectuelle du libéralisme*, Paris, Hachette, 1987.
- MARX Karl, *Le 18 Brumaire de Louis Bonaparte*, 1852.
- MARX Karl et Engels Friedrich, *Manifeste du Parti communiste*, 1848, trad. Corinne Lyotard, Paris, Librairie générale française, coll. « Le Livre de poche, Les Classiques de la Philosophie », 2004 (1^{re} éd. Septembre 1973).
- MAURRAS Charles, *Mes idées politiques*, Paris, A. Fayard & Cie, 1937.
- MAYER Jürgen, KHAIRY Khaled et HOWARD Jonathon, « Drawing an elephant with four complex parameters », *American Journal of Physics*, vol. 78, n° 6, 2010.
- MEUSNIER Norbert, « Sur l'histoire de l'enseignement des probabilités et des statistiques », *Journal électronique d'histoire des probabilités et de la statistique*, vol. 2, n° 2, 2006.
- MILL John Stuart, *System of Logic*, 1843, dans *The Collected Works of John Stuart Mill*, édité par John M. Robson, Londres, Routledge, vol. VII, 1963-91.

- MONTESQUIEU (DE) Charles, *De l'esprit des lois*, 1748.
- NEWTON Isaac, *Philosophiæ naturalis principia mathematica*, Londres, 1686.
- PASCAL Blaise, *Œuvres complètes*, texte établi, présenté et annoté par Michel Le Guern, Paris, Gallimard, coll. « La Pléiade », 1998.
- PEIRCE Charles Sanders, *Nomenclature and Divisions of Triadic relations as far as they are determined*, 1903.
- PLATON, « Le Sophiste », dans *Œuvres complètes*, Paris, Éditions Flammarion, 2008.
- POINSOT Louis, *Éléments de statique*, 1803, 8^e éd., Paris, Bachelier, 1842.
- PONCET Patrice et PORTAIT Roland, « La théorie moderne du portefeuille : théorie et applications », dans *MBA Finance*, 1^{re} éd., Paris, Eyrolles, 2010, p. 809-841.
- POPPER Karl R., *Post-scriptum à la logique de la découverte scientifique, Le réalisme et la science*, 1956, trad. d'A. Boyer et D. Andler, Paris, Hermann, 1982.
- PRIGOGINE Ilya (ouvrage collectif), *Lettres aux générations futures*, 1999.
- RAZBOROV Alexander A. et RUDICH Stephen, « Natural proofs », *Journal of Computer and System Sciences*, n° 55, 1993, p. 24-35.
- ROBBINS Lionel, *An Essay on the Nature and Significance of Economic Science*, Londres, Macmillan, 1932.
- RUBIN Goulven, « Monnaie, chômage et capitalisme » (recension de l'ouvrage de F. Van de Velde), *Cahiers d'Économie Politique*, n° 52, juin 2007.
- RUGGIU Luigi., *Introductive Essay to Aristotle's Physics in Aristotle*, Milan, Rusconi, 1995.
- SARTRE Jean-Paul, « Une idée fondamentale de la phénoménologie de Husserl : l'intentionnalité », dans *Situations I*, Essais critiques, Paris, Gallimard, 1939, p. 27-32.
- SELTEN Reinhard, « Reexamination of the Perfectness Concept for Equilibrium Points in Extensive Games », *International Journal of Game Theory*, vol. 4, n° 1, 1975, p. 25-55.
- SERVET *et al.* (dir.), *La modernité de Karl Polanyi*, Paris, L'Harmattan, 1998.
- SOLOMONOV Ray, « A formal theory of inductive inference », *Inf. Contr.*, vol. 7, 1964.
- TINBERGEN Jan, *Les fondements mathématiques de la stabilisation du mouvement des affaires*, exposés publiés sous la direction de G. Lutfalla, Paris, Hermann, 1938.
- TOCQUEVILLE (DE) Alexis, *De la démocratie en Amérique*, Paris, Pagnerre, 1848.
- VAN DE VELDE Franck, *Monnaie, chômage et capitalisme*, Lille, Presses Universitaires du Septentrion, 2005
- VEBLEN Thorstein, « Why Is Economics Not an Evolutionary Science? », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 12. 1898.

VON FOERSTER Heinz, Allocution au Congrès de l'*American Society for Cybernetics*, 1971.

WALRAS Léon, *Théorie de la Monnaie*, 1886.

WALRAS Léon, *Notice autobiographique*, 1893.

WALRAS Léon, « Œuvres diverses », dans *Auguste et Léon Walras, œuvres économiques complètes*, Vol XIII, éd. Par P. Dockès, C. Mouchotet et J.-P. Potier, Paris, Economica, 2000.

WALTER Christian, « La spéculation boursière dans un monde non gaussien », dans M. Drach (éd.), *L'argent*. La Découverte, 2004, p. 147-165.

WALTER Christian, « Le virus brownien et les nouveaux enjeux de l'éthique financière », dans A. Bénassy-Quéré (éd.), *Éthique et crise financière*, L'Harmattan, 2009, p. 57-86.

WITTGENSTEIN Ludwig, *Tractatus logico-philosophicus*, Paris, Gallimard, 2001.

ZINN-JUSTIN Jean, *Transitions de phase et groupe de renormalisation*, Paris, EDP Sciences, coll. « Savoirs Actuels », 2005.

ADDENDUM – DÉFINITIONS TECHNIQUES

Le présent addendum propose diverses définitions simplifiées de manière à permettre au lecteur non expert de saisir la portée philosophique des objets et concepts techniques manipulés. Les traductions anglaises d'usage sont mentionnées en italique.

Appel de marge (*Margin Call*)

Un appel de marge est un montant payable à échéance régulière (généralement quotidienne) par le débiteur d'une opération financière au créateur, afin de compenser le risque de crédit (risque de contrepartie) lié à son propre défaut potentiel avant l'échéance. *Voir « Collatéralisation ».*

Arbitrage de portage (*Cash and Carry arbitrage*)

Désigne l'opération d'arbitrage physique de la relation ($F=S.e^{r.T}$) liant prix comptant (*Spot price S*) et prix à terme (*Future price F*). Elle consiste à réaliser simultanément l'acquisition d'une certaine quantité d'actif au comptant et de vendre la même quantité de cet actif *via* un contrat à terme. L'opération inverse (achat d'un actif à terme et vente au comptant) est appelée « arbitrage de portage inverse » (*Reverse Cash and Carry*).

Bêta de marché

Le *Bêta* est une mesure de la volatilité d'un actif (ou d'un portefeuille d'actif) envisagée par rapport à celle du marché tout entier (généralement représenté par un ou plusieurs indices de référence), dans le cadre du MEDAF. Il se calcule comme le ratio entre la covariance des rendements de l'actif considéré et ceux du marché, et la variance de l'actif. Cet indicateur est généralement utilisé pour envisager le niveau *d'adjonction* de risque d'un titre particulier à un portefeuille constitué.

Buy-back (rachat)

Opération par laquelle l'émetteur d'une action (généralement une entreprise cotée) rachète toutes ou une partie de ses propres actions, notamment afin de limiter la dilution de son actionnariat, généralement en vue d'accroître son contrôle managérial. Une telle opération peut aussi avoir pour objet de *soutenir* son cours de bourse.

Carnet d'ordres

Le carnet d'ordre d'une place de marché correspond à l'inscription des ordres d'achat et de vente d'une marchandise. Il se matérialise sous la forme d'un tableau à deux colonnes indiquant la date

précise de l'ordre, la quantité souhaitée et le prix proposé. Ces informations sont classées (à chaque instant le prix de vente le plus faible est mis en regard du prix d'achat le plus élevé) et généralement actualisées à haute fréquence. Certains ordres peuvent être supprimés – auquel cas ils deviennent caducs – ou en partie masqués et programmés pour être placés selon des configurations de marchés particulières.

CFD (*Contract For Difference*)

Un CFD est un produit d'indexation présentant généralement un effet de levier, traité sur la valeur différentielle entre le prix courant de l'actif sous-jacent et son prix d'achat. Il s'agit d'un instrument non listé mais négocié de gré-à-gré, nécessitant de ce fait des appels de marge.

Chartisme

Méthode (également nommée « analyse technique ») consistant à étudier les propriétés graphiques des chroniques de prix pour anticiper les évolutions de cours. Cette approche considère que les prix ne suivent pas une marche aléatoire mais sont conditionnés par leur évolution passée. Dans cette optique les motifs apparents de leurs chroniques fournissent des indications quant à leur déploiement futur.

Collatéralisation (nantissement)

La collatéralisation est une opération visant à réduire le risque de crédit de la partie créditrice (en *Mark-to-Market*) vis-à-vis de la partie débitrice d'une transaction. Elle consiste à déposer à échéance régulière (généralement quotidienne) la valeur à risque sur un compte dédié. Chaque ajustement de cette valeur est désigné sous le terme « appel de marge ». Voir « *Appel de marge* ».

Compensation (*clearing*)

Opération consistant à agréger les opérations (de débit et de crédit) réalisées entre plusieurs acteurs financiers en vue d'en réaliser l'appariement et la liquidation croisée (*netting*).

Concurrence Pure et Parfaite (CPP)

Ensemble des hypothèses relatives à la structure du marché, c'est-à-dire à ce qui régit les comportements des agents économiques et leurs interactions dans le cadre de la modélisation néo-classique : l'offre et la demande sont « atomiques⁸⁷⁴ » et les agents subissent les prix (ils en sont

⁸⁷⁴ Ce qui signifie que le seul lien entre acheteurs et vendeurs est de nature économique, médié par le prix, les agents n'ayant en outre pas de vision stratégique du monde.

uniquement « preneurs ») ; le marché est parfaitement informatif ; les produits sont homogènes et les échanges ne sont pas entravés.

Contrat à terme (*Future* ou *Forward*)

Engagement d'achat ou de vente à une date future (dite « date de maturité » ou « date d'échéance ») d'un actif à un prix défini au moment de la transaction.

Contrat d'échange d'actifs (*Asset Swaps*)

Un contrat d'échange d'actifs, comme son nom l'indique, ne consiste pas en l'échange prédéterminé d'un ou de plusieurs flux d'actifs contre un ou plusieurs flux de monnaie, mais contre un ou plusieurs flux d'un autre actif financier non monétaire (par exemple : à échéance fixe un investisseur A échangera une quantité q_A de pétrole contre une quantité q_B d'obligations d'état fournie par un investisseur B).

CRR – (modèle)

Aussi appelé « méthode binomiale », le modèle de Cox, Ross et Rubinstein [1979] permet d'évaluer numériquement la valeur d'une option en temps discret à partir de l'évolution itérée du prix de son sous-jacent. Elle converge vers la formule analytique de Black et Scholes.

Dérivé

Qualifie un instrument financier dont la valeur est une fonction (linéaire ou non) de l'évolution d'un paramètre sous-jacent : la plupart du temps il s'agit du prix d'un actif.

DFA (*Dodd-Frank Act*)

La loi Dodd-Frank promulguée en 2010 vise à réglementer le secteur financier après la crise de 2008. Elle a pour objectif d'assurer « [...] la stabilité financière des États-Unis en améliorant la responsabilisation et la transparence au sein du système financier, en vue de mettre fin au phénomène de *too big to fail*, de protéger le contribuable américain, de ne plus recourir à des opérations de sauvetages financiers (*ending bailouts*), [et] de protéger le consommateur des pratiques de services financiers abusives⁸⁷⁵ ».

⁸⁷⁵ Traduction personnelle du titre complet de la loi.

EMIR (*European Market Infrastructure Regulation*)

Règlement de l'Union européenne datant de 2012 traitant notamment de la supervision des transactions sur produits dérivés négociées de gré-à-gré et de leur compensation afin d'accroître le niveau de stabilité du système financier, après la crise de 2008. Il partage en ce sens des objectifs communs avec la loi Dodd-Frank.

FRTB (*Fundamental Review of the Trading Book*)

Ensemble de propositions émanant du Comité de Bâle en vue d'établir un nouveau régime prudentiel lié à l'évaluation des risques de marché supportés par les établissements bancaires. Ses principales mesures portent sur la différenciation entre Portefeuille de Trading (*Trading Book*) et Portefeuille Bancaire (*Banking Book*), le remplacement de la Valeur-à-Risque par la métrique d'Insuffisance Attendue, et par une meilleure prise en compte du risque de liquidité.

Glissement d'exécution (*Slippage*)

Désigne l'écart entre le prix final d'un passage d'ordre entièrement réalisé et celui, théorique, qu'une exécution totale à la première limite aurait permis d'obtenir.

Grecques (lettres)

Sensibilité du prix d'un instrument dérivé ou d'un portefeuille à la variation d'un paramètre donné relatif aux actifs sous-jacents : prix comptants, volatilité, etc. On distingue les Grecques de premier ordre (p. ex. *Delta*, *Vega*), des Grecques de deuxième ordre calculées comme dérivées partielles de degré deux (p. ex. respectivement *Gamma*, *Vomma*) ou comme dérivées partielles croisées (*Vanna*⁸⁷⁶).

Insuffisance Attendue (*Expected Shortfall*)

Métrique quantifiant la perte attendue, en espérance, sur un horizon de temps T d'un portefeuille dont la valeur se serait dégradée au-delà de sa Valeur-à-Risque.

Kula et Potlatch⁸⁷⁷

« Le *potlatch* [...] est un système d'échange de dons [et de contre-dons] plus particulièrement étudié dans des sociétés indiennes de la côte nord-ouest américaine, notamment par Franz Boas, où il avait pris une forme exacerbée. [...] On retrouve l'échange de dons dans un très grand

⁸⁷⁶ Sensibilité de la valeur d'un portefeuille à l'évolution conjointe du prix des actifs sous-jacents et de leur volatilité. On notera le caractère abusif de l'emploi du terme, la plupart de termes employés ne correspondant pas réellement à des lettres de l'alphabet grec.

⁸⁷⁷ Isabelle GENEAU DE LAMARLIERE et Jean-François STASZAK, *Principes de géographie économique*, Paris, Bréal, coll. « Grand Amphi Géographie », 2000. Citations page 225.

nombre de sociétés archaïques, mais l'émulation y est en général plus modérée. Les contractants y rivalisent simplement de cadeaux. »

« La *kula* est un autre système de réciprocité archaïque, rendu célèbre par le travail de Bronislaw Malinowski. Le terme *kula* signifie « cercle ». Des sortes de cercles d'échanges relient en effet des partenaires disséminés dans un nombre considérable d'îles et de régions de la Mélanésie ».

LCR et NSFR (Ratio de Liquidité à Court Terme et Ratio Structurel à Long Terme)

Ratios réglementaires établis dans le cadre des règles de Bâle III afin de permettre la quantification de la capacité des établissements de crédit à assurer leur liquidité à court et moyen termes.

MEDAF (Modèle d'Évaluation...)

Cf. Théorie du portefeuille.

Modèle GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity)

Modèle économétrique permettant la description de processus stochastiques dont la variance du terme d'erreur est une fonction de ses réalisations passées.

Option d'achat (*call option*) et Option de vente (*put option*)

Une option d'achat (respectivement de vente) confère à son acheteur le droit (et non l'obligation) d'acquérir (resp. de vendre) un actif à une date future et à un prix donné (*Strike*). En contrepartie de cet avantage, une prime doit être versée à l'initiation de l'opération. Le montant de cette prime peut être calculé analytiquement grâce à la formule de Black et Scholes, numériquement par l'approche CRR ou atteint par une simulation de type Monte Carlo.

Option binaire ou à barrière (*Digital* ou *Binary Option*)

Option permettant à son acquéreur – en échange d'une prime versée à l'initiation de la transaction – de se voir payer un montant prédéfini au cas où la valeur de l'actif sous-jacent excède un prix pivot (*Strike*). Autrement, rien ne lui est versé et la prime ne peut être récupérée.

Première limite

Dans un carnet d'ordre, à un instant donné, désigne l'offre la plus basse et le prix d'achat le plus élevé, chacun pour une quantité donnée.

Prime d'option

Terme synonyme de prix d'une option. C'est le montant payé à l'initiation d'une transaction par l'acheteur d'une option à son vendeur. Sa formule est analytiquement calculable au moyen de la formule de Black et Scholes pour des options « vanilles » (options « simples ») d'achat et de vente concernant les marchés d'actions.

Ratio *Price-to-book-value*

Ratio (calculé comme le rapport de la valeur comptable des actifs au bilan d'une entreprise et de sa valeur boursière) permettant de quantifier le niveau de valorisation d'un titre.

Ratio de dividende (*Dividend Ratio*)

Grandeur quantifiant la part du revenu net annuel d'une entreprise redistribuée sous forme de dividendes.

Ratio de levier (*Leverage ratio*)

Au sens du Comité de Bâle, cet indicateur correspond au montant des fonds propres de base ramené au total des actifs d'une entreprise.

Règlement-livraison (*Delivery vs. Payment*)

Mode de règlement d'une transaction financière prévoyant la livraison simultanée d'un titre contre un paiement monétaire.

Réplication

Ensemble des méthodes de couverture d'un produit financier obtenues par décomposition de son risque en éléments simples (dits « facteurs de risque »).

Stock-split

Opération consistant pour une entreprise cotée à diviser chacune de ses actions émises en plusieurs nouvelles actions, la valeur globale du capital restant identique (du fait de la division de la valeur unitaire), mais la liquidité globale du titre concerné s'accroissant *de facto*.

Supervision prudentielle

Dispositifs déployés par les autorités de supervision bancaire⁸⁷⁸ dans l'optique d'assurer la stabilité du système financier. Il s'agit notamment d'exigences en fonds propres, de limitation des grands risques, d'encadrement des contraintes de liquidité, et de principes de saine gouvernance.

Taux d'actualisation

Taux d'intérêt auquel les flux financiers futurs d'une entreprise peuvent être discomptés. Il dépend notamment du risque que présente l'activité de l'entreprise.

Théorie Moderne du Portefeuille

« La théorie moderne du portefeuille est née en 1952 avec la publication de l'article fondateur de Harry Markowitz. En partant du postulat que le risque d'un portefeuille peut être correctement mesuré par la variance de sa rentabilité, Markowitz explicite et formalise le dilemme fondamental de la finance moderne : obtenir une rentabilité faible mais certaine, ou accepter de prendre un risque dans l'espoir d'accroître cette rentabilité, l'espérance de rentabilité étant d'autant plus élevée que le risque est important. Il formalise et quantifie également l'effet de diversification selon lequel une combinaison judicieuse de nombreux actifs dans un portefeuille permet de réduire le risque total subi pour un taux de rentabilité espérée donné. [...] Une dizaine d'années après les travaux de Markowitz et sur les bases de ces derniers, Sharpe, Lintner et Mossin développèrent un modèle (le modèle d'équilibre des actifs financiers ou MEDAF) qui aboutit, sous certaines hypothèses, à la rentabilité espérée d'équilibre d'un titre quelconque.⁸⁷⁹ »

Transfert de Risque Alternatif (*Alternative Risk Transfer, ART*)

Cette méthode particulière de couverture consiste à se défaire d'un facteur de risque d'ordre élevé (p. ex. le *Vomma*⁸⁸⁰) ou présentant une faible liquidité (p. ex. : corrélation) par le biais d'un produit financier spéculatif généralement commercialisé à un investisseur averti souhaitant prendre une position directionnelle où – dans de rares cas – couvrir lui-même une position contravariante de ce même risque.

Valeur-à- Risque (*Value-at-Risk, VaR*)

La Valeur-à-Risque d'un portefeuille quantifie la perte potentielle maximale relative à un niveau de confiance donné, sur une période T (par exemple : une VaR à 99 % à 100 jours correspond à

⁸⁷⁸ Et plus généralement à de nombreux intervenants de marchés.

⁸⁷⁹ Patrice PONCET et Roland PORTAIT, « La théorie moderne du portefeuille : théorie et applications », dans *MBA Finance*, 1^{re} éd., Paris, Eyrolles, 2010, p. 809-841.

⁸⁸⁰ Cf. entrée « *Vomma* » de l'Addendum.

la plus petite perte parmi les 1 % de dégradation de valeur les plus importantes observées pendant 100 jours). Elle est donc aveugle à ce qu'il se passe au-delà du quantile considéré. C'est pourquoi elle a été complétée par l'Insuffisance Attendue.

Vente à découvert (*Short selling*)

Opération consistant à emprunter un actif pour pouvoir le revendre en anticipant une baisse de son cours (et donc un prix d'acquisition futur plus bas) au moment de son remboursement.

RÉSUMÉ

Sur la base de la transposition de résultats théoriques *négatifs* en biologie relatifs à la question de la prédictibilité au sein de systèmes « en crise », nous nous interrogerons quant aux caractéristiques de l'aléatoire en jeu et nous questionnerons ses modes de traitement techniques par les mathématiques financières (modélisation d'événements rares mais structurants) et cognitifs par les agents économiques (cristallisation de formes symboliques). Plus généralement, nous étudierons les interactions inter-agentielles qui se produisent en leur sein par le truchement double de la monnaie et du marché, de manière à établir une véritable ontologie du prix comme transcription pragmatique du monde. Eminemment transdisciplinaire, notre démarche relève d'une volonté farouche de faire dialoguer sciences dures et sciences humaines, *praxis* et *poïésis*, dans un va-et-vient incessant et nécessaire. *In fine* notre programme de recherche se veut être celui d'une épistémologie fondamentalement ouverte.

MOTS CLÉS

Crises ; Systèmes complexes ; Transition critique étendue ; Épistémologie ; Hasard ; Imprédictibilité ; Orthodoxie méthodologique ; Valeur économique ; Seconde Grande Transformation.

ABSTRACT

Based on the translation of *negative* theoretical results in biology with regard to predictability within systems “in crisis”, we will question the characteristics of the randomness at stake, as well as the way financial mathematics technical methods (modelling of rare but decisive events) and economic agents cognitive responses (symbolic form crystallization) deal with it. More generally, we will look at interactions between economic agents through money and markets so as to establish a real ontology of the price considered as a pragmatic transcription of the world. Our approach, which is essentially transdisciplinary, is based on a fierce desire to engage in a dialog between the hard sciences and the humanities, the *praxis* and the *poiesis*, in a constant and necessary back and forth. Ultimately, our research program aims at adopting a fundamentally open epistemology.

KEYWORDS

Crises; Complex systems; Extended critical transition; Epistemology; Randomness; Unpredictability; Methodological orthodoxy; Economic value; Second Great Transformation.

