



HAL
open science

De l'harmonie au chaos : émergence dans la musique de Gérard Pape

Lissa Meridan

► **To cite this version:**

Lissa Meridan. De l'harmonie au chaos : émergence dans la musique de Gérard Pape. Musique, musicologie et arts de la scène. Université Michel de Montaigne - Bordeaux III, 2019. Français. NNT : 2019BOR30055 . tel-03081474

HAL Id: tel-03081474

<https://theses.hal.science/tel-03081474v1>

Submitted on 18 Dec 2020

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.

Université Bordeaux Montaigne

École Doctorale Montaigne Humanités (ED 480)

THÈSE DE DOCTORAT EN ARTS

De l'harmonie au chaos

Émergence dans la musique de Gérard Pape

Présentée et soutenue publiquement le 19 décembre 2019 par

Lissa MERIDAN

Sous la direction de Marie-Bernadette DUFOURCET

Membres du jury

Myriam DESAINTE-CATHERINE, Professeur, Université de Bordeaux.

Martin LALIBERTÉ, Professeur, Université de Paris-Est Marne-la-Vallée (rapporteur).

Marie-Bernadette DUFOURCET, Professeur, Université de Bordeaux Montaigne.

Pascal PISTONE, Maître de conférences, Université de Bordeaux Montaigne.

Nicolas DARBON, Maître de conférences HDR, Aix-Marseille Université (rapporteur).

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

Ludwig von Bertalanffy, 1967

Remerciements

Je tiens ici à remercier en premier lieu ma directrice de thèse Marie-Bernadette Dufourcet, professeur à l'Université de Bordeaux Montaigne, pour ses encouragements et ses conseils avisés au cours de ces dernières années. Elle a su, de plus, me faire partager sa passion de la musicologie lors de ses classes et de ses colloques.

Je suis également très reconnaissante à Pascal Pistone, Maître de Conférences, membre de mon comité de thèse, pour son expertise et pour la qualité de son accompagnement. Ses conseils pertinents m'ont permis de mieux cerner et d'affiner mon sujet d'étude.

Je souhaite exprimer aussi tous mes remerciements aux autres membres du comité de thèse : Pierre Beylot, professeur et directeur adjoint de l'UFR Humanités ainsi que Marie-Cécile Barras, professeur à l'Université de Bordeaux. Leurs encouragements et leur écoute m'ont été précieux dans l'évolution de mon travail.

Je remercie David Clarke, PhD d'entomologie de l'Université de Chicago Illinois, pour ses remarques pertinentes sur mes travaux de thèse.

Un grand merci à mes parents, qui ont toujours été pour moi une source d'encouragement sans limite. Ils m'ont apporté tout leur soutien en dépit de l'immense distance qui nous sépare ces dernières années.

Je remercie également mes beaux-parents Michèle et Jean-Louis Bouloux, ainsi que Marie-Béatrice et Martial Colin pour leur aide précieuse, surtout sur le plan pratique, sans laquelle ce travail aurait été impossible.

Je désire en outre grandement remercier mon amie M.C.E. Dedde-Mauderine, pour son accompagnement linguistique qui m'a incité à mieux préciser ma pensée et mon expression écrite.

Je remercie tout spécialement mon mari pour son infatigable écoute et son aide inestimable, ainsi que nos deux précieux enfants, pour la patience dont ils ont fait preuve tout au long de mes années de thèse.

Finalement, j'adresse mon admiration et mes sincères remerciements à mon ami Gérard Pape, compositeur-chercheur, fondateur du Cercle pour la libération du son et de l'image. Sa créativité et son génie musical m'ont grandement inspirée. Je lui suis reconnaissante pour sa disponibilité et sa générosité ainsi que pour la confiance qu'il m'a accordée à l'occasion de ce travail. Mais surtout, je le remercie pour sa musique.

Table des matières

<i>Remerciements</i>	5
<i>Table des matières</i>	7
<i>Introduction</i>	11
I. Première partie Considérations théoriques	23
I.1. Musique et Émergence	25
I.1.1. L'apparition de la notion d'émergence	25
I.1.2. Vers un paradigme non linéaire	31
I.1.3. Émergence et Musicologie.....	32
I.1.4. Émergence et Analyse musicale	36
I.1.5. Émergence et la composition musicale chez Pape.....	38
I.2. Une approche globale de l'œuvre musicale	43
I.2.1. L'essentiel de la systémique	44
I.2.2. Considérer la musique sous l'optique systémique	46
I.2.3. Vers une approche systémique de l'œuvre musicale	52
I.2.4. La systémique et l'émergence dans le cadre musicologique	61
I.3. Micro-macro : un aller-retour	63
I.3.1. L'incidence de la technologie sur les stratégies de composition	64
I.3.2. Modèles de composition	68
I.3.3. Organisation structurelle.....	73
I.3.4. Émergence et structure.....	80
I.4. Le devenir du son	83
I.4.1. Les pionniers de la musique en tant que processus	83
I.4.2. Organisation fonctionnelle.....	90
I.4.3. Comportements des agents de l'œuvre musicale.....	97
I.4.4. Outils pour la description des comportements complexes.....	103
II. Deuxième partie L'investigation	109
II.1. Vers une méthodologie d'investigation	111
II.1.1. Vers un modèle méthodologique cohérent	111
II.1.2. Les outils de la systémique	120
II.1.3. Une méthodologie d'investigation des effets émergents	132
II.1.4. La finalité de l'investigation	140
II.2. L'output I : l'effet des formes	143
II.2.1. Présentation de l'œuvre.....	144

II.2.2.	La macroforme : une perspective globale	146
II.2.3.	La mésoforme : une perspective locale	156
II.2.4.	Notre investigation de la mésoforme	159
II.3.	L'output II : l'effet des phénomènes	173
II.3.1.	Les macro-phénomènes : paradoxes et illusions	173
II.3.2.	Les méso-phénomènes	179
II.3.3.	Notre investigation des méso-phénomènes.....	183
II.4.	L'output III : des relations particulières	189
II.4.1.	Les relations spatio-temporelles	193
II.4.2.	Les relations harmoniques	194
II.4.3.	Les relations de timbre et d'intensité	195
II.4.4.	La relation forme-fond	196
II.4.5.	L'organisation hiérarchique	196
II.4.6.	Le fonctionnement global	198
II.5.	L'identification de l'œuvre système.....	201
II.5.1.	L'organisation structurelle de l'input.....	202
II.5.2.	L'identification typologique des éléments.....	205
II.5.3.	L'organisation fonctionnelle : le processus de mise en œuvre	228
II.5.4.	L'interprétation	233
III.	Troisième Partie Synthèse.....	237
III.1.	Émergence et Forme	239
III.1.1.	L'appréhension de la forme	241
III.1.2.	L'apparition de la forme	246
III.2.	L'émergence des phénomènes.....	263
III.2.1.	Les illusions de la perception.....	266
III.2.2.	Les illusions des sensations	281
III.3.	Émergence et Relations.....	299
III.3.1.	L'émergence : un concept relatif	299
III.3.2.	L'espace-temps : simultanéité et successivité.....	302
III.3.3.	Les relations émergentes dans <i>Harmonies of Time and Timbre</i>	305
III.3.4.	Relations temporelles.....	305
III.3.5.	Relations du timbre	307
III.3.6.	Émergence et harmonie.....	308
Conclusion	321	
Annexes	333	
Harmonies of Time and Timbre : La partition	335	
Investigation des méso-phénomènes	381	

Relevé des métaphores	393
Macro-phénomènes	393
Mésophénomènes.....	394
<i>Les Cenci : un opéra de la cruauté.....</i>	399
Thématiques principales.....	400
Vers une expression lyrique plus libre	402
La forme et l'organisation temporelle.....	403
L'expression lyrique : les modes de chant	404
La transformation continue du son.....	406
Au cœur de la cruauté	408
Conclusion.....	410
<i>Makbénach IV : l'évolution du timbre dans l'espace multidimensionnel</i>	413
Introduction	413
1. La partition : une analyse multi-formelle.....	416
2. L'analyse multiphonique	422
3. Les relations perceptuelles et la cohérence structurale	431
Conclusion.....	433
<i>Bibliographie</i>	435
Pages Internet	442
Discographie	443
<i>Index</i>	445

Introduction

L'harmonie qui n'est pas apparente est meilleure que celle qui est apparente... La plus belle harmonie est née de différences. Toutes les choses sont nées de la discorde.¹

Héraclite cité par Gérard Pape

La beauté et la violence de la musique de Gérard Pape constituent un paradoxe saisissant : des forces puissantes semblent émaner d'une multitude de micro-réactions atomiques déclenchées au niveau des particules d'air. Une énergie transperce le corps et entraîne l'auditeur dans un mouvement qui crée un étonnant dynamisme. L'éclat des couleurs vives nous frappe, les textures riches et tactiles nous enveloppe. On se perdrait volontiers dans cette complexité sonore dans laquelle Pape nous invite à entrer : un rite de passage vers la vie intérieure du son.

Comprendre la musique de Gérard Pape n'a rien d'une évidence : ses qualités puissamment énergétiques, tactiles et sensuelles semblent émaner de l'espace même dans lequel cette musique se propage. On se penche sur les partitions de Pape afin d'y trouver des indices pour expliquer la source de certains phénomènes surprenants rencontrés au cours de l'écoute. Au premier regard, il semble que ce que l'on voit ne représente qu'une relation superficielle, fragmentaire et très approximative par rapport à ce que l'on entend.

C'est ainsi qu'en cherchant à comprendre les phénomènes musicaux rencontrés dans la musique de Pape, on se trouve confronté à une situation pour laquelle nos outils d'analyse musicale semblent inadaptés – c'est-à-dire, d'après Thomas Kuhn, une véritable « anomalie ». Notion reprise par Antonio Lai dans son ouvrage *Genèse et révolutions des langages musicaux* :

L'anomalie est souvent le résultat d'une incongruité de type expérimental, c'est-à-dire qu'elle s'impose par le biais de la comparaison directe entre théorie et expérience (nature). Ce n'est qu'au moment où l'anomalie est isolée et analysée qu'elle adopte le statut de *question* scientifique, elle devient une *énigme* prête à être résolue selon des outils techniques et théoriques préétablis.²

¹ PAPE Gérard, *MusiPoéSci : Ecrits autour de la musique*, trad.fr. Jean de Reydellet, Paris, Éditions Michel de Maule, 2015, p. 47.

² LAI Antonio, *Genèse et révolutions des langages musicaux*, Paris Budapest Torino, l'Harmattan, 2002 (Sémiotique et philosophie de la musique), p. 24.

Jadis, le musicien pouvait s'appuyer en toute confiance sur le support documentaire d'une partition musicale pour mener son étude analytique. Aujourd'hui, pour l'analyse de la musique contemporaine, il existe une dichotomie problématique : on discerne une divergence croissante entre la représentation écrite de l'œuvre et sa réception en tant qu'expérience auditive et psychoacoustique. La démarche *réductionniste*, « qui exprime l'art en termes de courants esthétiques », remarque Fabien Lévy, « a tendance à estomper la diversité des comportements artistiques à une période donnée et nie une partie de l'acte créateur »³.

Et c'est ici que nous nous trouvons face à un dilemme : comment montrer que l'œuvre de Pape se situe parfaitement dans le contexte culturel contemporain, tout en évitant de la limiter à un seul courant esthétique ? Cette problématique relève directement de la nature foncièrement transversale de l'approche musicale de Pape qui est modulée par sa double spécialisation comme psychologue et comme compositeur. Sa formation et sa carrière en psychanalyse lacanienne le place dans un contexte de création très particulier : au croisement de deux pratiques qui se retrouvent sur les questions de cause et d'effet et de l'inexplicable dans l'art et dans l'esprit humain.

On se prépare donc à tenter de résoudre l'énigme que nous présente l'œuvre musicale de Gérard Pape en cherchant d'abord « des outils techniques et théoriques préétablis » qui pourront nous servir dans la compréhension plus globale de sa musique. Les phénomènes sonores et les propriétés comme l'énergie, l'inertie, la tactilité, les mouvements tracés par le son dans l'espace ainsi que les illusions sonores représentent cette « anomalie » qui semble être à la fois, la cause d'une « harmonie des différences » et son effet. On se retrouve, là encore, confronté au paradoxe musical chez Pape.

Ce paradoxe relève d'une conception harmonique issue autant du raisonnement héraclitien que du rationalisme pythagoricien. Dans le *logos* d'Héraclite, on trouve le feu comme « principe de toutes choses ». Pour lui : « Ce feu est aussi le logos universel, la raison commune à tous dont l'harmonie est le résultat des tensions et des oppositions qui constituent la réalité. Le devenir lui-même s'explique ainsi pour lui par la transformation des choses en leur contraire et par la lutte des éléments opposés »⁴.

Pour Pythagore, les correspondances entre les distances cosmiques et les intervalles musicaux sont une évidence pour « ceux qui savent » (les mathématiciens) comme pour « ceux qui écoutent » (acousmaticiens)⁵, non seulement sur le plan de proportions astronomie-musique mais également sur le plan métaphysique via la notion du Tout, représenté par

³ LEVY Fabien, *Le compositeur, son oreille et ses machines à écrire : déconstruire les grammatologies du musical pour mieux les composer*, 1 vol., Paris, Vrin, 2013 (Musicologies), p. 24.

⁴ « Héraclite », in: *Wikipédia*, 03.12.2018. En ligne: <<https://fr.wikipedia.org/wiki/Héraclite>>, consulté le 20.05.2018.

⁵ De *mathematikoi*, « ceux qui savent » et *acousmatikoi*, « ceux qui écoutent ».

l'Harmonie des sphères. Cette fascination de l'antiquité grecque pour l'harmonie musicale et son rapport à l'univers reste partagée actuellement par la science et la musique.

Dans la lignée des pythagoriciens, Aristoxène de Tarente, lui, voit la musique en tant qu'une science autonome, fondée sur deux spécificités : celle de l'oreille et celle de la pensée rationnelle. Son traité *Eléments harmoniques* décrit le son en tant qu'*objet* de l'« harmonique », une révolution par rapport à ses prédécesseurs qui considéraient que l'harmonie est représentée par les grandeurs mathématiques des intervalles.

Mais ce n'est qu'à la fin du XVII^e siècle, en France, que le physicien Joseph Sauveur a réuni le calcul mathématique des intervalles musicaux avec le critère de la sensation auditive au sein d'une même science, l'acoustique. Ses écrits publiés entre 1700 et 1716 fondent non seulement les bases de l'acoustique moderne mais ils inspirent également les théories de l'harmonie classique de Jean-Philippe Rameau.

Quatre siècles plus tard, nous sommes toujours à la recherche d'une solution à l'énigme qui semble, depuis l'antiquité, continuellement nous échapper : comment relier de façon convaincante « ceux qui savent » c'est-à-dire ce qui ont le savoir des sciences de la musique, avec le phénomène musical perçu par « ceux qui écoutent ».

Aujourd'hui, c'est au cœur des sciences de la systémique que l'on retrouve la notion pythagoricienne d'un Tout qui représente l'harmonie sous-jacente. Au XX^e siècle l'avènement des sciences cognitives, des théories de l'information et de la cybernétique a donné lieu à de nouvelles façons d'aborder le monde. Dans son livre sur la théorie du chaos, James Gleick nous explique que « la relativité a éliminé l'illusion newtonienne d'un espace et temps absolus ; la théorie quantique a supprimé le rêve newtonien d'un processus de mesure contrôlable ; le chaos, lui élimine l'utopie laplacienne d'une prédictibilité déterministe [...]. L'expérience quotidienne et les images réelles du monde sont devenues des objets d'étude légitimes »⁶.

On constate donc dans le monde scientifique un changement d'approche radical : la causalité newtonienne cède devant la théorie des systèmes dynamiques et les sciences de la complexité. Selon le philosophe Alain Boutot, les penseurs révolutionnaires « sont des esprits non conformistes, volontiers iconoclastes »⁷. La révolution du XX^e siècle décrite par Thomas Kuhn dans son ouvrage de 1962, *La structure des révolutions scientifiques*, suscite dans les arts une phase d'expérimentation dont témoignent les années soixante.

⁶ GLEICK James, *La théorie du chaos*, 2008 édition revue et corrigée, Paris, Flammarion, 2008, p. 6, (Gleick résume ici les propos de Joseph Ford, physicien américain, dans *What is Chaos?* Georgia Institute of Technology, p 12).

⁷ BOUTOT Alain, *L'invention des formes : chaos, catastrophes, fractales, structures dissipatives, attracteurs étranges*, Paris, O. Jacob, 1993, p. 11.

La nouvelle fascination pour les effets du hasard et de la complexité s'expriment notamment dans le mouvement artistique à New York avec l'événement aléatoire chez John Cage, les « performances » de Yoko Ono qui intègrent à la fois poésie, film et musique expérimentale, et les célèbres « *Happenings* » initiés par Allan Kaprow, qui réunissaient un groupe éclectique d'artistes, dorénavant connu sous le nom de *Fluxus*.

L'opéra de Cage, *Européra 3*, dans lequel la scène est intégrée à l'espace du spectateur et les enregistrements venant d'une centaine d'autres opéras sont joués par six tourne-disques « Victrola », en offre un exemple remarquable. Dans ce collage dynamique se superposent et se mélangent les éléments indépendants de chant et de piano, les jeux d'éclairage, ce qui constitue une véritable synergie des éléments qui seront, au cours de la performance, sans cesse recontextualisés.

Dans les arts plastiques, l'incidence de la technologie se fait visible dans les sérigraphies d'Andy Warhol et la dynamique mécanique s'exprime dans les sculptures cinétiques du Groupe de Recherche d'Art Visuel à Paris comme dans les mobiles d'Alexander Calder. On constate la recherche d'un dynamisme de mouvement également dans les tableaux de Bridget Riley et de Victor Vasarely.

Dans le domaine de la musique, les compositeurs comme Pierre Boulez, György Ligeti, Karlheinz Stockhausen et Iannis Xenakis commencent à intégrer les concepts de la recherche scientifique dans leurs procédés de composition. Les interprètes se trouvent confrontés à de nouveaux instruments et des exigences de production sonore qui donnent lieu à des modes de jeu inédits – pour produire des sons étonnants recherchés par les compositeurs.

Les années soixante et soixante-dix ont laissé libre expression aux pionniers d'une musique nouvelle – leurs expériences ainsi que l'apparition des musiques électroniques et acousmatiques sont à l'origine d'innombrables formes et théories qui vont définitivement changer les fondements du langage de la musique savante et la façon dont on l'aborde. Le système tonal a cédé sa place d'abord à *l'organisation des sons* et puis celle-ci à la notion des non-linéarités, « sources d'une infinie diversité de comportements »⁸.

On se trouve à l'heure actuelle, dans l'impasse de vouloir décrire et comprendre les musiques qui sont apparues depuis la rupture tonale, tout en restant dans la continuité d'une démarche analytique classique : réduire le tout à ses parties constituantes et décrire leur fonctionnement afin de comprendre la totalité. Cependant, une œuvre, selon Lévy, « ne peut se résumer aux techniques et idées qu'elle utilise [...]. Seule l'expérience esthétique des œuvres résultant de ces principes importe et, éventuellement, marque son temps »⁹.

⁸ BERGE Pierre, POMEAU Yves et VIDAL Christian, *L'Ordre dans le chaos : vers une approche déterministe de la turbulence*, Paris, Hermann, 1984 (Collection Enseignement des sciences 33), p. quatrième de couverture.

⁹ LEVY, *Le compositeur, son oreille et ses machines à écrire*, op. cit., 2013, p. 24.

Dans les sciences, la turbulence, la complexité et les structures dissipatives mettent en lumière le problème des relations causales. Nous retrouvons cette même ambiguïté de relation dans la musique contemporaine : la relation entre la cause (mise en évidence par la partition) et l'effet (de l'expérience d'écoute) renvoie à la réflexion d'Aristote que « le tout est plus que la somme de ses parties ». Commentant cette notion, Ilya Prigogine et Isabelle Stengers remarquent : « Les chemins de la nature ne peuvent être prévus avec certitude, la part d'accident y est irréductible, et bien plus décisive qu'Aristote lui-même ne l'entendait : la nature bifurquante est celle où de petites différences, des fluctuations insignifiantes, peuvent, si elles se produisent dans des circonstances opportunes, envahir tout le système, engendrer un régime de fonctionnement nouveau »¹⁰.

La notion d'*émergence* peut nous aider à comprendre le paradoxe d'Aristote, cette « apparition » d'une nouveauté qui surgit de la complexité même du fonctionnement des parties, notion qui connaît, depuis plusieurs années, un puissant regain d'intérêt dans les sciences. De fait, l'idée de l'émergence commence peu à peu à s'infiltrer dans les domaines de la création artistique : musique, théâtre, danse, arts plastiques, art numériques et interactifs se rejoignent dans la recherche de nouvelles expériences sensorielles, axées sur la réalité de leur impact sur le spectateur.

Pour Pape, cela se traduit par la création d'une expérience sonore qui enveloppe le public dans un espace multidimensionnel afin que « paradoxalement, même si créé par des moyens techniques de la réalité virtuelle, il est perçu comme une réalité totale par le spectateur »¹¹. C'est que l'œuvre de Pape se situe dans un contexte hyper-contemporain : celui de la réalité virtuelle, du cinéma en 3-D, du jeu-vidéo interactif, du musée connecté. Le monde s'est transformé en « technocosme », et ainsi, les arts recherchent une réalité encore plus réelle que l'expérience authentique.

La technologie et la cybernétique se sont introduites dans le domaine de la musique et avec elles, les principes des systèmes complexes et des comportements chaotiques. Ces concepts à base scientifique ont infiltré progressivement les procédés de la composition depuis les années soixante-dix. Leur impact sur la création musicale donne lieu à une nouvelle conception des *causes* sonores et à des *effets* qui ne peuvent plus être réduits à leurs composants. On voit apparaître les musiques novatrices telles que le free jazz, la musique spectrale, les musiques acousmatiques, les musiques improvisées, la musique intuitive ainsi que les musiques conçues pour des systèmes informatiques interactifs (concentrées sur

¹⁰ Dans BOUTOT, *L'invention des formes*, op. cit., 1993, p. 303.

¹¹ MAKAN Keeril et PAPE Gerard, « An Interview with Gerard Pape », *Computer Music Journal* 27 (3), 01.10.2003, p. 30, "I imagine a situation wherein the experience of music, as well as the space that surrounds it, takes on a three-dimensionality so that, paradoxically, even if created by way of virtual reality techniques, it is perceived as totally real by the spectator", notre traduction.

l'interaction homme-machine-environnement). Toutes ces musiques partagent le même constat : *Le tout est plus que la somme de ses parties*.

A cela s'ajoute que, grâce à la technologie, la musique électronique « en direct » et les musiques mixtes peuvent encore amplifier l'écart entre la cause et son effet sonore en employant une écriture complexe qui réunit à la fois les instruments acoustiques et les dispositifs électroniques. Ceci peut être à l'origine d'une croissance exponentielle de la complexité des interactions et en conséquence, produire de nouveaux sons dynamiques et de nouvelles formes inédites. Ainsi, le gouffre entre la cause et l'effet s'ouvre de plus belle, et de nouveaux phénomènes sonores et de nouvelles formes musicales naissent de cette ouverture.

Dès lors, on voit la notion d'émergence, jadis évoquée « pour penser l'énigme de l'apparition du vivant et le surgissement de l'esprit à partir du vivant »¹² resurgir dans la pensée contemporaine et plus particulièrement, dans la composition et la recherche musicale de ces dernières années.

Dans son ouvrage *L'invention des formes*, Boutot observe que la forme relève directement d'une nature profonde sous-jacente :

La nature dont il est ici question n'est pas un système de lois rigides, mais un ensemble de formes qualitatives sur lequel nous n'avons, au fond, que très peu de prise. Cette nature n'est plus le réservoir d'énergie inépuisable de la techno-science contemporaine, mais une nature précaire semblable à celle que connaissaient les premiers penseurs de la Grèce. Averties de la fragilité de la nature, les théories morphologiques imposent des bornes *a priori* à la manipulation du monde. Elles substituent à l'arrogant « tout est possible » de la techno-science ce que Prigogine appelle une « écoute poétique de la nature ». ¹³

Ce changement d'optique scientifique qui oblige à passer d'un « système de lois rigides » à un « ensemble de formes qualitatives » semble rejoindre la définition de Kuhn du changement de la notion de paradigme scientifique : une transition progressive des approches de recherche quantitatives aux approches holistiques et qualitatives. Étant donné que ce changement s'est effectué de façon globale dans le monde scientifique, on doit s'interroger sur les implications d'un tel changement d'optique pour la musique. Faut-il une conception théorique qui réconciliera la méthodologie analytique avec ce changement de paradigme de plus en plus évident dans la pensée des compositeurs contemporains ? Peut-on véritablement rendre compte de la réalité musicale d'une œuvre comme celle de Gérard Pape ?

L'étude des effets émergents dans la musique contemporaine semble une piste intéressante à suivre à cet égard. Ces effets se trouvent justement dans « le gouffre » entre

¹² Mathieu Mulcey dans présentation de KIM Jaegwon, *Trois essais sur l'Émergence*, Les Éditions d'Ithaque, Paris, 2006, p. xvi.

¹³ BOUTOT, *L'invention des formes*, *op. cit.*, 1993, p. 304.

l'étude d'une partition et l'expérience directe de l'œuvre, ou, à reprendre les termes de Jean Molino et Jean-Jacques Nattiez, entre le niveau « neutre » et l'expérience « esthétique ». Même si les modèles sémantiques et structuralistes nous apportent un départ prometteur pour le dépistage des effets émergents de l'œuvre musicale, il nous semble qu'ils manquent un lien vital entre l'objet créé et sa réception, entre la partition et l'effet de la musique perçue. C'est dans la théorie de la systémique, au croisement des théories structuralistes, émergentistes et morphogénétiques que nous trouverons notre départ méthodologique. En partant de la systémique, nous allons essayer de réunir la compréhension du processus conceptuel de l'œuvre musicale avec l'expérience qui en émerge.

On notera que cette mise en valeur de la notion d'émergence coïncide avec une généralisation des approches transversales dans tous domaines de la recherche. Gérard Pape compte parmi les compositeurs contemporains qui participent à cette transversalité, sans restriction. A partir des années quatre-vingt, il commence à remarquer l'apparition d'effets sonores paradoxaux dans sa propre musique, qu'il n'identifiera que plus tard comme des propriétés émergentes. Sa formation double en musique et psychologie le place dans l'immédiat de la transversalité interdisciplinaire. Son intérêt pour une recherche transversale dans la composition s'explique par son parcours académique, comme par la diversité de son expérience professionnelle.

Né à Brooklyn en 1955, Gérard Pape a suivi un parcours professionnel peu commun. Jeune étudiant à l'Université Columbia de New York puis à l'Université de Michigan, il entreprend un double parcours en psychologie clinique et en musique. Sous la tutelle de George Cacioppo et William Albright, il apprend la composition musicale ainsi que la musique électronique, avec George Wilson. Il obtient un doctorat en psychologie en 1982.

Tout en exerçant sa profession de psychologue, il dirige dès 1980 son propre studio *Sinewave Studios* à Ann Arbor, Michigan. Il est également co-fondateur du *Festival de musique contemporaine Twice*. De 1991 jusqu'en 2007, Pape dirige les Ateliers UPIC, qui prendront en 2000 le nom du Centre de Création Musicale Iannis Xenakis (*CCMIX*). Ensuite, il fonde le *Cercle pour la libération du son et de l'image (CLSI)*, un collectif indépendant de compositeurs et d'interprètes internationaux qui se réunissent régulièrement à Paris sous la direction de Paul Méfano.

Le catalogue des compositions de Pape compte plus d'une soixantaine d'œuvres, on y trouve en grande majorité des œuvres *mixtes* qui réunissent instruments traditionnels et dispositifs électroniques. Pape a également composé pour orchestre, pour la scène lyrique et le théâtre et il a créé des œuvres interdisciplinaires, en collaboration avec des réalisateurs de vidéo, des artistes plasticiens et des développeurs en informatique. De plus, ses recherches musicales ont également porté sur la création de logiciels pour la musique assistée par

ordinateur, comme *STOCHOS*, qu'il a créé en collaboration avec Sinan Bokesoy et *CELLQUENCER*, avec Stefan Tiedje.

On trouve les partitions de Pape aux *Éditions Musicales Européennes* (Paris), et aux *Éditions P* (Marseille). Dans le catalogue de *Mode Records* aux États-Unis, il y a quatre disques monographiques dédiés à sa musique. Le Quatuor Arditti, le Prism Orchestra, William Albright (orgue), l'Ensemble 2e2m, Daniel Kientzy (saxophone), Cécile Caroux (flûte), Roland Auzet (percussion), l'ensemble vocal Vox Nova et Nicolas Isherwood (basse) figurent parmi ses interprètes. D'autres enregistrements sont également disponibles chez *Edition Modern*, *Col Legno* et *Nova Musica*.

Après avoir travaillé sur plusieurs œuvres de Pape, parmi lesquelles nous citons *Makbénach*, *Les Cenci*, *Héliophonie II*, et *Atoms of Space and Time*, nous avons choisi de centrer notre étude des effets émergents sur *Harmonies of Time and Timbre* qui se distingue par sa grande complexité et la variété de ses formes. Datant de 2010 à 2012, cette œuvre représente, pour Pape, le point culminant de plusieurs années de recherche et d'expérimentation. Elle se développe sur une durée de 60 minutes et 31,14 secondes, et déploie une grande diversité de phénomènes musicaux que nous proposons d'étudier.

Cette œuvre est écrite pour flûte soliste, huit cordes préenregistrées (quatre violons et quatre violoncelles) et dispositif électroacoustique. La partition est publiée par DLSI Éditions en 2013 et un enregistrement est sorti en 2015 par Mode Records interprété par le soliste Erik Drescher et le CLSI String Ensemble dirigé par le compositeur Gérard Pape, qui commande aussi le dispositif électroacoustique. Cette même année, un ouvrage qui réunit les écrits de Pape est publié sous le titre *MusiPoéSci*, par les Éditions Michèle de Maule à Paris, dans lequel on trouve aussi l'enregistrement de cette œuvre.

A ce jour, il n'existe que très peu de publications sur les applications possibles de la notion scientifique d'émergence à la musique et sauf quelques-unes, ces publications sont en langue anglaise. Nous reviendrons plus en détail sur cette question dans le premier chapitre. Notons également que les analyses de l'œuvre de Pape sont peu nombreuses, et que les références musicologiques à son sujet se trouvent principalement dans les revues scientifiques anglophones.

Nous tenons à préciser que notre but n'est pas de traiter le thème de l'émergence de façon générale dans la musique, mais plutôt, au travers d'une étude approfondie, de tenter de cerner la nature des conditions provoquant l'émergence et de dégager les mécanismes responsables de l'apparition de ses effets.

Il est important de remarquer que notre étude s'appuie sur la définition d'émergence que donne George Henry Lewes dans sa théorie qui sera par la suite développée dans les théories évolutionnistes : « L'apparition d'un état ou d'un être qualitativement différent et

irréductible à l'état ou à l'être dont il procède »¹⁴. Plus tard, Albert Vandel, dans *L'Homme et l'évolution* précise :

Unité n'est point identité. Dans la longue filiation des modes, on doit reconnaître des *paliers évolutifs* successifs. À chaque palier, la matière possède une architecture et des lois qui lui sont propres. [...] Il convient de rechercher avec la plus pénétrante attention les *innovations* qu'apporte au monde chaque nouveau palier évolutif. C'est ce fait que l'on désigne par le terme d'émergence.¹⁵

Une définition plus récente apparaît dans le *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, qui explique un *Emergent Property* comme une propriété : « qui "découle" de propriétés plus fondamentales tout en demeurant "nouvelle" ou "irréductible" à celles-ci »¹⁶.

Il nous semble également important de faire une distinction avec d'autres utilisations du mot « émergence ». Ainsi, celle que l'on le trouve dans le titre de l'ouvrage de 2013 de Makis Solomos : *De la musique au son - L'émergence du son dans la musique des XX^e-XXI^e siècles*. Ici, l'auteur précise qu'il utilise le terme dans un sens général d'apparition, plutôt que dans le sens scientifique. Dennis Smalley, quant à lui, l'utilise dans sa théorie de la *spectro-morphologie* afin de décrire la façon dont le transitoire d'attaque d'un son peut apparaître depuis le silence¹⁷, mais ceci fait référence spécifiquement à la courbe d'intensité sonore et n'implique absolument pas le sens scientifique comme nous l'utiliserons dans le cadre de notre étude.

Notre travail de recherche sur l'œuvre de Gérard Pape remonte à 2007 lors de la création du *Cercle pour la libération du son et de l'image (CLSI)*, dont il est fondateur. C'était en travaillant ses œuvres en tant qu'interprète que nous avons commencé à comprendre l'étendue et l'importance de sa démarche de recherche sur « la vie intérieure du son ». Depuis cette date, nous cherchons une méthodologie ou plutôt une *théorie* qui puisse rendre compte de la spécificité de cette musique ; théorie dans le sens de Célestin Deliège quand il précise : « Si les théories – entendons les théories descriptives et les techniques instrumentales auxiliaires de la description analytique – ont un mérite, c'est celui de leur

¹⁴ « Définition : ÉMERGENCE », <<https://www.cnrtl.fr/definition/emergence>>, consulté le 24.05.2019.

¹⁵ VANDEL Albert, « L'homme et l'évolution », *Revue d'histoire des sciences* 3 (2), 1950, p. 25.

¹⁶ O'CONNOR, Timothy and WONG, Hong Yu, « Emergent Properties », *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Summer 2015 Edition, Edward N. Zalta (ed.), « We might roughly characterize the shared meaning thus: emergent entities (properties or substances) 'arise' out of more fundamental entities and yet are 'novel' or 'irreducible' with respect to them », notre traduction. URL = <<https://plato.stanford.edu/archives/sum2015/entries/properties-emergent/>>.

¹⁷ SMALLEY Denis, « Space-form and the acousmatic image », *Organised Sound* Vol 12 (1), 04.2007, p. 35 à 38. En ligne: <<https://doi.org/10.1017/S1355771807001665>>.

spécificité. On peut certes admettre qu'une théorie, au moment où elle apparaît, vise à une généralisation maximale de sa portée, mais elle est datée »¹⁸.

Nos premières tentatives pour expliquer la musique de Pape s'appuyaient plutôt sur une méthodologie d'analyse spécifique de l'écriture et de ses procédés de composition. Deux de ces analyses se trouvent dans les annexes et peuvent être utiles pour obtenir une vue plus large des caractéristiques stylistiques de la musique de Pape. La première décrit en détail l'influence d'Antonin Artaud sur l'esthétique de Pape et constitue un résumé de l'opéra *Les Cenci*, qui date de 2005. La deuxième est une analyse de la relation entre l'instrument acoustique et le dispositif électroacoustique dans l'œuvre *Makbénach IV* (versions 1998 et 2012) et l'évolution du timbre dans l'espace multidimensionnel.

Assumant pleinement que la théorie choisie, quelle qu'elle soit, risque d'être démodée sitôt l'avoir appliquée nous avons cependant choisi de nous appuyer sur les théories de la systémique, de la complexité, des systèmes dynamiques, ainsi que sur la théorie du chaos et sur les récentes théories sur l'évolution des formes : la morphogenèse. Cela nous permettra de développer un modèle d'investigation réunissant la méthodologie analytique avec une approche plus synthétique.

En nous focalisant sur les relations entre les divers éléments qui construisent l'œuvre musicale et sur leur fonctionnement, nous entrons dans une démarche qui relève de la systémique. Nous la ferons intervenir d'abord pour définir l'œuvre musicale comme un système qui sera l'objet de l'étude. Ensuite, à partir de cette définition, nous allons essayer de comprendre le fonctionnement global de ce système. Finalement cette même démarche nous servira à cerner l'organisation des composants et la complexité de leurs interconnexions pour mieux définir l'ensemble des mécanismes qui opèrent.

Nous chercherons ensuite à dévoiler les relations entre l'expérience vécue du phénomène musical et l'écriture telle qu'elle peut être comprise à partir de la partition. Ainsi, nous serons en mesure de tisser des liens entre les informations fournies par la partition et l'effet qu'elles produisent à l'instant de la réalisation, pour bien distinguer entre les éléments musicaux définis par le compositeur de ceux qui naissent des relations entre ces éléments mêmes.

La compréhension de ce processus pourra nous fournir un cadre scientifique à partir duquel nous tenterons une explication du développement temporel de la forme, ou plus précisément, des formes qui constitue l'œuvre musicale. On analysera également le rôle joué par les phénomènes sonores comme l'énergie, la définition spatiale et le mouvement, la

¹⁸ DELIEGE Célestin et DECROUPET Pascal, *Sources et ressources d'analyses musicales : Journal d'une démarche*, Sprimont, Editions Mardaga, 2005, p. 268.

fonction du timbre etc. Par cette méthodologie d'investigation, nous espérons saisir et rendre compte des processus qui génèrent « l'harmonie et le chaos », c'est-à-dire ce mouvement toujours en conflit qui est au cœur du paradoxe de la musique de Gérard Pape.

Nous avons organisé notre démarche en trois parties principales. Dans la première nous envisageons les considérations théoriques et les paradigmes qui les étayent. Nous examinerons l'évolution de la notion d'émergence afin de comprendre pourquoi elle resurgit dans la pensée actuelle, et surtout, dans la musique contemporaine. Nous la définirons selon son contexte scientifique actuel, celui de la systémique. En considérant l'œuvre musicale sous l'optique de la systémique, nous allons chercher à relier les éléments parallèles dans leurs évolutions respectives afin de mieux comprendre les mécanismes opérants et de pouvoir définir l'œuvre musicale comme un système.

La deuxième partie nous permettra de développer les outils ainsi qu'un modèle méthodologique pour entrer dans la réalité même de l'œuvre. Elle consiste en une démarche qui, à partir de l'expérience à la réception de l'œuvre et une étude de sa partition, vise à réunir les données pertinentes à notre sujet et de les mettre en forme.

Finalement, dans la dernière partie, nous chercherons à élaborer une synthèse de l'investigation que nous avons menée pour dégager les effets émergents. Nous analyserons en particulier les conditions de complexité dynamique en cherchant à dégager les mécanismes d'émergence tels qu'on les trouve dans l'écriture de Gérard Pape. Nous nous attacherons à découvrir la nature des effets émergents ainsi que leurs caractéristiques, en fonction du contexte des forces en présence, de l'énergie qui les crée et du chaos qu'ils engendrent en faisant éclater ce qui les produit.

I. Première partie

Considérations théoriques

I.1. Musique et Émergence

La pensée linéaire et la croyance que le tout n'est que la somme de ses parties sont évidemment obsolètes.¹⁹

Klaus Mainzer

La jeunesse de Gérard Pape est marquée par l'évolution de la pensée qui a conduit à un changement de paradigme scientifique. La création de la *Society for General Systems Research* en 1954, la Théorie générale des systèmes en 1968 de Ludwig von Bertalanffy, les développements en cybernétique des années soixante-dix et la théorie des catastrophes de René Thom en portent le témoignage. Avec la popularisation de la théorie du chaos dans les années quatre-vingt, la pensée systémique est devenue la nouvelle façon d'envisager le monde. La deuxième partie du XX^e siècle marque une transition radicale : la pensée réductionniste et la causalité linéaire newtonienne cèdent devant une approche plus holistique s'appuyant sur des modèles non linéaires comme celui des mouvements chaotiques. Ce changement de paradigme révolutionnaire (d'après Kuhn²⁰) représente une toute nouvelle ère scientifique : la suprématie du microscope sera mise à l'épreuve par le « macroscopie »²¹, c'est-à-dire, une vision globale des fonctionnements infiniment complexes de notre monde.

I.1.1. L'apparition de la notion d'émergence

Déjà en 1874, au moment où le jeune Claude Debussy entre au conservatoire, Alexander Bell et Clarence Blake, qui cherchent à « rendre visible » la parole, déposent le brevet de leur *phonautograph à oreille*, ancêtre du téléphone et du phonographe. Prenant l'oreille humaine comme modèle, la conception de cette machine a un impact important sur la façon dont on appréhende le son, ce que signale Jonathan Sterne : « En même temps que le son devient objet d'étude dans les sciences comme la physique, l'acoustique, la physiologie et

¹⁹ MAINZER Klaus, *Thinking in Complexity: The Computational Dynamics of Matter, Mind, and Mankind*, 5^e édition, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, 2007, p. 1, "Linear thinking and the belief that the whole is only the sum of its parts are evidently obsolete", notre traduction.

²⁰ KUHN Thomas S., « La structure des révolutions scientifiques de Thomas S. Kuhn - Editions Flammarion », <<https://editions.flammarion.com/Catalogue/champs-sciences/la-structure-des-revolutions-scientifiques>>, consulté le 18.05.2019.

²¹ *Le Macroscopie* est aussi le titre du livre sur la Systémique par Joël de Rosnay, Paris, Seuil, 1975.

l'ontologie, le domaine scientifique tend à considérer et à traiter le son en tant qu'une sorte d'*effet* dans le monde »²².

Cette notion d'*effet* appliquée au son, apparaît comme une notion clé. Antérieurement, l'approche analytique des phénomènes acoustiques a été plutôt orientée vers la *cause* de l'émanation sonore et notamment, la bouche et les instruments.²³ Selon Sterne, la signification profonde de cette nouvelle perspective est de considérer le son comme « tout phénomène qui excitera la sensation de l'ouïe »²⁴. C'est l'ensemble de ces phénomènes qui sera considéré, dorénavant, comme l'*effet* sonore. En déplaçant le focus de l'observation plutôt vers cet *effet*, il apparaît que les relations causales peuvent être examinées désormais sous un nouvel angle et que les phénomènes dont la cause est ambiguë peuvent être pris en considération.

Quand Debussy commence à faire des expériences avec les sons et à développer ses idées musicales novatrices, il provoque des réactions controversées. L'attention particulière qu'il montre pour les couleurs sonores spécifiques dans ses orchestrations révèle déjà une transition subtile dans la façon d'appréhender le son. L'attention se détourne petit à petit de la source d'émanation et tend vers les qualités particulières du son. Une même configuration de hauteurs, de durées et d'harmonie peut effectivement générer des *effets* surprenants, complexes et très diverses.

Les progrès scientifiques, tels que la fission nucléaire par Ernest Rutherford en 1919, la démonstration d'Edwin Hubble qui prouve l'existence d'autres galaxies en 1923, suivie par l'invention de la télévision en 1926, font que le XX^e siècle glisse rapidement vers l'ère technologique. La conception linéaire newtonienne d'un univers qui est gouverné par des lois rationnelles et compréhensibles est sur le déclin. Henri Poincaré, de son côté, démontre que l'évolution d'un système mécanique est en fait régie par des équations non linéaires et que les mouvements de tels systèmes peuvent se comporter d'une façon chaotique.²⁵

Le philosophe anglais G.H. Lewes traite de la causalité newtonienne dans son ouvrage *Problems of Life and Mind* en 1875 et la remet en cause : « Les causes existent seulement en tant qu'abstraction jusqu'à leur réalisation en tant qu'effet ; les agents qui sont *causaux* dans un effet peuvent en fait exister dans d'autres relations ; et c'est ceci qui nous enduit en

²² STERNE Jonathan, *The Audible Past: Cultural Origins of Sound Reproduction*, Durham, Duke University Press, 2003, p. 33, "As sound became problematized in physics, acoustics, physiology and ontology, these fields moved toward contemplating and constructing sound as a kind of effect in the world", notre traduction.

²³ D'après les théories de Joseph Sauveur.

²⁴ STERNE, *The Audible Past*, *op. cit.*, 2003, p. 33, "to treat sound as any phenomenon that excites the sensation of hearing".

²⁵ Cf. POINCARÉ Henri, *Les méthodes nouvelles de la mécanique célestes*, Gauthier-Villars, Paris, 1892 et *Leçons de mécanique céleste*, Gauthier-Villars, Paris, 1905, <<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k95010b>>.

erreur »²⁶. La conclusion de Lewes est que la cause et l'effet ne sont pas deux faits interconnectés (comme a pensé David Hume à son époque) mais qu'ils sont deux aspects d'un seul et unique fait. Plus intéressant encore, Lewes choisit le son afin d'illustrer ce changement d'optique fondamental : « Les pulsations d'air peuvent exister sans qu'elles soient entendues, mais elles ne sont pas des *sons* jusqu'à ce qu'elles soient entendues : les considérer comme la cause du son revient tout simplement à supprimer la coopération de l'organe auditif et à attribuer l'effet total à un seul agent »²⁷.

C'est dans cette perspective que l'Émergence, en tant que notion scientifique, est apparue pour la première fois. En effet, Lewes cherchait à distinguer les effets qui ne peuvent pas être attribués directement à leurs causes, à la différence des effets *résultants*, et il le formule ainsi :

Bien que chaque effet soit le résultat de ses composants, le produit de ses facteurs, il n'est pas toujours possible de tracer les étapes du processus afin de discerner le mode d'opération de chaque facteur dans le produit. Dans ce dernier cas, je propose que l'on appelle l'effet un émergent.²⁸

Lewes définit par ses mots un point central de notre étude, la relation entre effet et émergence. Il est intéressant de relever qu'il précise ce qu'est « un émergent » en expliquant qu'il « découle de la combinaison des agents, mais sous une forme qui ne met pas en évidence l'action de ceux-ci [...]. Nous pouvons appeler ceci, de façon générale, l'indépendance des agents causaux »²⁹.

Ce concept sera reformulé dans les années vingt par l'école émergentiste britannique, notamment par Samuel Alexander, Conwy Lloyd Morgan, et Charlie Dunbar Broad, « pour penser l'énigme de l'apparition du vivant et le surgissement de l'esprit à partir du vivant »³⁰. Morgan reprendra la définition de Lewes en ajoutant deux points supplémentaires – la nouveauté et le caractère non-prévisible des propriétés émergentes : « Émergence est la

²⁶ LEWES George Henry, *Problems of Life and Mind*, Trübner & Company, 1875, p. 411, "The causes exist only in abstraction until realised in the effect; the agents which are causal in one effect may indeed exist in other relations; and it is this which misleads us", notre traduction.

²⁷ Ibid. "The pulses of air may exist without being heard, but they are not sound until they are heard: to consider them as the cause of the sound is simply to suppress the co-operation of the auditory organ, and ascribe the whole effect to one of the agents".

²⁸ Ibid., p. 412, "Thus, although each effect is the resultant of its components, the product of its factors, we cannot always trace the steps of the process, so as to see in the product the mode of operation of each factor. In this latter case, I propose to call the effect an emergent".

²⁹ Ibid. "It arises out of the combined agencies, but in a form which does not display the agents in action. [...] This we may generalise as the independence of causal agents".

³⁰ Mathieu Mulcey dans présentation de KIM, *Trois essais sur l'Émergence*, op. cit., 2006, p. xvi.

dénomination de quelque chose de nouveau qui ne pouvait pas être prédite à partir des éléments qui ont constitué la condition précédente »³¹.

Ces théories issues de l'école émergentiste britannique sont à rapprocher des théories inclusives de l'évolution, qui étaient alors en pleine croissance. Ainsi, dès le début du XX^e siècle, le concept d'émergence s'est affirmé en opposition à ceux du réductionnisme, du déterminisme et du matérialisme mécaniste. Dès le début, la pensée évolutionniste a considéré que « l'évolution pourrait s'appliquer à la création de toute chose – de l'atome le plus simple jusqu'aux sociétés les plus développées »³².

On va retrouver dans le développement du langage musical les mêmes conflits que ceux que la pensée évolutionniste entretient avec les mécanistes réductionnistes. L'organisation hiérarchique de l'harmonie occidentale va se trouver peu à peu brisée par la mutualisation des musiques folkloriques et ethniques chez Béla Bartók, le brassage des styles savants et des musiques populaires de George Gershwin, l'avènement des idées futuristes de Luigi Russolo et la dissolution de l'uniformité de la mesure comme l'a fait de façon brillante Igor Stravinsky dans *Le sacre du printemps*. Ainsi, Debussy ne se trouve pas seul à vouloir changer le monde de la musique – Bartók, Gershwin, Russolo et Stravinsky cherchent, chacun à sa façon, à s'échapper de la tradition pour donner une nouvelle direction à la musique du XX^e siècle.

On constate que le monde musical a pris un virage, tout comme le monde scientifique, et a mis le cap sur un changement imminent et radical – un véritable changement de paradigme. L'évolution linéaire du système tonal va aboutir dans le sérialisme dodécaphonique à l'abolition des relations tonales et conduire inévitablement à l'effondrement de la tonalité. Dans les sciences, on va parler d'une révolution scientifique (notion décrite par Kuhn) et ce changement sera considéré comme un pas positif vers une meilleure compréhension du monde. Mais au contraire, en musique, ce changement va entraîner « une rupture » avec la convention, une « crise » d'émancipation ; ce sera « l'impasse » dodécaphoniste. L'évolution musicale du XX^e siècle ne passera pas sans résistance.

³¹ C. Lloyd Morgan, 1923, dans EMMECHE Claus, KOPPE Simo et STJERNFELT Frederik, « Explaining Emergence: Toward an Ontology of Levels », *Journal for General Philosophy of Science / Zeitschrift für Allgemeine Wissenschaftstheorie* 28 (1), 1997, p. 3. En ligne: <<https://doi.org/10.1023/A:1008216127933>> "emergence is the denomination of something new which could not be predicted from the elements constituting the preceding condition", notre traduction.

³² Ibid., p. 3, "evolution could denote creation of anything – from the simplest atom to the most developed societies".

La recherche de nouveauté est au cœur du développement de la notion d'émergence de l'école évolutionniste. Ce fait est mis en évidence dans les premières pages d'*Emergent Evolution*, publié par Lloyd Morgan en 1923.

Dans le cadre de ce que j'appelle l'évolution émergente, l'accent est mis sur cette manifestation de la nouveauté. Les exemples saillants se trouvent dans l'avènement de la vie, l'avènement de l'esprit, et dans l'avènement de la pensée réfléchie. Mais dans le monde physique, l'émergence n'est pas moins bien illustrée que par l'avènement de chaque nouvelle sorte d'atome et de molécule. Il est au-dessus des capacités de l'homme de compter les exemples d'émergence. Mais s'il n'y a rien de neuf qui émerge – s'il n'y a qu'un regroupement des faits existants et rien de plus – alors il n'y a pas d'évolution émergente.³³

On retrouve un écho de ce raisonnement dans l'ouvrage *The Foundations of Social Anthropology* (1951) où Siegfried Frederick Nadel explique que l'émergence est un changement qualitatif, « le processus même de 'devenir', [...] un comportement nouveau provoqué par l'organisation spécifique d'un certain nombre d'éléments, [...] constituant ainsi un tout. L'émergence est donc un 'fait de synthèse' ; elle est 'créatrice d'une véritable nouveauté'... »³⁴. Il nous semble pertinent de distinguer ici entre une nouveauté qui apparaît tout simplement et celle qui, en se produisant, provoque un changement ou un renouvellement par rapport à un référent spécifique.³⁵ Ainsi, il apparaît bien qu'un « émergent » ne se limite pas à la simple apparition de quelque chose qui n'était pas avant, mais implique la création d'une valeur supplémentaire : une valeur qualitative. Mais comment définir ces effets émergents ?

Pour Nadel un effet émergent est « une nouvelle qualité ou propriété » et il précise que cette propriété obéit au principe de « l'efficacité causale » et ainsi va influencer sur la suite du développement des faits.³⁶ Le philosophe moderne Jaegwon Kim insiste, lui aussi, sur ce principe de l'efficacité causale : « Les propriétés émergentes ont leurs propres pouvoirs

³³ MORGAN Conwy Lloyd, *Emergent evolution*, London, Williams and Norgate, 1923, p. 1 à 2, "Under what I call emergent evolution stress is laid on this incoming of the new. Salient examples are afforded in the advent of life, in the advent of mind, and in the advent of reflective thought. But in the physical world emergence is no less exemplified in the advent of each new kind of atom, and of each new kind of molecule. It is beyond the wit of man to number the instances of emergence. But if nothing new emerge – if there be only regrouping of pre-existing events and nothing more – then there is no emergent evolution", notre traduction.

³⁴ NADEL Siegfried Frederick, *The foundations of social anthropology*, Facs. ed, London, Routledge, 2004 (Social and cultural anthropology, 13; Anthropology and ethnography), p. 216, "process of 'becoming', [...] a 'novelty of behaviour arising from the specific organization of a number of elements, [...] which thereby constitute a whole. Emergence is thus a 'synthetic event'; it is 'creative of real novelty...'", notre traduction.

³⁵ « Définition : NOUVEAU », <<https://www.cnrtl.fr/definition/nouveau>>, consulté le 06.10.2019 "1. Qui vient d'apparaître (a seulement une valeur temporelle) 2. Qui vient d'être inventé, créé, qui vient de se produire et diffère de ce que l'on connaissait antérieurement (a une valeur temporelle, mais indique surtout un changement, un renouvellement par rapport à un référent culturel ou spécifique)".

³⁶ NADEL, *The foundations of social anthropology*, op. cit., 2004, p. 216.

causaux sur le monde et peuvent même modifier les propriétés fondamentales de ce dont ils émergent »³⁷.

On a vu que Selon Lewes, l'*effet* est le produit des agents combinatoires, et que ce produit peut être doté d'une *forme*. Pour Morgan, c'est quelque chose de nouveau, une *entité*, une nouvelle sorte de *relation*. Il affirme : « A chaque étape ascendante, une nouvelle entité existe en vertu de certaines nouvelles sortes de relations, ou ensemble de relations, en son sein, ou, comme je le formule, qui lui est intrinsèque »³⁸.

Cette dernière précision est celle qui portera la notion d'Émergence jusqu'à la seconde moitié du XX^e siècle. A partir des années soixante-dix on constate un renouvellement de l'intérêt pour l'Émergence – les sciences cognitives réintroduisent la notion comme un élément vital dans l'analyse des rapports entre le cerveau et l'esprit. En même temps, le développement de la cybernétique fait de l'Émergence un élément central des théories des systèmes complexes, ainsi ouvrant la voie aux études transdisciplinaires. Ensemble, les sciences comme la physique, les mathématiques, l'informatique et la biologie partagent un nouveau but commun : « mieux appréhender l'apparition de comportements collectifs globaux dans toute une classe de systèmes composés d'un grand nombre de constituants en interaction »³⁹.

Mais est-ce le hasard qui a amené Lewes à choisir l'exemple de l'audition et des effets acoustiques dans sa première formulation ⁴⁰ de la notion d'émergence ? Malgré le fait que l'on trouve plusieurs références à la musique dans les premiers écrits de Nagel (1961) et dans le texte de Bertalanffy sur la théorie des systèmes (1972), la notion d'émergence ne sera pas, pourtant, prise sérieusement en considération dans le domaine musical avant 1990. Pendant la période de l'avant-garde musicale, les méthodes de sérialisme intégral de Stockhausen et de Milton Babbitt, ainsi que les algorithmes mathématiques formalisées de Xenakis, représentent ensemble « les réponses les plus adéquates à l'influence de la pensée structurale sur la musique »⁴¹.

³⁷ KIM, *Trois essais sur l'Émergence*, op. cit., 2006, p. 42.

³⁸ MORGAN, *Emergent evolution*, op. cit., 1923, p. 64, "At each ascending step there is a new entity in virtue of some new kind of relation, or set of relations, within it, or, as I phrase it, intrinsic to it", notre traduction.

³⁹ « Émergence », in: *Wikipédia*, 20.08.2019. En ligne: <<https://fr.wikipedia.org/wiki/émergence>>, consulté le 30.09.2017.

⁴⁰ Cf. LEWES, *Problems of Life and Mind*, op. cit., 1875, p. 414.

⁴¹ LEVY, *Le compositeur, son oreille et ses machines à écrire*, op. cit., 2013, p. 26.

I.1.2. Vers un paradigme non linéaire

Dans son ouvrage novateur, *Musiques formelles*, Xenakis reconnaît l'importance du fait que, dans les années soixante « la connaissance a pu pénétrer dans le hasard et a su [...] le rationaliser progressivement »⁴² enclenchant ainsi la « transformation brutale et féconde » du paradigme de la causalité linéaire. Les fonctions stochastiques, les formes indéterministes et les théories de la complexité et du chaos soulèvent un intérêt grandissant et conduisent à un changement de paradigme, celui de la pensée non linéaire. Contrairement à la pensée linéaire, la pensée non linéaire se caractérise par une expansion en de multiples directions, qui constituent autant de points de départ au raisonnement logique. Selon Mainzer, « la théorie des systèmes non linéaires complexes est devenue une approche fructueuse pour la résolution de problèmes dans les sciences naturelles ». Il ajoute que « les sciences humaines, eux aussi, reconnaissent que les problèmes principaux de l'humanité sont globaux, complexes, non linéaires et souvent de nature aléatoire »⁴³.

L'évolution vers des méthodologies de nature interdisciplinaire, ainsi que l'apparition des théories de la systémique permettent une approche plus holistique des problèmes scientifiques. Sur le plan musical, on retrouve cette évolution dans la transition d'une pensée déterministe, qui réduit les possibilités musicales à une sélection limitée de durées et de hauteurs, à une approche globale et indéterministe qui s'ouvre à toutes les possibilités sonores : le continuum de fréquences et de durées, les sons instrumentaux harmoniques, inharmoniques et les bruits, les formes ouvertes et évolutives etc. Par une telle approche, le compositeur peut dorénavant construire ses propres limites sonores sur un continuum de multiples niveaux d'intervention musicale. Xenakis résume cette évolution, « La polyphonie linéaire se détruit d'elle-même par sa complexité actuelle. [...] Voilà, en peu de mots, le dépassement de la « catégorie linéaire » de la pensée musicale »⁴⁴.

Les stratégies de composition prenant en compte le hasard, la complexité et les procédés non linéaires, utilisées notamment par les compositeurs tels que Cage, Henry Cowell, Ligeti, Conlon Nancarrow, Stockhausen et Xenakis, tendent vers la création des formes qui interagissent sur plusieurs niveaux d'organisation sonore. Emmeche, Koppe et Stjernfelt considèrent que la notion d'émergence se fonde justement sur cette conception structurale : « L'émergence est entre autres, le concept qui définit les relations entre les

⁴² XENAKIS Iannis, « Musiques formelles, nouveaux principes formels de composition musicale », *La Revue musicale. Double N° spécial 253-254*, Paris, 1963, Editions Richard-Masse, p. 16.

⁴³ MAINZER, *Thinking in Complexity, op. cit.*, 2007, p. 1, "The theory of nonlinear complex systems has become a successful problem solving approach in the natural sciences, [...] the social sciences are recognizing that the main problems of mankind are global, complex, nonlinear, and often random, too", notre traduction.

⁴⁴ XENAKIS, « Musiques formelles », *art. cit.*, 1963, p. 18.

niveaux – plus précisément, le concept qui désigne les liens mêmes »⁴⁵. Ils considèrent que l'émergence répond à l'idée qu'il y a des propriétés présentes à un certain niveau d'organisation qui ne peuvent pas être prédites à partir des propriétés trouvées aux niveaux inférieurs.⁴⁶

Comme on l'a vu, Morgan fait, lui aussi, référence à cette conception de niveaux d'organisation⁴⁷ et ce modèle est repris en 2006 par Kim dans son ouvrage *Trois essais sur l'émergence*. De plus, Kim souligne l'importance de considérer cette conception schématique des niveaux seulement comme un simple outil : elle n'est en aucun sens une conception réaliste ou absolutiste du monde réel. « Le modèle stratifié n'est en somme qu'une image, qui se rapporte, » nous dit Kim, « à nos concepts et à nos langages, à nos représentations du monde plutôt qu'au monde lui-même »⁴⁸.

En prenant pour base ce schème conceptuel d'une architecture musicale à multiples niveaux nous allons nous interroger sur la question de l'émergence des formes, des phénomènes musicaux et des relations dans la musique de Gérard Pape.

I.1.3. Émergence et Musicologie

Jusqu'à très récemment, les chercheurs en musicologie n'ont manifesté que peu d'intérêt pour les effets émergents des systèmes musicaux complexes. Au début des années quatre-vingt-dix, il y a bien eu une première vague de recherche sur les possibilités d'appliquer la théorie systémique et les théories de la complexité dynamique à la composition musicale. Pour les compositeur-chercheurs, la préoccupation majeure reste axée sur le processus de composition même et sur les programmes informatiques qui vont générer des algorithmes et des matériaux sonores pour construire des musiques inédites. Mais, l'incidence de ce changement paradigmatique sur la démarche musicologique demeure largement inexplorée. De plus, on observe même un risque de contresens car les méthodologies réductionnistes continuent à être appliquées aux musiques qui sont, à la base, modelées sur les structures systémiques. Quant aux effets émergents, comme ils ne laissent aucune trace sur la partition, ils n'entrent pas sérieusement dans le champ d'une analyse musicale.

Néanmoins, on constate que le terme d'émergence s'infiltré peu à peu dans les articles musicologiques, comme celui de Jean-Pierre Boon, Alain Noullez et Corinne Mommen,

⁴⁵ EMMECHE, KOPPE et STJERNFELT, « Explaining Emergence », *art. cit.*, 1997, p. 6, "Emergence is among other things the concept which relates levels to each other – or to be more precise, the concept which denotes the very passage between them", notre traduction.

⁴⁶ *Ibid.*, p. 6.

⁴⁷ Cf. « à chaque étape ascendante ».

⁴⁸ KIM, *Trois essais sur l'Émergence*, *op. cit.*, 2006, p. vii.

« *Complex Dynamics and Musical Structure* »⁴⁹, mais dans la plupart des cas, son utilisation n'est pas explicite. Pourtant, en 1990, l'étude « *A Systems Approach to Music* » de Cosmin et Mario Georgescu décrit précisément les possibilités de considérer la musique en termes systémiques. Malgré le fait que le terme « émergent » n'est pas directement évoqué dans cet article, le but de ses auteurs reste quand même d'analyser le contexte qui est à l'origine des effets émergents. La même année, Ian Witten a identifié ce lien avec plus de précision dans son article « *Modeling music : Systems, Structure and Prediction* ». Il résume que C. et M. Georgescu « voient le progrès comme une transition de l'unité plate de l'art primitif vers une différenciation progressive des parties qui vont de la naissance de la polyphonie à l'harmonie pour arriver à l'émergence de formes musicales, de contrastes de tonalité et de thème, à la diversification stylistique la plus large, etc. »⁵⁰. Mais pour sa part, le modèle prédictif de Witten, qui s'appuie sur les chorales de J.S. Bach, ne porte en aucune façon sur le concept d'émergence des formes musicales, ni sur les effets émergents.

Dès 1991, en revanche, on remarque que le secteur scientifique lui-même commence, par l'étude des processus cognitifs et les recherches portant sur des réseaux neuronaux, à établir les liens directs entre la musique et l'émergence. Nous prendrons en exemple la théorie connexionniste proposée par Peter M. Todd et D. Gareth Loy du MIT dans laquelle les phénomènes mentaux ou comportementaux sont modélisés comme les *processus émergents*. Leur ouvrage *Music and Connectionism*⁵¹ constitue un axe important pour comprendre les possibilités qu'ouvrent au compositeur les systèmes musicaux algorithmiques.

Dans son article, « *Chaos and Creativity : The Dynamic Systems Approach to Musical Composition* », Peter Beyls, spécialiste de l'interaction homme-machine, explore l'idée d'émergence en relation avec la structure musicale. Il constate que « les propriétés émergentes se manifestent par des changements structurels soudains et spontanés lorsque l'équilibre d'un système est rompu et qu'il entre en interaction continue avec son environnement. De telles dispositions – désignées en tant que des structures dissipatives – dans le temps et/ou dans l'espace sont un produit de l'auto-organisation »⁵².

⁴⁹ BOON Jean-Pierre, NOULLEZ Alain et MOMMEN Corinne, « Complex dynamics and musical structure », *Interface* 19 (1), 01.01.1990, pp. 3-14. En ligne: <<https://doi.org/10.1080/09298219008570553>>.

⁵⁰ WITTEN Ian et CONKLIN Darrell, « Modeling music: Systems, structure, and prediction », *Journal of New Music Research* 19, 01.01.1990, p. 49. En ligne: <<https://doi.org/10.1080/09298219008570555>> "They see progress as a transition from the « flat wholeness » of primitive art to a « gradual differentiation of parts » through the birth of polyphony and harmony, the emergence of musical forms, tonal and themal contrasts, widespread stylistic diversification, and so on", notre traduction.

⁵¹ TODD Peter M. et LOY D. Gareth, *Music and Connectionism*, The Mit Press, Cambridge, Mass, MIT Press, 1991.

⁵² BEYLS Peter, « Chaos and Creativity: The Dynamic Systems Approach to Musical Composition », *Leonardo Music Journal* 1 (1), 1991, p. 3. En ligne: <<https://doi.org/10.2307/1513118>> "Emergent properties are sudden, spontaneous structural changes in a system that is out of equilibrium and in constant interaction with its

En 1994, à l'occasion de l'*ICMC*⁵³, Agostino Di Scipio décrit les conséquences de la révolution scientifique du XX^e siècle sur la conception musicale au travers d'un paradigme fondamentalement dualiste – la micro-composition et la macro-composition entrent dans un seul modèle. Ce paradigme s'est infiltré dans la pensée compositionnelle tout azimut. Di Scipio fusionne deux approches opposées : celle de la micro-composition, (le détail sonore, la création de nouveaux timbres) et celle de la macro-composition algorithmique (la conception organisationnelle des structures et les processus sonores dans le temps et dans l'espace). Il propose ainsi une approche algorithmique micro-structurale. Di Scipio a su tirer d'une telle approche sa théorie d'émergence sonologique (*Theory of Sonological Emergence*).⁵⁴

En 2002, Andrew R. Brown, dans son article « *Opportunities for Evolutionary Music Composition* »⁵⁵, a approfondi la notion d'émergence par le concept de ce qu'il nomme « *Evolutionary music* ». Il remarque que la recherche scientifique sur les formes de vie artificielles⁵⁶ conduit, par analogie, à penser que la tradition de hiérarchie fonctionnelle va être remplacée par l'émergence comportementale. La proposition de Brown est que les structures émergentes des systèmes naissent d'un processus en *temps réel* et ne sont pas le résultat d'un plan compositionnel prédéterminé. S'appuyant sur les idées de Nagel, il constate alors que « l'émergence, dans ce sens, implique que l'évolution historique de la musique vers la complexité se développe à partir des traits et des formes d'organisation simples »⁵⁷.

L'idée de considérer l'émergence comme objet de l'analyse musicale est explicitée d'abord par David Burrows dans son article « *A Dynamical Systems Perspective on Music* » (1997). Burrows postule clairement que l'œuvre musicale n'est pas une entité stable et figée mais plutôt que son identité principale réside dans l'émergence qui accompagne le processus même de synthétiser les impressions faites par le flux sonore.⁵⁸

On constate alors que le concept d'émergence continue à gagner une place de plus en plus importante dans le domaine de la recherche musicologique. Dès 2001, on trouve un intérêt particulier porté à ce sujet par Nicolas Darbon dans son étude *Pour une approche*

environment. Such patterns – which can be referred to as dissipative structures – in time and/or space are a product of self-organization", notre traduction.

⁵³ International Computer Music Conference

⁵⁴ DI SCIPIO Agostino, « Formal Processes of Timbre Composition, Challenging the Dualistic Paradigm of Computer Music, A study in Composition Theory (II) », in: *ICMC Proceedings 1994*, Aarhus, Denmark, International Computer Music Association, 1994, p. 206.

⁵⁵ BROWN Andrew R., « Opportunities for evolutionary music composition », in: *Australasian Computer Music Conference*, Melbourne, Editeur P. Doornbusch, 2002, pp. 27-34.

⁵⁶ Il cite les recherches de Hendriks-Jansen 1996.

⁵⁷ BROWN, « Opportunities for evolutionary music composition », *art. cit.*, 2002, p. 27. "Emergence, in this sense, involves the historical development of musical complexities from simple traits and forms of organization", notre traduction.

⁵⁸ BURROWS David, « A Dynamical Systems Perspective on Music », *The Journal of Musicology* 15 (4), 1997, pp. 529-545. En ligne: <<https://doi.org/10.2307/764006>>.

systémique de l'opéra contemporain. Puis en 2004, Yrjo Mikkonen a soutenu sa thèse intitulée *On Conceptualization of Music : Applying Systemic Approach to Musicological Concepts* dans laquelle il examine la notion d'émergence en tant que concept musicologique. Cette idée a déjà été soutenue par l'*Italian Systems Society*, notamment par Gianfranco Minati et Eliano Pessa, dans plusieurs publications récentes, comme par exemple, *Emergence in Complex, Cognitive, Social and Biological Systems*, publié en 2002. Citons en particulier Emanuela Pietrocini, qui traite de cette question dans ses articles, « *Music : Emergence and Metastructural Properties in the Practice of the Thorough Bass* », et « *Music, Emergence and Pedagogical Process* ».

Actuellement on voit apparaître nombre d'articles en langue française. Parmi des publications de Makis Solomos, nous citerons son article sur l'émergence dans la musique d'Agostino Di Scipio⁵⁹ où l'on trouve une analyse et un développement des idées principales de la *Theory of Sonological Emergence* de Di Scipio. Solomos prolonge cette recherche sur l'émergence l'année suivante en collaboration avec Renaud Meric dans un article intitulé « Écosystèmes audibles et structures sonores émergentes dans la musique d'Agostino Di Scipio : Une collaboration entre philosophie de la musique et analyse musicale ». Cet article introduit la notion de *feedback*, ou « causalité circulaire » et souligne la problématique essentielle de l'analyse des structures musicales interactives. En 2014, Louis Dufort, compositeur canadien, a soutenu sa thèse sur ses propres procédés de composition qui conduisent aux effets émergents, thèse intitulée *Approche systémique pour la composition d'œuvres acousmatiques, mixtes, vidéo-musicales et pluridisciplinaires*. Ajoutons à ceux-ci le travail de Zoé Tucker : « *Emergence and Complexity in Music* » (2017), qui survole l'application des notions de complexité et d'émergence à la musique du point de vue mathématique.

A l'heure actuelle la recherche s'intéresse particulièrement aux phénomènes d'émergence dans les arts, comme on a pu le constater en 2013 au cours du colloque des Jeunes Chercheurs à l'Université Toulouse II–Le Mirail, qui portait sur le thème des *Processus de création comme phénomènes d'émergence*⁶⁰. En 2014, plus spécifiquement dans le domaine des recherches musicales, Martha Grabócz coordonne, en collaboration avec le LabEx GREAM⁶¹ un colloque autour de *L'influence des théories scientifiques sur le renouvellement des formes dans la musique contemporaine*. Ainsi, compositeurs,

⁵⁹ SOLOMOS Makis, « Notes sur la notion d'"émergence" et sur Agostino Di Scipio » dans SOULEZ Antonia et VAGGIONE Horacio, *Manières de faire des sons*, Paris, L'Harmattan, 2011, pp. 83-100. En ligne: <<https://hal-univ-paris8.archives-ouvertes.fr/hal-00993376>>, consulté le 04.10.2018.

⁶⁰ Sous la Direction scientifique de Mathilde Murat et de Raphaël Bergère, Laboratoire LARA-Sepia (Laboratoire de Recherche en Audiovisuel – Savoirs, Praxis et Poïétiques en Art).

⁶¹ Labex GREAM (Groupe de Recherches Expérimentales sur l'Acte Musical) de l'Université de Strasbourg.

scientifiques et musicologues ont fait le point sur l'application des théories scientifiques à la composition musicale pour considérer, entre autres, la théorie des catastrophes, la théorie du chaos, l'astrophysique, les modèles mathématiques.

Puis en 2016, dans le cadre du *Festival aCROSS* qui avait pris pour thème *Émergence, aux confins du sensible*, se sont réunis scientifiques, écrivains, artistes, musiciens et philosophes : une véritable confluence des regards sur la notion d'émergence. Pendant ce festival, plusieurs laboratoires de recherche ont saisi l'occasion pour mener un colloque interdisciplinaire portant plus spécifiquement sur la musique avec comme thème, *L'émergence en musique, dialogue des sciences*. Ce colloque a traité en premier lieu l'aspect interdisciplinaire de l'émergence, avant de se pencher plus précisément sur son incidence dans la musique. On y retrouve parmi ceux qui sont réunis, Jean-Marc Chauvel, Pierre-Albert Castanet (président), Nicolas Darbon, François Delalande (président d'honneur), Martin Laliberté, Gérard Pelé, Makis Solomos, Antonia Soulez, ainsi que les compositeurs Gérard Pape et Horacio Vaggione.

I.1.4. Émergence et Analyse musicale

Dans la recherche musicale actuelle l'émergence apparaît comme une notion indispensable dans la mesure où elle permet de réfléchir à la problématique d'analyse musicale sous une nouvelle optique, celle de la systémique. Déjà Ligeti nous semble être vraiment précurseur d'une telle approche, avec ses préoccupations portant sur des processus tels que la complexité, le chaos, la micropolyphonie et la polyrythmie. Sa conception musicale nous apparaît comme un vecteur important qui conduit de la notion d'émergence à une pensée systémique en musique. On trouve dans ses œuvres telles qu'*Apparitions* (1958-59) et *Atmosphères* (1961), que l'identité individuelle des hauteurs et des durées « est neutralisée par leur intégration dans une fonction globale de complexes chargés sur le plan chromatique »⁶².

Puis, dans ses œuvres des années soixante, comme *Lux Aeterna* et *Lontano* (1967) par exemple, on constate une densité micro-polyphonique dans laquelle la structure linéaire du contrepoint se fond pour faire émerger un contexte musical qui ne peut être compris qu'en tant qu'espace sonore global. D'ailleurs dans son article sur « *Ligeti's Net-Structure Compositions* », Miguel Roig-Francoli remarque que même si l'écriture de Ligeti est

⁶² ROIG-FRANCOLI Miguel A., « Harmonic and Formal Processes in Ligeti's Net-Structure Compositions », *Music Theory Spectrum* 17 (2), 1995, p. 242. En ligne: <<https://doi.org/10.2307/745873>>.

essentiellement polyphonique, on constate que des « constellations harmoniques de hauteurs émergent » de la superposition complexe des lignes mélodiques.

En effet, la technique de composition par « trames » (*net-structures*) développée par Ligeti crée un réseau de micromouvements linéaires ou de motifs répétés, dans un processus interactif où un ou plusieurs paramètres du son (hauteur, rythme, intensité, timbre etc.) connaissent une transformation continue. Michel Rigoni remarque : « Appréhender les trames, c'est considérer le rapport entre le phénomène global et les micro-événements qui le constituent »⁶³. Par ce procédé, Ligeti transforme la caractéristique linéaire du processus contrapuntique en processus non linéaire. L'individualité des mouvements indépendants des voix est brisée et la complexité de leur interaction fait émerger un mouvement méta-harmonique. Selon Roig-Francoli, dans les compositions canoniques ou contrapuntiques de Ligeti, on constate que « la transformation harmonique à l'intérieur des trames résulte des *processus systémiques* de fluctuation chromatique ou d'expansion et de contraction des intervalles »⁶⁴, ce qui a une incidence importante sur le timbre perçu.

On retrouve ce même genre de structure systémique dans les musiques improvisées, dans les musiques intuitives (de Stockhausen par exemple), dans les musiques de processus (Reich, Cage) et dans les musiques algorithmiques interactives. Ces musiques sont caractérisées par la complexité de leur interactivité et l'interdépendance des parties qui constituent la structure musicale. Les œuvres pour pianola de Conlon Nancarrow donnent une belle démonstration que la superposition de multiples couches temporelles engendre des interactions complexes qui mènent à un changement de timbre. Il serait intéressant aussi de considérer d'un point de vue analytique la musique mixte, qui met en avant l'interaction entre l'interprète et les dispositifs électroniques, entre les partitions écrites et les musiques acousmatiques sur support. Pour prendre en compte les effets émergents de cette relation électro-instrumentale, *Répons* de Boulez nous en donne l'exemple.

On a pu voir que les outils d'analyse conventionnelle (de l'analyse sémiotique, schenkerienne, ou de la *set*-théorie, par exemple) restent limités dans ce contexte et qu'ils nous fournissent peu d'informations pertinentes sur les véritables formes musicales et sur leur relation avec le système d'écriture. La dynamique des formes et les phénomènes sonores font émerger le sens musical bien mieux que les notes sur la partition. De ce fait, l'approche systémique appliquée à l'analyse musicale peut permettre de prendre en compte les effets qui émergent de la complexité. Il nous semble qu'une telle approche sera fructueuse pour

⁶³ RIGONI Michel, « Méthodologies de l'analyse de la musique contemporaine : pluralité des esthétiques, multiplicité des analyses », *Musurgia* 3 (3), 01.01.1996, p. 63.

⁶⁴ ROIG-FRANCOLI, « Harmonic and Formal Processes in Ligeti's Net-Structure Compositions », *art. cit.*, 1995, p. 243, nos italiques.

l'analyse de la musique de Gérard Pape, musique qui favorise les processus de transformation sonore, la complexité, l'interaction et l'interdépendance entre les parties différentes du tissu sonore.

I.1.5. Émergence et la composition musicale chez Pape

Les premières rencontres de Pape avec le concept d'émergence musicale remonte à 1985, avec sa composition pour grand orchestre, *Cosmos*. Inspiré par le travail de Ligeti sur des processus de changement et des micro-polyphonies, notamment dans son article « *Metamorphoses of Musical Form* » (1958) et son œuvre *Lontano*, Pape se retourne vers l'astrophysique et les théories de l'évolution cosmique, comme celle du *Big Bang*, pour la conceptualisation formelle de *Cosmos*.

Dans sa communication « *Forme, Émergence et Astrophysique* » de 2016, Pape remarque que, suite à la composition de *Cosmos*, il a constaté qu'à partir d'un certain seuil de complexité apparaissent des transformations inattendues (dans les domaines de fréquence, amplitude, timbre etc.) qui créent des propriétés « authentiquement nouvelles », des « émergents ». De plus, il relève que ces perceptions émergentes « peuvent à leur tour être à l'origine causale d'une influence sur la perception d'autres structures formelles de même niveau ou sur des formes sonores d'un niveau inférieur »⁶⁵.

Pape décrit sa démarche ainsi : « Sans utiliser le mot « émergence » à l'époque, j'ai travaillé avec l'idée musicale analogique à l'évolution cosmique que les formes sonores micro et méso de plus en plus complexes pourraient donner comme résultats des macroformes émergentes et uniques, pas prévisibles d'avance dans leurs qualités inouïes que j'ai transposées en séquences de structures sonores et macroformes émergentes »⁶⁶. S'inspirant des lois de l'astrophysique, il crée le modèle formel de *Cosmos* dans lequel évoluent des formes constituées « de matières émergentes de plus en plus complexes »⁶⁷.

Il convient de remarquer que déjà Ligeti et Xenakis, chacun de leur côté, avaient cherché à tirer parti des effets de la complexité musicale dans leurs œuvres. Ligeti parle de ces propriétés émergentes, fondamentalement perceptuelles, comme des « illusions »⁶⁸ et Xenakis les identifie comme des *propriétés du second ordre*⁶⁹. Cette découverte ouvre des

⁶⁵ PAPE Gerard, « *Forme, Émergence et Astrophysique* », in: *L'émergence en musique - aCROSS'16 | IReMus*, Paris, Dir. Jean-Marc Chouvel, 2016.

⁶⁶ Ibid.

⁶⁷ Ibid.

⁶⁸ Cf. LIGETI György, *Neuf essais sur la musique*, trad.fr. Catherine Fourcassie, Genève, Éd. Contrechamps, 2001, pp. 19, 169 et 175.

⁶⁹ Notion évoqué par Xenakis dans XENAKIS, « *Musiques formelles* », *art. cit.*, 1963, p. 61.

possibilités très riches aux compositeurs de la génération suivante dont fait partie Gérard Pape. En effet, l'exploitation des *propriétés du second ordre* inspire Jean-Claude Risset, Horacio Vaggione, et Agostino Di Scipio, entre autres, dans leurs stratégies de composition.

Cet intérêt pour les propriétés perceptuelles de la musique se retrouve au centre même de la conception de la musique spectrale, notamment chez Hugues Dufourt, Gérard Grisey, Michaël Levinas et Tristan Murail. Dufourt décrit leur musique comme « des organisations en voie d'émergence, de possibilités mouvantes, des polarités diversifiées à l'extrême. Les critères secondaires de la perception deviennent ainsi les éléments majeurs de cette musique »⁷⁰. Même si ses préoccupations perceptuelles restent très proches de celles de la musique spectrale, Gérard Pape va continuer à chercher d'autres modèles pour obtenir une véritable « sensation de progression harmonique ». Sensation qu'il espère puisse dépasser celle d'une « simple succession d'agrégats ou de spectres verticaux »⁷¹.

Dans cette direction, Pape va s'appuyer d'abord sur les modèles stochastiques, puis sur les structures fractales et chaotiques que l'on retrouve dans des œuvres telles que *Battle*, *Le fleuve du désir* et *Makbénach*.

Un continuum de micromouvements et de micro-transitions peut être défini entre les chemins de micromouvements entièrement déterministes et prévisibles, les micromouvements qui sont imprévisibles d'un moment à un autre moment, mais qui sont déterminés dans leur motif fractal basé sur la présence d'un attracteur étrange sous-jacent (chaos déterministe), et enfin les modèles entièrement stochastiques où il ne semble y avoir aucune prévisibilité ou déterminisme.⁷²

Par ailleurs, Pape reconnaît avoir été fortement inspiré par les idées d'Antonin Artaud, notamment par sa conception d'un théâtre total dans lequel tous les éléments participent à l'expression totale de l'œuvre : le texte, les techniques vocales, la ritualisation des gestes, la sonorisation avec les enregistrements (disques de cire) et avec les instruments électroniques (ondes Martenot) ainsi que les effets d'éclairage. Conformément à ce modèle, Pape conçoit la composition musicale comme une approche globale : toute transformation des paramètres musicaux se traduit dans un tout global. Une expérience totale émerge de ce réseau d'interaction.

Fidèle à l'esprit d'Artaud tel qu'il s'exprime dans le *Théâtre de la cruauté*, Pape choisit en 2000 de travailler sur un opéra : *Les Cenci*. Il cherche à créer une expérience d'immersion totale dans laquelle « ces apparitions [...] chargées de désorganiser et de

⁷⁰ DUFOURT Hugues, *La musique spectrale : une révolution épistémologique*, 1 vol., Sampzon, Éd. Delatour France, 2014 (Collection Musique & philosophie), p. 20.

⁷¹ PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 126.

⁷² Ibid., p. 124.

pulvériser les apparences [...] ne posséderont leur vraie magie que dans une atmosphère de suggestion hypnotique où l'esprit est atteint par une pression directe sur les sens »⁷³.

Parallèlement, Pape s'inscrit dans la lignée de Xenakis qui a toujours souhaité « établir une nouvelle science de « morphologie générale » qui traiterait les « nouvelles formes abstraites et libres ». Dans cette perspective, Pape s'oriente de plus en plus vers des modèles morphogénétiques. Il constate que « les meilleurs candidats pour des modèles possibles de morphogénèse musicale sont les formes qui ont une conséquence sur le processus dynamique impliquant de l'auto-organisation et de l'émergence, des transitions de phase, des bifurcations et des instabilités »⁷⁴.

De ce fait, son chemin croise à nouveau celui des Spectralistes sur un point commun : l'évolution organique des timbres et des structures qui, d'après Dufourt, soulignent « les glissements de valeur, les chevauchements de phases, les déformations de milieux, [...une] dynamique instable »⁷⁵ et qui propagent « de proche en proche ses propriétés génériques d'articulation »⁷⁶. Dans ce cadre, Pape s'inscrit tout à fait dans l'effort de la recherche contemporaine qui place les propriétés perceptuelles au centre de la conception d'une œuvre musicale.

Il nous semble qu'il est devenu évident que la notion d'émergence a pris une place de plus en plus importante au cours du XX^e siècle tant dans le domaine scientifique que dans la pensée musicale. Elle s'est introduite dans l'art de la composition dès les années soixante et peut désormais être même considérée comme une préoccupation principale chez certains compositeurs. Gérard Pape est un de ceux qui s'appuient sur le principe des effets émergents dans le processus de création musicale, et qui – nous semble-t-il – intègre les principes d'une pensée systémique à de multiples niveaux d'interaction, de la microphonie à la macrophonie.

Il est clair que les musiques dans lesquelles les effets émergents déterminent la compréhension globale de l'œuvre entraînent une rupture épistémologique : les paramètres d'une analyse musicale conventionnelle ne permettent pas de prendre en compte, dans l'œuvre musicale, l'émergence de formes, de phénomènes et de relations. En effet, l'essence même d'un effet émergent repose sur sa condition irréductible et ne peut, du fait de sa nature holistique, être réduit à ses éléments composants.

Il existe dorénavant un gouffre sans cesse grandissant entre la partition et le son qui en découle, entre le son et la musique. L'analyse d'œuvres comme celles de Gérard Pape ne doit

⁷³ « Le théâtre et son double » dans ARTAUD Antonin, *Œuvres*, Paris, Gallimard, 2004 (Quarto), p. 582.

⁷⁴ PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 119.

⁷⁵ DUFOURT, *La musique spectrale*, op. cit., 2014, p. 20.

⁷⁶ Ibid., p. 21.

surement pas se résumer à dépister des techniques de composition et des données informatiques – elle doit nous permettre de percer le secret d’une réflexion nouvelle et d’une meilleure compréhension de la musique qui en émerge. L’analyse systémique serait-elle une approche dont ces musiques peuvent tirer avantage ?

Nous pensons que les nouvelles stratégies compositionnelles partagent nombre de principes avec les modèles d’analyse systémique et nous souhaitons démontrer que ces modèles ont la capacité de nous fournir des outils essentiels pour la compréhension des effets musicaux émergents.

I.2. Une approche globale de l'œuvre musicale

Une des propriétés pertinentes du système de l'œuvre musicale est sa globalité. Cela signifie que l'ensemble des caractéristiques musicales l'emporte sur ceux des éléments seuls. [Les éléments] sont constitutifs et par conséquent dépendent du contexte et des relations qui définissent l'œuvre.⁷⁷

Cosmin Georgescu et Mario Georgescu

La *Théorie générale des systèmes* de Bertalanffy pose comme principe que *tout* est interconnecté. De ce fait il nous revient donc d'étudier cette interconnectivité afin de bien comprendre le monde et son fonctionnement. C'est une rupture radicale avec l'approche analytique conventionnelle qui réduit les phénomènes à leurs constituants individuels afin de les considérer indépendamment. Malgré l'apparence d'une opposition fondamentale entre les approches systémique et analytique, Daniel Durand nous explique dans son livre *La Systémique* qu'elles sont plutôt complémentaires : l'approche systémique complète l'analyse « en la dépassant : elle remet les choses à leur place en privilégiant la vue d'ensemble par rapport aux détails »⁷⁸.

Selon David Pouvreau, dans sa thèse tout à fait remarquable sur les travaux de Bertalanffy, le modèle théorique de Bertalanffy consiste à :

[...] élaborer un langage et des concepts transdisciplinaires rétablissant une communication entre scientifiques, et [à] jeter les bases d'un type inédit d'unité de la science : non plus une unité hypothétique fondée sur l'espoir peut-être chimérique et certainement source de controverses d'une réduction ultime des concepts, méthodes et lois de toutes les sciences à une seule jugée plus fondamentale, mais une « unité formelle » qui se manifesterait par les isomorphismes entre des disciplines dont l'autonomie serait garantie, et qui reposerait sur l'ubiquité de concepts et de principes systémiques généraux, parfaitement transdisciplinaires.⁷⁹

Du fait de cette nature transdisciplinaire, la théorie de Bertalanffy et la notion d'émergence sont devenues étroitement associées depuis le début des années soixante-dix.

⁷⁷ GEORGESCU Cosmin et GEORGESCU Mario, « A system approach to music », *Interface* 19 (1), 01.01.1990, p. 17. En ligne: <<https://doi.org/10.1080/09298219008570554>> "One of the pertinent properties of the musical-work system is wholeness. This means that the characteristics of the musical whole prevail over those of the elements. [The elements] are constitutive, hence dependent of the context and the relations defining the work", notre traduction.

⁷⁸ DURAND Daniel, *La systémique*, 1 vol., 12e éd., Paris, Presses universitaires de France, 2013 (Que sais-je ?), p. 119.

⁷⁹ POUVREAU David, *Une histoire de la "systémologie générale" de Ludwig von Bertalanffy - Généalogie, genèse, actualisation et postérité d'un projet herméneutique*, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS), 2013. Français., 2013, p. 3 à 4.

Leur rapprochement réside dans l'observation que les phénomènes émergents apparaissent à partir de l'interaction collective entre individus ou composants d'un système – il n'est possible d'expliquer leur apparition et leur forme qu'en considérant la nature et le comportement de l'ensemble. Ainsi, la théorie des systèmes, connue désormais comme *la systémique*, fournit un cadre théorique transdisciplinaire à partir duquel il est possible de définir, dans des contextes de complexité dynamique, les critères et les conditions de causalité non seulement du phénomène *d'émergence* mais aussi des nouveaux effets créés : les *émergents*.

Examiner la notion d'émergence dans l'œuvre musicale revient à considérer la musique dans l'optique de la systémique. Avant de construire une méthodologie appropriée pour l'étude des effets musicaux émergents, il convient donc de comprendre l'essentiel de l'approche systémique et d'identifier les propriétés et les notions qui s'appliquent à l'œuvre musicale. En ce faisant, nous chercherons à nous approprier les outils de ce modèle théorique en les adaptant à notre problématique. Ainsi, il deviendra possible d'envisager la description et la définition des propriétés émergentes dans l'œuvre musicale et de les distinguer des propriétés simplement résultantes.

I.2.1. L'essentiel de la systémique

La systémique sert à dégager les principes généraux, structuraux et fonctionnels des systèmes de toute nature, venant de toutes les disciplines. Cependant, les notions fondamentales de globalité, d'organisation, de dynamique, d'interactivité et de complexité se retrouvent dans de nombreuses définitions du système.

Parmi celles-ci, il nous paraît particulièrement pertinent pour une œuvre musicale d'appliquer les définitions suivantes⁸⁰ :

- « Une totalité organisée, faite d'éléments solidaires ne pouvant être définis que les uns par rapport aux autres en fonction de leur place dans cette totalité. »
- « Un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisés en fonction d'un but. »
- « Un objet complexe, formé de composants distincts reliés entre eux par un certain nombre de relations. »

Nous allons donc considérer dans le détail, les notions fondamentales comme la globalité, l'organisation « espace-temps », les relations d'interaction et de rétroaction, et la complexité.

⁸⁰ Dans DURAND, *La systémique, op. cit.*, 2013, p. 9.

1.2.1.1. La globalité

Un système n'a d'existence qu'en fonction de l'intégralité de sa composition. Il comprend à la fois l'unité et de la variété. Selon Edgar Morin, un système est un paradoxe : « considéré sous l'angle du Tout, il est un et homogène ; considéré sous l'angle des constituants, il est divers et hétérogène »⁸¹. Morin appelle cela *l'unité complexe organisée*. Un système ne fonctionne que comme un ensemble au point que s'il est décomposé en parties séparées, son existence même est compromise.

1.2.1.2. L'organisation « espace-temps »

Un système représente à la fois un *état* (espace) et un *processus* (temps). Selon le principe de la systémique, l'organisation d'un système est décrite en fonction de ces deux aspects principaux. L'aspect structurel (l'état) comprend la mise en forme spatiale et hiérarchique des composants et l'agencement de relations entre composants – il décrit comment les composants sont assemblés. L'aspect fonctionnel (processus) comprend la mise en œuvre dynamique des mécanismes du système – c'est-à-dire, sa programmation dans le temps.

Durand résume la particularité de l'organisation des systèmes dynamiques : « A la différence des objets inertes, ces systèmes ne se maintiennent qu'à travers l'action, le changement ; leur identité, ou leur *invariant*, ne provient pas de la fixité de leurs composants, mais de la stabilité de leur forme et de leur organisation à travers les flux qui les traversent »⁸². Le maintien d'un système s'effectue donc par l'action continue de ses composants, qui par cette action même conservent l'identité du système.

1.2.1.3. L'interaction et la rétroaction

Au sein du système, l'interaction peut exister de façon interne, c'est-à-dire entre les éléments, ou de façon externe, entre le système et son environnement. Un système qui n'entretient pas d'interaction avec son environnement est dit fermé tandis que le système qui interagit avec son environnement sera dit ouvert. L'influence de ces interactions internes et externes agit de façon cumulative sur le futur comportement du système en entraînant un phénomène rétroactif : la boucle de rétroaction (*feedback*).

La rétroaction peut modifier le comportement du système soit d'une façon négative, en agissant en sens opposé au comportement antérieur, soit d'une façon positive, en renforçant

⁸¹ MORIN Edgar, *La Nature de la nature*, Paris, Éditions du Seuil, 1977 (La Méthode 1), p. 105.

⁸² DURAND, *La systémique*, op. cit., 2013, p. 6.

un effet cumulatif ou croissant. Dans la rétroaction négative, la stabilité est atteinte lorsque le flux d'activité est maintenu en équilibre dans un état homéostatique par la régulation des interactions au sein du processus. Si, par contre, la boucle de rétroaction est positive, elle renforce et accélère l'activité du système. Cela provoquera un déséquilibre du système qui peut entraîner un changement de phase et une évolution du fonctionnement global.

1.2.1.4. La complexité

Un complexe est une unité faite de plusieurs agents. La complexité décrit donc la nature dynamique et non linéaire de leurs interactions. Elle dépend du nombre de composantes entrant en interaction ainsi que de l'indépendance de leur comportement au sein du système. Plus il y aura de composants actifs, plus complexe deviendra leur comportement collectif. La complexité est donc inhérente à la composition même d'un système – elle provient de l'incertitude soit du comportement de ce système, soit de ses interactions avec l'environnement. Une structure complexe représente le rapport ambigu entre déterminisme et hasard, ordre et désordre, continu et discontinu, etc. On dit que le comportement interactif et interrelationnel des systèmes complexes est « véritablement *émergent* »⁸³ et que de tels systèmes peuvent manifester « un phénomène de mise en ordre croissant et de changement d'état »⁸⁴, autrement dit, de *l'auto-organisation*.

1.2.2. Considérer la musique sous l'optique systémique

D'un point de vue ontologique, la musique peut être considérée comme un système grâce à sa nature conceptuelle.⁸⁵ En effet, Bertalanffy distingue entre des *systèmes réels*, c'est-à-dire les entités que l'on peut percevoir à partir de l'observation et qui sont indépendantes de l'observateur, et des *systèmes conceptuels* : « tels que la logique ou les mathématiques qui sont essentiellement des notions symboliques (mais comprenant aussi, par exemple, la musique) »⁸⁶.

⁸³ EMMECHE, KOPPE et STJERNFELT, « Explaining Emergence », *art. cit.*, 1997, p. 3 "This collective behaviour is said to be truly emergent and the term has become increasingly used to characterise such systems", notre traduction.

⁸⁴ DURAND, *La systémique*, *op. cit.*, 2013, p. 22.

⁸⁵ Bien qu'il y a eu déjà quelques tentatives, surtout aux Etats-Unis, à décrire la musique en termes 'systémiques', ces approches précoces relèvent plutôt d'une pensée structuraliste que de ce qu'on appellerait une approche systémique. Citons la thèse de Burt Levy (1972) intitulé *Aspects of a Systems Approach to Musical Analysis*, dont la date des travaux précède la publication de la théorie de Bertalanffy.

⁸⁶ VON BERTALANFFY Ludwig, « The History and Status of General Systems Theory », *The Academy of Management Journal* 15 (4), 1972, p. 422. En ligne: <<https://doi.org/10.2307/255139>> "There are conceptual systems, such as logic or mathematics, which essentially are symbolic constructs (but also including, e.g. music)", notre traduction.

Héritée d'une pensée structuraliste, l'approche globale du fait musical se manifeste dans les procédés des compositeurs tels que Boulez, Ligeti, Stockhausen et Xenakis, pour n'en citer que quelques-uns. Dans son ouvrage datant de 1963, *Penser la musique aujourd'hui*, Boulez parle d'un ensemble de possibilités créatrices « liées entre elles par des affinités prédominantes par rapport à un caractère donné »⁸⁷. Il décrit le fait sonore en tant qu'ensemble de « données » ou de « composants » qui soit s'intègrent avec les autres, soit coexistent simplement entre eux.⁸⁸

La systématisation des matériaux musicaux est aussi évidente dans l'approche de Stockhausen, qui relie tous les éléments quels que soient leurs niveaux hiérarchiques dans la structure musicale, en une « super-formule ». Decarsin commente qu'il « n'est plus possible de parler [...] de matériau principal de construction (hauteurs et durées etc.) et d'insertions, mais plutôt de tous les aspects différents qui sont déjà ordonnés dans la formule »⁸⁹. Stockhausen lui-même admet qu'il ne pensait plus aux instruments mais plutôt aux « structures, systèmes et proportions », les sons eux mêmes ayant une fonction structurelle.⁹⁰

Dans l'ouvrage *Théories de la composition musicale au XX^e siècle*, l'article de Makis Solomos définit le concept de « masse » chez Xenakis comme la composition des sonorités par des procédés tels que « la composition avec des graphiques, l'idée de "nuages" de sons, l'espace, la transformation continue (processus) »⁹¹. Solomos continue : « Ainsi, il introduisit au sein de l'avant-garde musicale du début des années 1950, qui était caractérisée par une décomposition paramétrique du phénomène sonore, une approche globale du phénomène sonore »⁹².

Penser le son comme un ensemble évolutif de paramètres programmables relève autant de l'héritage structurel et du post-sérialisme que de l'avènement de l'informatique. Les développements conceptuels des Spectralistes coïncident justement avec la publication de la *Théorie générale des systèmes* de Bertalanffy. Hugues Dufourt rend compte de sa pensée systémique ainsi : « La forme algorithmique désigne le nouveau paradigme du savoir qui, à

⁸⁷ BOULEZ Pierre, *Penser la musique aujourd'hui*, Paris, Éditions Gonthier, 1963 (Bibliothèque Médiations 13), p. 35.

⁸⁸ Ibid., p. 36.

⁸⁹ DECARSIN Francois, « Metamorphoses of Invention », *Perspectives of New Music* 36 (2), 01.07.1998, p. 31. En ligne: <<https://doi.org/10.2307/833521>> "So it is no longer possible to speak [...] of principal constructive material (pitches, durations etc) and of insertions, but rather all the different aspects are already laid out in the formula", notre traduction.

⁹⁰ Cf. Stockhausen, « Arbeitsbericht 1953: Die Entstehung der elektronischen Musik, » Texte1, 41, dans *ibid.* "To a large extent one did not primarily think about the instrument or with the instrument at all; primarily one desired structures, systems, proportions; [...] one thought of the tones themselves as bearers of structural functions. And in reality? : That mostly trod a path full of contradiction".

⁹¹ DONIN Nicolas et FENEYROU Laurent (éds.), *Théories de la composition musicale au XX^e siècle*, 2 vol., Lyon, Symétrie, 2013 (Symétrie recherche), p. 1057 à 1080.

⁹² Ibid.

l'image d'une machine de Turing, se présente comme une machine idéale capable de simuler les procédures de traitement de l'information jusque dans ses plus infimes détails »⁹³. Il constate que « la réalité elle-même se schématise dans une interconnexion de systèmes formels »⁹⁴.

Ce nouveau paradigme systémique s'applique également à la création musicale de *l'Avant-garde* où on peut constater que les préoccupations se portent sur la nature complexe du son et sur des effets tels que des paradoxes et des illusions sonores. Dans un entretien pour *Le Monde de la Musique*, Stockhausen affirme que « la complexité en musique est une valeur en soi »⁹⁵.

Par ailleurs, György Ligeti résume l'effet des procédés de la musique électronique sur la complexité musicale en précisant qu'ils donnent « la possibilité de créer des structures sonores complexes à partir de différentes couches, constituées de son sinusoïdaux. [...] Ensuite, j'ai combiné ce que j'avais appris au studio avec mes connaissances contrapuntiques »⁹⁶. Ainsi il a imaginé sa « micropolyphonie »⁹⁷ en superposant et en fusionnant de multiples sons et séquences musicales, conçus séparément afin de créer des trames et des réseaux musicaux d'une grande complexité.

La *New Complexity* de Brian Ferneyhough et de Michael Finnissy sera une autre manifestation de ce centrage sur la complexité. Mais la complexité en musique peut émerger également d'une multiplication d'opérations extrêmement simples⁹⁸ comme dans la musique de Steve Reich, par exemple par la superposition des couches identiques déphasées de *Violin phase*.

Comme nous l'avons vu, la première étude musicologique qui tente de définir la musique au travers les théories de la systémique est la publication révolutionnaire de Cosmin et Mario Georgescu dans *The Journal of New Music Research* en 1990. Leur article, « A System Approach to Music », considère l'œuvre musicale comprise comme un ensemble de phénomènes sonores, ordonné selon certains niveaux (mélodique et/ou harmonique,

⁹³ DUFOURT, *La musique spectrale, op. cit.*, 2014, p. 36.

⁹⁴ Ibid., p. 35.

⁹⁵ STOCKHAUSEN Karlheinz, « Entretien avec Patrick Szersnovicz », *Le Monde de la Musique* No 279, Paris, septembre 2003, p47.

⁹⁶ LIGETI, *Neuf essais sur la musique, op. cit.*, 2001, p. 17, (Dans les œuvres Apparitions, Atmosphères, et Requiem, par exemple).

⁹⁷ Ibid., p. 185.

⁹⁸ Nicolas Darbon résume la situation ainsi : « La fin du XXe siècle a vu naître deux écoles musicales parfaitement antinimiques, la Neue Einfachheit (Nouvelle Simplicité) et la New Complexity (Nouvelle Complexité). Cf. DARBON Nicolas, *Musica multiplex : dialogue du simple et du complexe en musique contemporaine*, 1 vol., Paris, l'Harmattan, 2007 (Sémiotique et philosophie de la musique), p. 15.

polyphonique, formel, agogique, du timbre, etc.)⁹⁹ Ils définissent ainsi l'œuvre musicale comme « un ensemble d'éléments en interaction » et en tant que système « puisque le comportement de chacun des éléments par rapport à la relation de structure axiologique propre à certaines matrices stylistiques diffère de son comportement par rapport aux autres relations »¹⁰⁰.

C. et M. Georgescu étaient sans doute inspirés par la thèse de Burt Levy « *Aspects of a Systems Approach to Musical Analysis* » (1972). La thèse de Levy repose fondamentalement sur le postulat qu'une composition musicale est une unité globale, un déploiement de relations intrinsèquement dynamiques qui s'influencent mutuellement. Sa méthode analytique s'inspire des concepts « *générativistes* » de Heinrich Schenker, tels que les notions de prolongation et les mouvements harmoniques orientés vers un but. Le travail de Levy tisse un lien intéressant entre les théories de Nicolas Ruwet et de Schenker avec son explication des déploiements des schémas syntactiques. Levy conclut que « l'on peut caractériser l'analyse musicale, quand elle est bien conçue, comme relevant de l'*output* (c'est-à-dire du comportement musical) d'un système musical donné »¹⁰¹.

Mais au final, la méthodologie analytique de Levy relève plus d'une méthode générative d'analyse dans le contexte des œuvres tonales que d'une véritable approche systémique dans le sens du terme défini par Bertalanffy dans *La théorie générale des systèmes* de 1968. Cependant, l'approche de Levy identifie, comme le font Cosmin et Mario Georgescu, l'aspect des comportements collectifs intrinsèquement complexes des éléments musicaux ainsi que leurs propriétés interactives et interrelationnelles.

Ainsi, dès le début des années quatre-vingt-dix, on constate le grand intérêt porté sur la notion de complexité musicale et sur son aspect dynamique, et ceci notamment dans les domaines de l'informatique musicale. Cet aspect complexe et dynamique de la structure musicale est mis en lumière par une nouvelle génération de compositeurs-chercheurs tels que Agostino Di Scipio, Michaël Levinas, Gérard Pape, Curtis Roads, Horacio Vaggione et Trevor Wishart, pour n'en citer que quelques-uns. On constate que le changement de paradigme est entraîné par ces procédés de création musicale, constat résumé par Hugues Dufourt ainsi : « La structure ne désigne donc plus un système de lois et d'invariances. Elle décrit les caractères d'une totalité plus ou moins souple, plus ou moins lâche, où les notions

⁹⁹ GEORGESCU et GEORGESCU, « A system approach to music », *art. cit.*, 1990, p. 17, "Let us consider, for instance, a musical work understood as a set of sound phenomena, organized in certain melodic and/or harmonic, polyphonic, formal, agogic, tone-colour levels [...]", notre traduction.

¹⁰⁰ Ibid. "The musical work thus considered satisfies no doubt the definition of the system as an ensemble of interacting elements since the behaviour of any of these elements with respect to the axiological-structurability relation proper to a certain stylistic matrix differs from its behaviour with respect to other relations".

¹⁰¹ LEVY Burt Jerome, *Aspects of a Systems Approach to Musical Analysis*, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1972, p. 239.

de finalité et d'optimalité prennent un sens effectif, où la modalité du possible acquiert une signification nouvelle et élargie. La figure du possible, c'est l'émergence, qui exprime la rencontre empirique du sensible »¹⁰².

D'après Pape, la structure musicale est définie comme « un ensemble de possibilités sonores qui ne sont pas encore séquencées dans le temps »¹⁰³ et qui « est conçue et calculée en tant qu'opération 'hors du temps' ».¹⁰⁴ La véritable forme sonore, précise Pape « dans le temps [...] ne représente qu'une possibilité parmi de nombreuses autres » pour la réalisation d'une structure « hors du temps ». Il résume ainsi : « La partition en tant que structure 'hors du temps' n'est que l'information figée, c'est-à-dire qu'elle représente un son à naître »¹⁰⁵. Nous reviendrons ultérieurement sur cette analyse dont les implications sont très riches en termes de dynamique de la forme musicale.

Les structures informatiques de Di Scipio s'appuient sur les principes de la rétroaction afin de générer des processus complexes et évolutifs. Ses œuvres, comme *Plex* par exemple, sont essentiellement des structures *opérationnelles*¹⁰⁶ qui sont implicitement indéterministes : le compositeur ne peut pas prévoir le résultat global avant d'avoir observé le comportement du système musical. La structure sonore est ainsi générée à l'*output* du processus et va consister en des formes articulées par leur temporalité non linéaire interne.

Il va de soi que de telles approches de la conception musicale reposent sur une pensée prédisposée à l'approche systémique. L'évolution de ces procédés de composition a apporté de nombreuses solutions aux problématiques musicologiques engendrées par l'informatique musicale. Par exemple, Otto Laske distingue deux approches théoriques de la composition : l'une basée sur des modèles et l'interprétation de leurs règles, et l'autre sur les règles des processus. Il considère ces deux approches comme des stratégies de *design* basées sur des modèles.¹⁰⁷

L'analyse « *processual* » de David Burrows tente une approche qui prend en compte la nature dynamique des structures musicales et leur caractéristique active. Burrows constate que « l'accouplement du flux sonore avec l'attention perceptuelle de l'auditeur est sous le contrôle de la temporalité du son, et de ce fait, il est limité à l'instant présent dont le contenu

¹⁰² DUFOURT, *La musique spectrale, op. cit.*, 2014, p. 45.

¹⁰³ PAPE, *MusiPoéSci, op. cit.*, 2015, p. 134.

¹⁰⁴ Ibid., p. 156.

¹⁰⁵ Ibid.

¹⁰⁶ DI SCIPIO Agostino, « On Different Approaches to Computer Music as Different Models of Compositional Design », *Perspectives of New Music* 33 (1/2), 1995, p. 388.

¹⁰⁷ LASKE Otto, « The Computer as the Artist's Alter Ego », *Leonardo* 23 (1), 1990, JSTOR, p. 54. En ligne: <<https://doi.org/10.2307/1578466>>.

change sans cesse »¹⁰⁸. La théorie de Burrows considère la partition en tant que programme d'*action* qui décrit l'activité du système musical. Cette idée très riche, cependant, ne se trouve pas mise en valeur dans son analyse « processual » de l'œuvre.

L'étude de C. et M. Georgescu est plutôt d'ordre épistémologique que méthodologique. La complexité hiérarchique de l'œuvre, ici définie comme un système, s'explique par le nombre de niveaux descriptifs et abstraits proposés : syntactique-sémantique, harmonique, rythmique, mélodique, timbre, intensité, etc. Ces niveaux s'organisent de façon hiérarchique, selon un ordre logique qui découle de la communication musicale. Convaincus de la nouveauté de cette idée, ils souhaitent que le langage musical soit considéré comme un système dynamique : « *Let the musical language be described as a dynamic system* »¹⁰⁹.

Grâce aux travaux particulièrement novateurs de C. et M. Georgescu, on peut considérer l'œuvre musicale en tant que système et plus précisément, comme un système complexe et dynamique. Dorénavant, notre perception de l'œuvre musicale s'ouvre à sa nature interactive et rétroactive ainsi qu'au flux de moments instantanés qui ensemble, la forme. Nous allons donc considérer la musique sous le modèle de la systémique, c'est-à-dire à partir de la nature globale de l'œuvre : sa structure, sa finalité et son fonctionnement.

Nous sommes maintenant en mesure de proposer une définition de l'œuvre musicale en tant que système :

L'œuvre musicale est une totalité unifiée, un objet complexe formé de composants interdépendants en interaction dynamique, reliés entre eux par un certain nombre de relations et organisés en fonction d'un but.

¹⁰⁸ BURROWS, « A Dynamical Systems Perspective on Music », *art. cit.*, 1997, p. 529 "the coupling of the flow of sounds with the attention of perceivers is controlled by the temporality of the sounds, and is therefore limited to a now whose content changes ceaselessly", notre traduction.

¹⁰⁹ GEORGESCU et GEORGESCU, « A system approach to music », *art. cit.*, 1990, p. 22.

I.2.3. Vers une approche systémique de l'œuvre musicale

Dans cette optique, notre étude musicologique doit tenir compte de la description structurelle de l'œuvre et de son fonctionnement dynamique, et ceci à multiples niveaux. Historiquement le caractère dynamique d'un morceau musical est résumé par sa progression rythmique, mélodique et harmonique et par les enchaînements des intervalles linéaires, par exemple. Mais en abandonnant le langage tonal, le fonctionnement dynamique dépend dorénavant d'autres facteurs musicaux : l'œuvre entre dans un cadre défini par ses objectifs, ses modèles et ses processus.

Considérons la nature d'un système dynamique selon sa conception structurelle et fonctionnelle : un système téléologique est conçu afin d'atteindre des fins particulières ou en vue de réaliser un objectif prédéterminé, tandis qu'un système homéostatique est élaboré dans l'objectif de maintenir un état d'équilibre. On trouve les deux natures réunies au sein de l'œuvre musicale. Ensemble, elles répondent, d'un côté, aux objectifs de la communication musicale et de l'autre, au maintien d'une stabilité qui assure la cohérence de son langage.

I.2.3.1. L'organisation structurelle

L'organisation structurelle d'un système est déterminée par ses composants et définie par les limites spatio-temporelles et l'environnement dans lequel le système existe. Les composants, qui selon Durand peuvent être de natures différentes (matière, énergie ou information) et peuvent revêtir de nombreux états selon leur variabilité.¹¹⁰ La structure d'un système dynamique comprend donc l'ensemble de tous les états possibles et dépend du nombre de degrés de liberté de chaque composant du système. Cette structure représente l'*espace des phases*¹¹¹ du système et elle est décrite par un *diagramme de phases*.

Il est donc possible de considérer que les composants de l'œuvre musicale résident dans les divers paramètres définis par le compositeur. Jean Molino nous rappelle que « toute composition repose sur la combinatoire virtuelle d'un certain nombre de paramètres, qu'il s'agisse du rythme, de la dialectique des voix dans le contrepoint, du thème-période de l'âge classique ou des enchaînements harmoniques reçus pour la musique des XVIII^e et XIX^e siècles »¹¹².

¹¹⁰ DURAND, *La systémique*, op. cit., 2013, p. 17.

¹¹¹ A ne pas confondre avec le terme acoustique de "phase".

¹¹² COLLOQUE INTERNATIONAL D'EPISTEMOLOGIE MUSICALE, *Observation, analyse, modèle : Peut-on parler d'art avec les outils de la science ? Actes du 2e Colloque international d'épistémologie musicale*, Paris, Ircam l'Harmattan, 2002 (Les cahiers de l'Ircam), p. 55.

Prenons l'exemple de Stockhausen, où la *super-formule* au cœur de la structure musicale relie tous les agents à de multiples niveaux structurels. L'autonomie des composants musicaux est assurée justement par le jeu des paramètres : « les sonorités, les improvisations, les types d'enveloppe, les bruits, les échos, les échelles, les silences »¹¹³. Tous ces composants sont réunis par un réseau de changements paramétriques en interaction systémique.

Nous constatons que cette approche paramétrique de l'écriture est hautement développée parmi les compositeurs qui ont travaillé dans les studios électroacoustiques ou dans la recherche d'informatique musicale comme Jean-Claude Risset et Julio Estrada par exemple. Gérard Pape, comme Estrada de son côté, a développé des graphismes spécialisés afin de détailler les changements paramétriques tels que la pression d'archet, les variations d'attaque, et les vitesses indépendantes de vibrato et de tremolo, parmi d'autres.

De cette manière, chaque paramètre musical est défini par le compositeur ainsi que son évolution temporelle, soit sur une partition, soit par la construction électroacoustique ou informatique. Ce sont ses instructions en forme de données qui seront réalisées au moment de la création de l'œuvre. La partition musicale nous indique donc le contenu des composants sous forme d'informations qui commandent la mise en forme matérielle, à l'entrée du système, ainsi que la mise en œuvre du processus énergétique qui va transformer les composants.

Ainsi, il est possible de définir les limites globales et les limites locales de l'œuvre-système à partir de ces informations. Les limites spatiales d'ordre global comprennent les formations d'instruments ou de dispositifs électroniques alors que l'étendue de chaque paramètre sonore décrit les limites locales dans l'espace musical. La durée totale définie par la partition, la bande ou l'enregistrement nous indique la limite temporelle de l'œuvre dans sa globalité. Les durées de chaque section définissent les limites intermédiaires et les durées de chaque son doivent être considérées comme des unités temporelles au niveau local.

Les composants du système entrent en interaction les uns avec les autres ainsi qu'avec leur environnement. Le processus dynamique de cette interaction donne lieu à des informations, à des matières ou à de l'énergie. L'environnement du système comprend le monde dans lequel il se manifeste : il représente un élément important et de son maintien et de son évolution. Quant à l'œuvre-système, l'environnement est représenté par l'espace physique et acoustique, le contexte social et musicologique ainsi que l'espace perceptuel, psychologique et imaginaire du compositeur, de l'interprète et de l'auditeur.

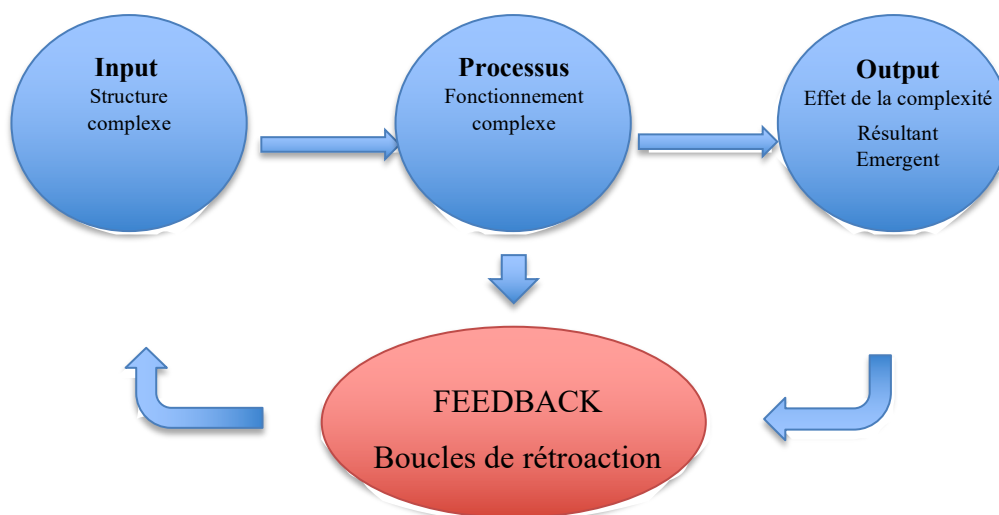
¹¹³ Stockhausen dans DECARSIN, « Metamorphoses of Invention », *art. cit.*, 1998, p. 31.

Un système comprend des réseaux de communication qui véhiculent des matières, de l'énergie et de l'information. Ainsi, pour l'œuvre système, nous allons trouver des réseaux de communication entre les composants musicaux sur de multiples niveaux d'interaction musicale, entre des interprètes, et bien sûr, entre le compositeur et le destinataire final de l'acte artistique, l'auditeur.

1.2.3.2. L'organisation fonctionnelle

L'organisation fonctionnelle d'un système revient à la gestion des flux d'information, de matières ou d'énergie au cours des processus qui animent le système. Cet aspect de l'organisation peut être décrite en termes de comportement et de fonctionnement des composants. Au cœur du système se trouvent des centres de décision qui reçoivent les informations et les transforment en action. En fait, cela forme des boucles de rétroaction à partir desquelles les futures décisions seront modifiées selon l'état renvoyé par le système au fur et à mesure de la progression. Il faut cependant prendre en compte un délai temporel entre le traitement des informations par le centre de contrôle et la réaction qui va modifier le futur comportement du système.

L'organisation fonctionnelle d'un système



L'acte du compositeur revient donc à centraliser des décisions concernant chaque instantané sonore : il transforme les données imaginées en artéfact concret, en programme d'instructions qui prend forme au cours de son écriture ou de sa création électroacoustique. Boulez a bien souligné l'effet rétroactif du processus compositionnel : « Une logique consciemment organisatrice n'est pas indépendante de l'œuvre, elle contribue à la créer, elle est liée à elle dans un circuit réversible »¹¹⁴.

D'autre part, dans le contexte de l'interprétation d'une œuvre, l'interprète transforme les données de la partition en geste musical et en mouvement acoustique. Ainsi la « musique » existe à la sortie du processus ; elle est représentée par un trajet autour d'un programme d'action, l'*attracteur*, qui est l'œuvre. D'ailleurs on retrouve cette notion d'attracteur en sociologie dans les propos d'Alain Degenne. Pour lui, « les attracteurs sont des aptitudes héritées qui orientent l'action. Ils résultent de la coévolution du cerveau et des environnements naturels et sociaux au cours de l'histoire longue »¹¹⁵.

En musicologie, David Burrows décrit l'œuvre musicale en termes d'un système de comportements dynamiques qui sont générés par des organismes selon le principe de la conservation d'ordre. Ce principe se manifeste en tant que *motivation* qui s'exprime dans un éventuel programme d'action pour l'attracteur. Il constate que « dans le cas de la musique, un tel programme définit les notes spécifiques qui seront produites ainsi que leur ordre »¹¹⁶.

Etant donné que l'attracteur représente la trajectoire tracée dans l'espace des phases par l'activité du système, on peut considérer la forme sonate comme un exemple d'un attracteur dans le domaine de la musique. Le programme d'action qui contrôle l'attracteur est la composition « qui exerce son contrôle par le résidu de la toute première *performance* sous forme d'une partition »¹¹⁷. La *performance* dans ce cas sera un événement abstrait et intemporel de l'imaginaire musical du compositeur.

En somme, on peut définir la *matière* intrinsèquement dynamique d'une composition musicale par son programme d'action, sous forme d'information. Jean Molino ajoute : « La musique est un jeu de règles et le compositeur a besoin de ces règles pour composer, non parce qu'elles constitueraient un ensemble commode de conventions mais parce qu'elles constituent la matière même de la composition »¹¹⁸. Ce point nous permet de distinguer entre la *composition* comme programme d'action qui contrôle l'attracteur ; l'*œuvre* musicale qui est

¹¹⁴ BOULEZ Pierre, « Éventuellement... », *Relevés d'apprenti*, Paris, 1952, p. 182.

¹¹⁵ DEGENNE Alain, *Attracteurs*, 2014. En ligne: <<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01081801>>, consulté le 28.04.2017.

¹¹⁶ BURROWS, « A Dynamical Systems Perspective on Music », *art. cit.*, 1997, p. 532.

¹¹⁷ *Ibid.*, p. 534.

¹¹⁸ COLLOQUE INTERNATIONAL D'ÉPISTEMOLOGIE MUSICALE, *Observation, analyse, modèle, op. cit.*, 2002, p. 55.

l'attracteur ; et la *musique*, considérée ici comme l'effet dynamique des interactions complexes suscitées par la composition.

C'est ainsi que C. et M. Georgescu résument l'acte du compositeur comme la création d'un système complexe. L'œuvre émerge de l'optimisation et de la coordination des multiples interactions parmi les divers processus indépendants au sein d'un macro-système. De ce point de vue, nous pouvons dorénavant considérer l'œuvre-système selon ses aspects structurels et fonctionnels.

1.2.3.3. Les propriétés des systèmes

L'expérience du son et de sa structure musicale représente donc les deux aspects de l'œuvre-système. Di Scipio nous éclaire cette distinction dans le contexte de l'informatique musicale : les logiciels pour la production musicale comprennent à la fois des « partitions » qui sont des modèles opérationnels de la structure musicale et des « instruments » qui sont les modèles opérationnels de la matière sonore.¹¹⁹ En revanche, on sait que dans le contexte traditionnel de la musique instrumentale, l'ensemble de ces données est indiqué dans la partition et les interprètes sont responsables du processus de leur mise en œuvre.

L'application de ce concept fondamentalement systémique est soulignée par Hugues Dufourt dans son ouvrage *La musique spectrale : Une révolution épistémologique* :

L' « objet de la musique » est la structure. [...] Aujourd'hui, la structure est un système dont les composantes sont en interaction mutuelle. Les structures peuvent être des systèmes de relations ou d'opérations caractérisés par leur cohérence formelle. Elles s'incarnent dans des modèles. La structure formelle est génératrice d'objets. Le modèle simule ou représente analogiquement un phénomène donné.¹²⁰

1.2.3.3.1. L'aspect structurel

On constate que c'est essentiellement l'organisation structurelle des systèmes qui assure la possibilité d'émergence des effets. Durand note : « cette organisation, c'est d'abord un agencement de relations entre composants ou individus qui produit une nouvelle unité possédant des qualités que n'ont pas ses composants »¹²¹. L'émergence de cette nouvelle unité dépend donc de l'aspect structurel. Durand continue : « Le tout est davantage qu'une forme globale, il implique l'apparition de qualités émergentes que ne possédaient pas les parties »¹²².

¹¹⁹ DI SCIPIO, « Formal Processes of Timbre Composition », *art. cit.*, 1994.

¹²⁰ DUFOURT, *La musique spectrale*, *op. cit.*, 2014, p. 44.

¹²¹ DURAND, *La systémique*, *op. cit.*, 2013, p. 11.

¹²² *Ibid.*

Les propriétés structurelles de globalité et de transcendance sont peut-être les indices les plus évidents de la nature systémique de l'œuvre musicale. C. et M. Georgescu ont noté qu'« une des propriétés pertinentes de l'œuvre-système est sa globalité : L'ensemble des caractéristiques musicales prévaut sur celles des éléments »¹²³. En effet, la musique transcende son contenu. Bertalanffy remarque que cette transcendance n'a rien de métaphysique : « C'est un fait d'observation rencontré à chaque fois que l'on regarde un organisme vivant, un groupe social, ou même un atome »¹²⁴. Dans cette optique, constate Dufourt, « le temps musical s'apparente à une succession *d'émergences*, dont chacune d'elles est le résultat spécifique d'interactions en réseau et dépend des propriétés globales de celui-ci »¹²⁵.

L'interaction « en réseau » est en grande partie responsable de la complexité sonore qui en est issue. La nature même de la musique contemporaine relève d'une approche multiparamétrique, ce qui fait apparaître des caractéristiques qui dépendent de nombreuses variables : pour n'importe quel instantané temporel, on considère des questions de hauteur, de durée et d'intensité, mais aussi d'articulation, d'enveloppe, de spectre, de morphologie, de texture, de densité, de mouvement, d'espace etc. Il n'est plus possible de déterminer les paramètres selon une simple grille de lecture. Leur structure non linéaire conçue à partir d'un continuum de données s'ouvre à une réalité sonore incomparablement plus complexe. Gérard Grisey résume la complexité sonore comme « un incroyable tissu de corrélations, d'inductions et d'interactions déterminé entre les paramètres des *seuils* fluctuants et ambigus »¹²⁶.

La nature complexe d'un système est aussi intrinsèquement liée à sa caractéristique hiérarchique. Bertalanffy décrit la caractéristique hiérarchique des systèmes à l'image d'une « lutte entre les parties au sein d'un ensemble, qui néanmoins forme une unité d'ordre supérieur »¹²⁷. En fait, plus que d'une hiérarchie entre les composants, il s'agit plutôt de niveaux d'organisation. Ian Witten observe : « Considérer la musique comme un système au niveau unique serait extraordinairement réducteur. Les flux parallèles d'expression la déterminent pour le moins en tant qu'un enchevêtrement de plusieurs séquences »¹²⁸. Au fur et

¹²³ GEORGESCU et GEORGESCU, « A system approach to music », *art. cit.*, 1990, p. 17 "One of the pertinent properties of the musical-work system is wholeness. This means that the characteristics of the musical whole prevail over those of the elements", notre traduction.

¹²⁴ VON BERTALANFFY, « The History and Status of General Systems Theory », *art. cit.*, 1972, p. 408 "it is a fact of observation encountered whenever we look at a living organism, a social group, or even an atom".

¹²⁵ DUFOURT, *La musique spectrale, op. cit.*, 2014, p. 21, nos italiques.

¹²⁶ GRISEY Gérard, *Ecrits ou L'invention de la musique spectrale*, Paris, Éditions MF, 2008, p. 49.

¹²⁷ VON BERTALANFFY, « The History and Status of General Systems Theory », *art. cit.*, 1972, p. 408 "[...] fight among parts within a whole, which nevertheless forms a unity of higher order", notre traduction.

¹²⁸ WITTEN et CONKLIN, « Modeling music », *art. cit.*, 1990, p. 58, "It would be extraordinarily simplistic to regard music as a one-level system. Parallel streams of expression render it at the very least an entwining of several sequences of events", notre traduction.

à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des niveaux musicaux, on trouve l'émergence des entités ayant des caractéristiques de plus en plus complexes. Boulez a fait la même observation :

Je renonce à employer ici le mot de hiérarchie qui implique, en quelque sorte, une subordination, alors que ces phénomènes sont réellement indépendants, sinon dans leur existence, du moins dans leur évolution : ils obéissent à un principe commun d'organisation des structures, cependant que leur engendrement manifeste des divergences suscitées par leurs caractères propres.¹²⁹

1.2.3.3.2. *L'aspect fonctionnel*

En ce qui concerne l'aspect fonctionnel, Durand nous rappelle que l'organisation n'est pas que la mise en forme des composants – c'est aussi le processus de leur mise en œuvre.¹³⁰ Cet aspect fonctionnel nous aide à comprendre des flux de matières, d'énergies et d'informations qui circulent dans les réseaux du système. Au sein de ce processus, dans le cadre de la musique, les centres de décisions sont représentés par l'interprète, l'auditeur, ou dans un contexte informatique, par l'ordinateur ; ils reçoivent les informations et les transforment en action. Au fur et à mesure que le processus avance, des boucles (de rétroaction) renvoient les informations à l'entrée du système. Les centres de décision peuvent ainsi ajuster leurs actions selon l'actualisation dynamique des objectifs du processus. C'est alors que « l'unité de l'œuvre se confond avec le déploiement de son processus »¹³¹.

La flèche du temps

Il apparaît possible de considérer l'œuvre musicale selon la deuxième loi de la thermodynamique qui énonce que « les systèmes ordonnés au cœur desquels ont lieu des processus irréversibles tendent vers l'état le plus probable et, de là, vers la destruction de l'ordre existant et son ultime désintégration »¹³². Le déploiement d'un processus musical et sa perception en temps réel, tout comme *la flèche du temps* d'Arthur Eddington¹³³, sont des processus unidirectionnels qui ne peuvent être stoppés ni repartir en arrière. Tandis que l'approche analytique aborde l'œuvre « hors-temps », l'approche systémique tient compte de

¹²⁹ BOULEZ, *Penser la musique aujourd'hui*, op. cit., 1963, p. 37.

¹³⁰ DURAND, *La systémique*, op. cit., 2013, p. 11.

¹³¹ DUFOURT, *La musique spectrale*, op. cit., 2014, p. 29.

¹³² VON BERTALANFFY, « The History and Status of General Systems Theory », art. cit., 1972, p. 409, "the second law of thermodynamics [which] prescribes that ordered systems in which irreversible processes take place tend toward most probable states and, hence, toward destruction of existing order and ultimate decay", notre traduction.

¹³³ La flèche du temps : expression pour décrire le phénomène unidirectionnelle du temps. Comme les perceptions humaines sont indissociables de cette notion du temps, l'expression est devenu fondamentale dans la psychologie. Décrite dans EDDINGTON Arthur, *The Nature Of The Physical World*, New York, 1928. En ligne : <https://www.goodreads.com/work/best_book/1678802-the-nature-of-the-physical-world>, consulté le 28.05.2019.

la propriété d'ordre temporel en établissant un lien entre la durée et la marche avant de la flèche du temps.

Pape constate : « c'est peut-être le mouvement de, ou les changements dans, la matière qui nous donnent une sensation d'existence du temps. » Il nous rappelle des théories d'Ilya Prigogine et de Lee Smolin dans sa conclusion que « sans le temps et sa trajectoire irréversible, il n'y aurait pas d'univers en évolution »¹³⁴. Dans cette même optique, David Burrows remarque : « Comme une vie, ou quelque segment de comportement systématique de celle-ci, une œuvre musicale se tient loin de l'équilibre en synthétisant de l'énergie disponible, guidé par la mémoire et la conjecture »¹³⁵.

Ainsi, la vie émerge du néant et, tout comme la musique, suit son cours... en se rapprochant toujours de son extinction inévitable. Hugues Dufourt répercute cette propriété dans l'œuvre de Gérard Grisey quand il souligne que « le processus musical semble guidé par la pensée d'une finalité interne, d'un processus ayant en lui-même sa propre fin »¹³⁶.

Évolution et rétroaction

L'interactivité entre le système et son environnement peut être décrite en termes d'*entrées* et de *sorties* (inputs/outputs). Les entrées et les sorties peuvent être de nature matérielle, sous forme d'énergie ou d'information. Elles matérialisent les rapports du système avec son environnement. Ainsi, la nature des rapports qu'un système entretient avec son environnement fait apparaître des systèmes correspondant à différentes typologies. De manière générale, on peut distinguer entre un *système ouvert* qui échange avec son environnement et un *système fermé* qui est isolé de son environnement. Durand remarque que les *systèmes ouverts* « doivent cependant garder un certain degré de fermeture pour assurer leur maintien et leur identité, sinon ils se dissoudraient en quelque sorte dans cet environnement »¹³⁷.

Le système de l'œuvre musicale peut entretenir des relations différentes selon son organisation. Les musiques interactives ou dites « environnementales », par exemple, sont des systèmes totalement *ouverts* qui transforment une succession d'entrées en une succession de sorties. Un *système à apprentissage* dispose d'une mémoire qui enregistre toutes les informations passées et un centre de contrôle qui peut modifier le comportement du système en fonction de l'expérience. L'ouvrage de Robert Rowe, *Interactive Music Systems : Machine*

¹³⁴ PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 160.

¹³⁵ BURROWS, « A Dynamical Systems Perspective on Music », art. cit., 1997, p. 543, "Like a life, or some systematic behavioural segment of it, a piece of music maintains itself far from equilibrium by synthesizing presently available energy, guided by memory and conjecture", notre traduction.

¹³⁶ DUFOURT, *La musique spectrale*, op. cit., 2014, p. 29.

¹³⁷ DURAND, *La systémique*, op. cit., 2013, p. 17.

Listening and Composing détaille les diverses applications de l'interaction humain-ordinateur pour la création musicale.

On peut comprendre que l'œuvre musicale se présente plutôt comme un *système à finalité* qui intègre son centre de contrôle sous forme de programme ou de partition musicale. De plus, selon Durand, tout système qui entre en interaction avec son environnement peut éventuellement atteindre un stade d'*auto-organisation* « en faisant intervenir conjointement mémoire et imagination »¹³⁸. Précisons que C. et M. Georgescu définissent l'œuvre musicale en tant que *système ouvert*, gouverné par le principe d'ordre par fluctuations. « Une telle typologie de forme-système est définie par sa structure d'une complexité sans cesse croissante et d'une spécificité fluctuante »¹³⁹.

En fait, l'environnement peut être décrit en tant que passif s'il ne réagit pas avec le système ou actif si le système a un effet sur lui ou quand il interagit avec le système. L'œuvre musicale existe dans un environnement actif parce qu'elle suscite un effet sur son propre environnement à plusieurs niveaux d'interaction : une interaction interne entre les composants et les interprètes et des interactions externes entre le son acoustique et l'espace physique, entre l'œuvre et l'auditeur, par exemple.

Cet ensemble de fluctuations et d'interactions détermine de multiples possibilités d'évolution pour l'œuvre-système à travers des processus de complexification des interactions, de mémorisation et d'apprentissage. Durand remarque qu'il y a deux conditions nécessaires à l'évolution d'un système : « des mutations [...] qui offrent des possibilités très nombreuses ; une adaptation satisfaisant aux nouvelles conditions de l'environnement [...] »¹⁴⁰. Pour C. et M. Georgescu, comme l'œuvre musicale est un système ouvert, elle est par conséquent capable de générer de la rétroaction positive par « des processus incrémentaux, par l'engendrement des nouvelles propriétés »¹⁴¹. Dans *Le microscope*, Joël de Rosnay voit dans la boucle de rétroaction positive « un *générateur aléatoire de variété*. Elle accroît les possibilités de choix ; accentue la différenciation, et génère de la complexité en démultipliant les possibilités d'interaction »¹⁴². Ainsi, la clef de

¹³⁸ Ibid., p. 27.

¹³⁹ GEORGESCU et GEORGESCU, « A system approach to music », *art. cit.*, 1990, p. 28, "In this approach, the musical work basically appears as an open system governed by the order-through-fluctuations principle. Such a type of form-system is defined by the increased complexity and fluctuating specificity of its structure", notre traduction.

¹⁴⁰ DURAND, *La systémique*, *op. cit.*, 2013, p. 24.

¹⁴¹ GEORGESCU et GEORGESCU, « A system approach to music », *art. cit.*, 1990, p. 18, "These inverse connections [...] are positive when the output increases the input action and thus generates incremental processes, by endowing the system with new properties".

¹⁴² DE ROSNAY Joël, *Le microscope : vers une vision globale*, 1 vol., Paris, Éd. Points, 2014 (Points 80), p. 130.

l'évolution du système réside dans l'histoire de l'ensemble des changements et des adaptations compris dans la durée des plans successifs.

Conservation et variété

Chaque système va avoir un certain nombre de configurations ou d'états possibles. D'une part, cette variété d'état peut être intrinsèque au système et dépendre donc du nombre d'éléments et d'interactions possibles entre ces éléments. D'autre part, elle peut provenir des relations qu'elle entretient avec son environnement. Dans les deux cas, la conservation d'une telle variété assure l'évolution du système. Dans le contexte musical, Pape commente :

En général, des transitions [...], correctement placées et de durée adéquate, aident à 'rafraîchir' notre perception, qui a tendance à se fatiguer ou à 's'ennuyer' lorsqu'elle est saturée de structures sonores changeant constamment de la même façon (discontinue ou continue). Le risque de saturation est spécialement élevé lorsque le matériau musical s'écoule à un taux plus ou moins inflexible de densité d'information. Le contraste reste une vertu musicale que l'on doit rechercher dans la composition basée sur le son, bien qu'il ait été régulièrement atteint dans la grande musique du passé.¹⁴³

I.2.4. La systémique et l'émergence dans le cadre musicologique

Les travaux de Burt Levy, C. et M. Georgescu et David Burrows nous fournissent un point de départ pour le développement d'une méthodologie musicologique qui nous permettra d'aborder la notion d'émergence dans l'œuvre musicale. Bien qu'aucun d'entre eux ne traite de l'émergence de façon directe, ensemble ils présentent les principes fondamentaux d'un modèle musicologique systémique qui nous fournira les notions et les outils de recherche nécessaires à une exploration des effets émergents au sein de l'œuvre musicale.

D'après les définitions citées dans le premier chapitre, nous pouvons dès à présent dire que l'émergence se manifeste dans des contextes qui impliquent de multiples composants de base, (« combined agencies », « éléments constituants ») dotés de proportions particulières et organisés de façon spécifique, et surtout, qu'ils engendrent l'activité. Leur nombre, proportion et organisation donnent lieu à une certaine configuration structurelle des composants qui pouvait être de nature arborescente, scalaire, linéaire et non linéaire, synchronique etc.

Cependant, l'élément déterminant pour l'engendrement des effets émergents se trouve surtout dans sa caractéristique active. C'est en fonction de l'aspect temporel et dynamique de l'action que les composants vont subir des changements de position, d'état ou de qualité dans le temps. Nous embarquons donc dans une démarche de recherche qui relève simultanément

¹⁴³ PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 107 à 108.

de l'aspect combinatoire des entités musicales (l'organisation structurelle), et de leur aspect dynamique et temporel (l'organisation fonctionnelle).

Décrire et expliquer des musiques complexes qui comprennent les jeux d'éléments en interaction non linéaire et qui génèrent de la variété par leur évolution constante, revient donc à comprendre l'imprévu, à confronter l'aléatoire venant de l'environnement et ainsi à porter une vue globale sur l'œuvre musicale.

I.3. Micro-macro : un aller-retour

Il est, en effet, devenu imaginable d'explorer l'intérieur d'un son en étirant sa durée, de voyager du *macrophonique* au *microphonique* à des vitesses variables, cet effet de zoom avant-arrière devenant une forme musicale en soi.¹⁴⁴

Gérard Grisey

Comme nous l'avons vu, l'organisation d'un système est spatio-temporelle et représente à la fois la structure de ses composants et leur fonctionnement. D'après la systémique, l'organisation d'un système est décrite selon ces deux aspects principaux. D'un côté, l'aspect structurel (*l'état*) comprend la mise en forme spatiale et hiérarchique des composants et l'agencement de leurs relations – il décrit comment les composants sont assemblés. De l'autre, l'aspect fonctionnel (le *processus*) comprend la mise en œuvre dynamique des mécanismes du système – c'est-à-dire, la programmation de son action dans le temps.

Le lien entre conception musicale et systémique s'impose face à l'évolution des techniques de la musique électronique et de l'informatique. Le XX^e siècle est le cadre d'une transformation du monde sonore par les inventions telles que le magnétophone et le synthétiseur qui, d'après Jean Molino, est semblable à la transformation subie par la peinture dès l'apparition de la photographie. Même si le rapprochement de la musique et de la recherche scientifique trouve déjà son début dans le travail de Joseph Sauveur et de Jean-Philippe Rameau au XVIII^e siècle, ce n'est qu'à la fin du XIX^e siècle après la découverte par Ernst Weber de la *Just noticeable difference*, de la fonction logarithmique de l'intensité par Gustav Fechner et des connections entre l'esthétique musicale, la physique et la biologie postulées par Hermann von Helmholtz, que l'incidence des théories du son avec celles de la composition musicale, s'accroît de façon exponentielle.

De nouvelles possibilités s'ouvrent pour l'enregistrement du son. Le développement des techniques de composition musicale comme celles de la musique concrète par Pierre Schaeffer et les techniques de la synthèse sonore développées à Westdeutscher Rundfunk par Herbert Eimert, précipite le XX^e siècle vers un profond changement conceptuel des matériaux de base de la composition musicale.

¹⁴⁴ GRISEY, *Ecrits ou L'invention de la musique spectrale*, op. cit., 2008, p. 35.

La technique, selon Molino, « constitue un fait anthropologique majeur : nous vivons dans un technocosme fait de toutes les inventions accumulées, mais, contrairement à ce que l'on croit, l'objet technique n'est pas doté d'un mode d'emploi : l'homme et l'objet vivent dans une relation symbiotique et se transforment dans leur interaction »¹⁴⁵. Nous allons considérer plus en profondeur l'évolution parallèle de la technique et de la musique au XX^e siècle et l'incidence de cette véritable *révolution technologique* qui a vu la pensée musicale se tourner vers les modèles structuraux des systèmes complexes.

1.3.1. L'incidence de la technologie sur les stratégies de composition

1.3.1.1. De la micro-composition à composer le son même

Les recherches de Helmholtz et de Fourier sur l'analyse harmonique des spectres, ont permis des avancées dans l'électronique et la technologie du XX^e siècle qui ont conduit à la création de nouveaux outils comme les analyseurs à banc de filtres, puis plus tard le sonographe : « instrument permettant l'analyse et la représentation graphique d'un son »¹⁴⁶. De plus, l'initiative qu'a eu Helmholtz de décomposer un son instrumental en la somme de ses composantes (l'analyse harmonique)¹⁴⁷, deviendra le fondement d'une toute nouvelle démarche compositionnelle : celle de la *synthèse sonore*.

Les techniques de la synthèse additive et de l'analyse harmonique de Fourier placent la fréquence au cœur des opérations de composition et le son apparaît comme un objet plastique qui peut être manipulé dans plusieurs domaines simultanément : hauteur, amplitude, spectre, temps etc. La suprématie de la *note* en tant qu'unité conceptuelle de base de la musique, perd de plus en plus sa pertinence au profit du *son*. De plus, la musique électronique induit la possibilité de varier chacun des paramètres du son de façon continue, ce qui, selon Grisey, permet aux compositeurs de prendre conscience que « la réalité sonore est continue »¹⁴⁸. Les notes passent ainsi au statut d'une « simple grille de lecture ».

L'ensemble de ces inventions technologiques aura une incidence importante sur plusieurs générations de compositeurs, qui, dans leur quête de mieux maîtriser le son, passent au statut de véritable compositeur-chercheur. Les expériences avec les montages de très courts fragments de bande magnétique comme celle de Luciano Berio dans

¹⁴⁵ Jean Molino dans COLLOQUE INTERNATIONAL D'EPISTEMOLOGIE MUSICALE, *Observation, analyse, modèle*, op. cit., 2002, p. 57.

¹⁴⁶ TESTON Bernard, « Une petite histoire de l'analyse harmonique de la parole », in: *Journées d'Etude sur la Parole*, Mons, Belgium, Université de Mons Hainaut, 2010, p. 288.

¹⁴⁷ L'analyse harmonique est découverte par Hermann von Helmholtz en 1880.

¹⁴⁸ GRISEY, *Ecrits ou L'invention de la musique spectrale*, op. cit., 2008, p. 37.

Perspectives (1957) et de Xenakis dans *Concret PH* (1958), ainsi que le travail de Stockhausen sur le lien entre la fréquence et le rythme, (notamment entendu dans *Kontakte*, 1960) vont proliférer en une multitude de stratégies compositionnelles qui agissent sur le son microscopique. La démarche de décomposition et de reconstitution du fait sonore fait apparaître l'intériorité du son comme une galaxie inconnue qu'il est finalement possible de franchir. La technologie s'infiltré dans le son jusqu'à pouvoir changer sa nature. Cette possibilité d'intervenir au niveau du spectre sonore et d'agir sur les fréquences et les amplitudes indépendamment, compte parmi les premières stratégies de la « micro-composition ». Dorénavant, il devient possible de *composer le son* même.

Henri Pousseur parle de la « microstructure absolue »¹⁴⁹ dans son *Fragments théoriques sur la musique expérimentale* (1970) et à partir de ce moment, le système musical commence à se reconstituer sur une toute nouvelle base : celle d'une intervention sur la structuration du son à de multiples niveaux. Les stratégies de la micro-composition dont parle Pousseur agissent sur tous les paramètres du son, mais l'effet sur le timbre est essentiellement un effet perceptuel. Il est ainsi possible de réinventer la couleur et les qualités d'un son depuis l'intérieur.

C'est cette possibilité révolutionnaire d'intervenir à l'intériorité du fait sonore qui devient la préoccupation principale des Spectralistes comme Hugues Dufourt, Gérard Grisey Tristan Murail et Michaël Levinas dans les années soixante-dix et quatre-vingts. Selon Dufourt, la musique spectrale se manifeste « avant tout par la prise de conscience des changements que la technologie introduit dans la nature des sons »¹⁵⁰.

La synthèse sonore et l'introduction des bruits dans le champ musical par la musique concrète engendrent finalement ce que Guy Lelong résume comme *l'unification du champ sonore*. Les outils et les techniques provenant des studios de recherche musicale permettent une redéfinition acoustique de la notion du timbre et finalement légitiment l'élargissement du « domaine musical à l'ensemble du champ sonore »¹⁵¹. Grâce à la synthèse instrumentale ou électronique, « la source instrumentale disparaît au profit d'un *timbre synthétique* totalement inventé. Le timbre et la hauteur sont donc composés simultanément [...] »¹⁵².

Dans son ouvrage *MusiPoéSci*, Gérard Pape soutient l'idée que la démarche du compositeur doit consister à composer la structure du son mais aussi son organisation à plusieurs niveaux temporels, du micro-temps au macro-temps. Il constate que « composer

¹⁴⁹ POUSSEUR Henri, *Fragments théoriques I sur la musique expérimentale*, Bruxelles, Université libre de Bruxelles, Institut de sociologie, 1970, p. 138 à 157.

¹⁵⁰ Dans GRISEY, *Ecrits ou L'invention de la musique spectrale, op. cit.*, 2008, p. 14.

¹⁵¹ Ibid., p. 12.

¹⁵² Ibid., p. 36.

avec le son » ouvre le champ de la composition aux « troisième et quatrième dimensions du son, c'est-à-dire, le timbre et l'espace »¹⁵³. Les modèles compositionnels de Pape intègrent à la fois les propriétés formelles et les règles d'organisation à différents niveaux de la structure ainsi que les propriétés perceptuelles des matériaux sonores et leur évolution spectromorphologique¹⁵⁴. Dans sa pensée, on trouve une forme de synthèse formelle dans laquelle il réconcilie les deux attitudes du paradigme dualiste (timbre-forme) qui, selon Di Scipio, « reflète les dispositions cognitives qui se sont développées parallèlement à la pensée musicale durant ce siècle »¹⁵⁵.

1.3.1.2. Des musiques formelles au son numérique

Si la musique électronique a su introduire la continuité dans le son, l'informatique a réimposé son caractère discontinu, mais à une échelle infiniment plus petite que celle de la note et de sa durée traditionnelle. Du fait que la musique et les mathématiques sont associées depuis le temps de Pythagore, on en déduit que la composition musicale doit par nature être un processus formalisable.¹⁵⁶ La tentative que fait Joseph Schillinger en 1943 de formaliser la musique dans *The mathematical basis of the arts* constitue un point de départ pour les futures recherches des compositeurs révolutionnaires comme Earle Brown et Henry Cowell. Mais c'est en 1963, dans *Musiques formelles*, que Xenakis redéfinit la musique « comme une organisation de ces opérations (mathématiques) et de ces relations élémentaires entre des êtres ou entre des fonctions d'êtres sonores »¹⁵⁷. Il sera parmi les premiers compositeurs à utiliser l'ordinateur afin d'effectuer les calculs des fonctions stochastiques pour ses compositions.

On constate que la formalisation en musique ouvre une multitude de nouvelles possibilités au problème de la construction musicale. Puis, l'évolution de l'ordinateur entre les années cinquante et quatre-vingt aura un impact important sur la conception des musiques de l'avenir.¹⁵⁸ Gérard Pelé affirme que « dès lors, l'ordinateur n'est plus seulement un moyen de fournir des textes musicaux à profusion, mais devient, aussi et avant tout, un instrument de

¹⁵³ PAPE, *MusiPoéSci*, *op. cit.*, 2015, p. 166.

¹⁵⁴ Notion décrite par Denis Smalley, « Spectro-morphology and Structuring Processes », dans EMMERSON Simon (éd.), *The Language of electroacoustic music*, London, Macmillan, 1986, pp. 61-93.

¹⁵⁵ DI SCIPIO, « Formal Processes of Timbre Composition », *art. cit.*, 1994, p. 202, "reflect the cognitive dispositions which have run parallel with the development of musical thought along this century", notre traduction.

¹⁵⁶ *Formaliser* au sens de : donner au cours de l'analyse, une forme logique aux éléments d'un problème, abstraction faite de la matière ou du contenu.

¹⁵⁷ XENAKIS, « Musiques formelles », *art. cit.*, 1963, p. 16.

¹⁵⁸ On note en particulier la *Illiac suite* de Lejaren Hiller en 1957, l'invention en 1976 de l'ordinateur Apple et l'introduction de l'ordinateur au grand publique par IBM en 1981.

recherche »¹⁵⁹. Pape, quant à lui, observe la forte incidence de ce fait, notamment sur la recherche musicale de Xenakis. Il remarque que Xenakis a « exploré de façon assez approfondie les modèles générés mathématiquement d'ordre et de désordre à propos des masses sonores en appliquant des fonctions de probabilité à différents niveaux de la forme musicale : macro et micro. Ses explorations des fonctions stochastiques étaient utilisées pour produire à la fois des textures instrumentales macroformelles et des sons synthétiques microformels générés par ordinateur »¹⁶⁰. Hugues Dufourt ajoute que « La forme algorithmique désigne le nouveau paradigme du savoir qui, à l'image d'une machine de Turing, se présente comme une machine idéale capable de simuler les procédures de traitement de l'information jusque dans ses plus infimes détails »¹⁶¹.

Le pouvoir de calcul de l'ordinateur rend possible le développement du traitement numérique du signal. Travaillant à *Bell Laboratories* aux Etats Unis dans les années soixante, Max Mathews, John Chowning et Jean-Claude Risset deviendront les pionniers d'une « véritable explosion des applications de l'analyse harmonique de Fourier avec la Transformée de Fourier Discrète (DFT) »¹⁶². Selon Mathews, « l'ordinateur peut intervenir dans la production de signaux acoustiques, et dans le processus de composition musicale – d'abord, il devient un instrument de recherche, puis il devient un instrument musical »¹⁶³. Risset ajoute : « Avec le son numérique de Mathews, on peut imaginer de composer le son lui-même... de faire une musique de sons, de faire jouer le temps dans le son »¹⁶⁴.

Pour Pape, l'ordinateur représente « une ouverture sur le plus vaste univers inexploré que l'on puisse imaginer. Comparé aux instruments traditionnels et aux voix, l'ordinateur présente un énorme potentiel pour découvrir de nouvelles possibilités »¹⁶⁵. En effet, il ouvre aux compositeurs, la création et la modélisation des structures sonores, les techniques de la micro-composition et l'analyse harmonique numérique. Mais surtout, l'augmentation de sa puissance et de sa vitesse de calcul leur permet d'auditionner les résultats des calculs et de travailler simultanément sur de multiples niveaux de l'organisation sonore. Enfin, par

¹⁵⁹ PELE Gérard, *Inesthétiques musicales au XXe siècle*, 1 vol., Paris, l'Harmattan, 2007 (Arts et sciences de l'art), p. 88.

¹⁶⁰ PAPE, *MusiPoéSci*, *op. cit.*, 2015, p. 119.

¹⁶¹ DUFOURT, *La musique spectrale*, *op. cit.*, 2014, p. 36.

¹⁶² TESTON, « Une petite histoire de l'analyse harmonique de la parole », *art. cit.*, 2010, p. 288.

¹⁶³ MATHEWS Max V., « The Digital Computer as a Musical Instrument. », *Science* 142 (3592), 1963, pp. 553-557. En ligne: <<https://doi.org/10.1126/science.142.3592.553>>.

¹⁶⁴ RISSET Jean-Claude et GUILLOT Matthieu, *Du songe au son : entretiens avec Matthieu Guillot*, 1 vol., Paris, l'Harmattan, 2008 (Perspectives musicologiques contemporaines), p. 34 à 35.

¹⁶⁵ MAKAN et PAPE, « An Interview with Gerard Pape », *art. cit.*, 2003, p. 27. "To me, the use of electronics and the computer is simply an opening to the vastest realm of unexplored territory imaginable. Compared to traditional instruments and voices, there is an enormous potential with the computer to discover new things", notre traduction.

l'analyse de Fourier en temps réel, il devient possible de sculpter le son dans le temps – l'homme et la machine entre en interaction directe.

I.3.2. Modèles de composition

I.3.2.1. Approches conceptuelles

Ainsi, comme en a témoigné Di Scipio, l'évolution scientifique et informatique du XX^e siècle a provoqué une rupture dans les approches de la composition musicale. D'un côté la conception part des détails structurels du son, comme ceux de la synthèse, la composition du timbre et la micro-composition, et de l'autre, des plans formels préétablis, comme la musique stochastique, les musiques algorithmiques et les formes traditionnelles de la musique classique. Curtis Roads distingue dans ces deux approches de composition, deux modèles : « *bottom-up* » (de bas en haut) et « *top-down* » (de haut en bas).

Dans le *bottom-up*, la forme est conçue comme le résultat d'un processus de développement interne provoqué par l'interaction sur des niveaux inférieurs de la structure – on peut considérer Debussy, la musique spectrale et la musique de Di Scipio comme des exemples de cette approche. Pour le *top-down*, la macrostructure représente un plan global de l'œuvre et les détails sont remplis selon ce plan – la musique sérielle et la musique formalisée de Xenakis en offrent des exemples.

Même si l'approche stochastique de Xenakis a eu une influence importante sur le développement de Pape, il avoue : « Je voulais entendre dans mon esprit et pouvoir choisir comment obtenir l'exacte transformation de timbre que je souhaitais »¹⁶⁶. Sa rencontre en 1993 avec le compositeur Julio Estrada va lui inspirer une façon de travailler localement sur les transformations du micro-son de façon continue, moment par moment. Mais pour Pape, le problème essentiel de la micro-composition reste le manque d'un « schéma formel » qui permettrait de s'assurer « que toutes les dimensions de l'œuvre [se trouvent] résolues sous forme de squelette dès le début »¹⁶⁷.

La question de la médiation entre les changements d'échelle qui permettent d'intervenir sur la structure locale et la structure globale, provoquera une dialectique entre les niveaux micro et macro qui peut s'exprimer via plusieurs approches différentes : la superposition d'une macroforme sur les composants, l'expansion des microformes, une fusion entre micro et macroformes, un équilibre entre les deux approches et finalement, l'émergence

¹⁶⁶ PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 54.

¹⁶⁷ Ibid., p. 56.

d'une approche multi-niveaux. Partant du modèle *bottom-up*, le compositeur impose donc une organisation formelle sur les matériaux de base en superposant une macroforme sur les microstructures.

Dans *Inori* de Stockhausen, on constate une expansion fractale¹⁶⁸ de la microstructure : les connexions entre les micro-durées et les durées à grande échelle sont l'expansion d'une formule de base. Pape exploite ce modèle fractal dans le sens inverse (*top-down*) notamment dans *Le fleuve du désir*, œuvre qui existe en plusieurs versions différentes (quatuor, bande et solo). La macroforme et le matériau musical se trouvent inchangés dans chaque version tandis que les détails de la microforme (transformation du timbre, attaques etc.) sont adaptés aux spécificités et aux modes de jeu de chaque instrument. Soit Pape réduit les modes de jeux aux micro-paramètres de leurs composants, comme pour les instruments à cordes par exemple, soit il utilise un « chemin de timbre » qui décrit une échelle d'effets souhaités, ce qui est plus adapté pour les instruments à cuivre et les bois.

De plus, on constate dans les œuvres de Stockhausen une tentative de fusion entre la macroforme et les microéléments. Fusion qui, selon Decarsin, est provoquée par le conflit entre la rigueur formelle imposée sur les matériaux et la recherche d'une appréhension plus contemplative du phénomène sonore.

Les métamorphoses sonores dans *Kontakte* et l'introduction des interruptions qui placent l'ordre des événements dans le temps et leur propre durée sur le même plan dans *Klavierstück X*, visent à une sorte de fusion entre le domaine des macrostructures temporelles (la forme) et celle des microéléments temporels (les fréquences).¹⁶⁹

Pour Boulez, la dialectique entre le global et le local pose le problème dû à tous les modes d'organisation possibles entre liberté et obligation formelle : « Il peut donc y avoir : soit organisation principale, ou primordiale, et organisations secondaires, ou annexes; soit organisation globale rendant compte des diverses spécialisations ; entre ces positions extrêmes, prennent place les divers stades de prédominance de certaines organisations par rapport à d'autres [...] »¹⁷⁰. On discerne parfaitement dans *Le marteau sans maître*, cette dialectique par laquelle Boulez réunit et équilibre l'obligation formelle sur l'échelle d'ordre global et la liberté des matériaux plus désordonnés au niveau local.

¹⁶⁸ Dans la « théorie de la rugosité » développée par Mandelbrot, une fractale désigne des objets dont la structure est invariante par changement d'échelle.

¹⁶⁹ DECARSIN, « Metamorphoses of Invention », *art. cit.*, 1998, p. 28, "Metamorphoses of sound (Kontakte), the introduction of interruptions which place the order of events in time and the duration of the event itself upon the same plane (Klavierstück X), aim at a fusion between the domain of temporal macrostructures (form) and that of the temporal microelements (frequencies)", notre traduction.

¹⁷⁰ BOULEZ, *Penser la musique aujourd'hui*, *op. cit.*, 1963, p. 36.

Ainsi, dès les années soixante, on mène une réflexion sur les moyens possibles d'intervenir dans les différents niveaux formels, et sur l'émergence des modèles à de multiples échelles entre la micro-composition et le structuralisme formel. Dans son article « Comment passe le temps », Stockhausen propose une méthode de travail qui intègre une *série de degrés de liberté* par laquelle « la démarche compositionnelle se meut elle-même dans des "champs d'action" de grandeurs différentes »¹⁷¹. Il propose que le temps musical soit *pluridimensionnel* et que les proportions temporelles soient constituées de nombreux stades intermédiaires entre le temps du quanta (micro) et celui des champs (macro). Il constate : « Ainsi, à l'intérieur de la structure d'une œuvre, il est possible de composer une accumulation de structures partielles qui offrent, au choix d'une libre décision, un plus ou moins grand nombre de possibilités de configurations »¹⁷².

Ce lien conceptuel, entre la structure des matériaux et leur organisation, est encore renforcé par l'évolution des musiques électroniques. L'ordinateur, finalement, peut être appréhendé comme un outil qui permet la médiation entre les deux modèles, un aller-retour entre l'approche microphonique et l'approche formelle et globale. D'après Pelé :

Le compositeur peut effectivement travailler simultanément sur plusieurs niveaux : celui de la micro-composition qui porte sur les caractéristiques propres du son, et celui de la macro-composition qui traite du discours musical [...] et ce avec un outil unique, l'ordinateur, qui lui permet d'utiliser les mêmes éléments aux divers niveaux, de telle manière que, par exemple, une forme conçue à partir d'un modèle mathématique peut être mise en œuvre à la fois comme forme d'onde et dans une ligne mélodique.¹⁷³

De ce fait, le processus de composition peut englober à la fois une conception abstraite de l'œuvre ainsi que les détails qui contrôlent l'évolution liée à la typologie des matériaux sonores. Selon Curtis Roads, « Ceci implique la négociation entre le désir pour une macrostructure ordonnée et les impératifs qui émergent des matériaux de base »¹⁷⁴. Cette approche, qui permet un libre aller-retour entre l'intérieur du son et l'effet global de l'œuvre, est bien issue de l'informatique musicale. Cependant, selon Solomos, Soulez et Vaggione, elle « constitue un paradigme compositionnel en soi [et] peut réinstaurer la dialectique global-local ». Ils ajoutent qu'elle « permet de dépasser le clivage entre le traitement algorithmique et l'intervention directe : une action locale d'écriture a bien la possibilité de s'intégrer dans un

¹⁷¹ STOCKHAUSEN Karlheinz, « Comment passe le temps « Wie die Zeit vergeht », Die Reihe, n°3, 1957. Traduit en français par Christian Meyer : « Comment passe le temps », *Contrechamps* (9), 1988, p. 60.

¹⁷² Ibid.

¹⁷³ PELE, *Inesthétiques musicales au XXe siècle*, op. cit., 2007, p. 89.

¹⁷⁴ ROADS Curtis, *Microsound*, 1 vol., Cambridge (Mass.) London, the MIT press, 2004, p. 13, "This implies negotiation between a desire for orderly macrostructure and imperatives that emerge from the source material", notre traduction.

processus algorithmique à la façon dont, symétriquement, le produit d'un processus algorithmique peut être transformé localement par une action d'écriture directe »¹⁷⁵.

L'amalgame de l'approche dualiste se fond alors dans un nouveau paradigme compositionnel où « composer le son » et « composer avec le son » se résume dans un aller-retour entre le son comme objet d'invention et le son comme composant qui forme des liens syntactiques et cohérents avec les autres composants à plusieurs niveaux d'intervention. Dans ce processus, le son en tant qu'objet composé « retourne à sa condition de matériau »¹⁷⁶ dans le contexte d'une structure à multiples niveaux conceptuels. La conception du matériau musical comme activité locale et globale, répond au modèle de l'informatique mais elle le dépasse. « L'art issu de l'informatique musicale veut nous offrir d'ailleurs bien plus qu'une doctrine du beau : une logique de l'invention »¹⁷⁷.

1.3.2.2. Approches stratifiées

Il est clair que l'ordinateur est devenu l'outil d'une conception des systèmes musicaux complexes pouvant susciter, à de multiples niveaux d'interaction, des effets émergents. Selon Risset, l'ordinateur nous offre « un potentiel de complexité théoriquement illimité. [...] On peut donc concevoir un système sans limite de complexité. Du point de vue conceptuel [...] le numérique offre un potentiel illimité »¹⁷⁸. Pour pouvoir exploiter pleinement ce potentiel, Xenakis affirme qu'un « nouveau type de musicien est nécessaire, celui de l'artiste-concepteur de nouvelles formes, libres, abstraites et visant à rendre plus complexe et à généraliser l'organisation de sons sur plusieurs niveaux »¹⁷⁹.

On trouve aussi dans les théories structuralistes et génératives comme celle du précurseur Heinrich Schenker¹⁸⁰, la conception des modèles multi-formels. Dans sa théorie novatrice, il analyse la structure musicale comme une hiérarchie à multiples niveaux structurels, propagés depuis une seule et commune structure fondamentale, l'*Ursatz*. D'après lui, en remontant les niveaux structurels, on réalise que la surface musicale n'est qu'une simple expansion et élaboration – qu'il appelle « prolongation » – de cette structure fondamentale. Après sa mort en 1935, ses théories ont continué à se propager parmi ses disciples aux Etats Unis, les générativistes Fred Lerdahl and Ray Jackendoff.

¹⁷⁵ SOLOMOS Makis, SOULEZ Antonia et VAGGIONE Horacio, *Formel - informel : musique-philosophie : textes et entretiens, avec deux articles d'Adorno et de Dahlhaus*, L'Harmattan, 2003, p. 14 à 15.

¹⁷⁶ DI SCIPIO, « Formal Processes of Timbre Composition », *art. cit.*, 1994, p. 203.

¹⁷⁷ DUFOURT, *La musique spectrale*, *op. cit.*, 2014, p. 34.

¹⁷⁸ RISSET et GUILLOT, *Du songe au son*, *op. cit.*, 2008, p. 34.

¹⁷⁹ XENAKIS, « Musiques formelles », *art. cit.*, 1963, p. 41.

¹⁸⁰ Cf. SCHENKER Heinrich, *Der freie Satz (L'écriture libre)*, traité publié posthume par Universal Editions, Vienne, 1935.

On retrouve l'exemple de cette conception stratifiée dans la structuration des œuvres de Stockhausen, où la différence entre la temporalité d'un rythme ou d'une cellule mélodique, celle d'une phrase et celle de l'œuvre entière n'est qu'une simple question de *degré*. Decarsin note que la structuration par degré de strates de réseaux complexes a pour fonction d'entretenir la cohérence des connexions entre tous les éléments constitutifs.¹⁸¹ Dans son opéra *Licht*, Stockhausen déploie cette méthode de façon à assurer la corrélation entre les microéléments, tels qu'entre les motifs associés à chaque personnage et la macro-formule, dans laquelle on trouve une synthèse des motifs des trois personnages principaux.

Si Grisey résume cet aller-retour comme une « forme » musicale¹⁸², Stockhausen argumente qu'il est même le thème de l'œuvre musicale : « Ce changement continu d'une perspective à une autre dans la même pièce : ceci est devenu, en réalité, le thème de la composition. Ce n'est plus le fait de composer, de présenter, d'exemplifier ou de construire quelque chose d'autre, mais les possibilités de transformation des matériaux sonores qui constitue le thème en soi »¹⁸³.

Pape a constaté que les fonctions stochastiques de Xenakis appliquées à l'ordinateur afin de synthétiser des sons au niveau micro-compositionnel, peuvent aussi bien contrôler les grands mouvements texturaux au niveau de la macro-composition. Pour le compositeur, cette formalisation structurelle qui intervient à de multiples niveaux, met en œuvre des systèmes relationnels entre ces niveaux, ce qui provoque l'apparition des structures perceptives et émergentes. Curtis Roads rejoint cette idée quand il dit :

Pourquoi limiter les décisions compositionnelles à une seule échelle ? Pour naviguer sur les plus grandes zones possibles de créativité, le compositeur créatif veut pouvoir traverser librement les limites entre des échelles temporelles différentes. Insérer, supprimer, réorganiser ou modeler les sons sur une échelle temporelle quelle qu'elle soit, c'est cela une approche multi-échelle de la composition.¹⁸⁴

De plus, d'après Solomos, Soulez et Vaggione, la conception multi-formelle permet à la musique de renouer avec la notion de « figuration » sous une nouvelle optique. Ils constatent que les « objets » et les « réseaux » des structures stratifiées constituent des

¹⁸¹ DECARSIN, « Metamorphoses of Invention », *art. cit.*, 1998, p. 28.

¹⁸² Cf. le texte mis en exergue à ce chapitre.

¹⁸³ Dans DECARSIN, « Metamorphoses of Invention », *art. cit.*, 1998, p. 28, "And this continuous crossing over from one perspective to another during one and the same piece : this has become, in reality, the theme of composing. It is no longer the composing or presenting or exemplifying or constructing of something else, but the possibilities for transformation of sound material which constitute the theme itself". Karlheinz Stockhausen, « Vier Kriterien der elektronischen Musik » Texte 4, p368. Traduit de l'anglais, 1961.

¹⁸⁴ ROADS, *Microsound, op. cit.*, 2004, p. 331 "Why limit the scope of compositional decisions to a single time scale? To navigate the widest possible zone of creativity, the creative composer wants to float freely across time scale boundaries. To insert, delete, rearrange, or mold sounds on any time scale, this is the multiscale approach to composition", notre traduction.

« catégories opératoires qui peuvent s'appliquer à plusieurs échelles de temps (de la note au micro-son, de la note à la forme globale de l'œuvre) : les figures – les morphologies – se trouvent composées à des niveaux très divers »¹⁸⁵.

Il nous semble clair maintenant, que le principe d'organisation stratifiée qui donne lieu à une description à la fois de l'individualité et de la totalité des composants, est bien ce qui nous permet de considérer les effets émergents de la musique selon un point de vue systémique. La définition de la systémique explicitée par Mainzer souligne l'importance d'une vue stratifiée dans la compréhension des effets émergents. Il explique que la théorie des systèmes complexes est « une méthodologie interdisciplinaire pour expliquer l'émergence de certains phénomènes macroscopiques par les interactions non linéaires des éléments microscopiques dans les systèmes complexes »¹⁸⁶.

I.3.3. Organisation structurelle

I.3.3.1. Niveaux structuraux

L'organisation structurelle dans la composition comprend traditionnellement les propriétés du matériau (la hauteur, le rythme, l'harmonie etc.), et de la forme (la cellule, le motif, la phrase, le mouvement, etc.). A ceux-ci, nous ajouterons les niveaux d'ordre temporel (du micro-temps au macro-temps) et paramétrique (la fréquence, l'amplitude, la durée, le spectre).

Roads considère le temps musical en termes d'une hiérarchie d'échelles temporelles et de ce point de vue, il affirme qu'il est « possible d'imaginer la structure musicale comme un arbre, en termes mathématiques »¹⁸⁷. Il explique que l'arbre mathématique est une forme renversée : le symbole « racine » se trouve au niveau supérieur et représente l'œuvre entière. La ramification de la racine en une couche macro-structurelle vient *encapsuler* les parties principales de l'œuvre.

A ce niveau secondaire, on peut considérer la forme comme l'agencement des unités principales. En dessous de ce niveau formel se trouve une hiérarchie de branchements 'syntactiques' qui représentent les mésostructures et qui s'étendent comme les bourgeons terminaux vers le niveau de l'objet sonore. Ces niveaux représentent pour le compositeur les

¹⁸⁵ SOLOMOS, SOULEZ et VAGGIONE, *Formel - informel*, op. cit., 2003, p. 14.

¹⁸⁶ MAINZER, *Thinking in Complexity*, op. cit., 2007, p. 14, "Thus, it is an interdisciplinary methodology to explain the emergence of certain macroscopic phenomena via the nonlinear interaction of microscopic elements in complex systems", notre traduction.

¹⁸⁷ ROADS, *Microsound*, op. cit., 2004, p. 12, "Just as musical time can be viewed in terms of a hierarchy of time scales, so it is possible to imagine musical structure as a tree in the mathematical sense", notre traduction.

espaces composables¹⁸⁸ (d'après le paradigme numérique). Louis Dufort observe : « Plus je descends dans la hiérarchie du réseau, plus j'accède à une micro-temporalité »¹⁸⁹.

1.3.3.2. Les niveaux temporels

Les termes micro et macro-temps sont évoqués en premier lieu par le compositeur Horacio Vaggione dans ses articles datant de 1996 et 1998. Roads, quant à lui, va distinguer neuf échelles de temps musicaux entre le temps infini et le temps infinitésimal. Il les détaille dans le premier chapitre de son ouvrage *Microsound*¹⁹⁰.

1.3.3.2.1. Le micro temps

Comme nous l'avons constaté « l'accès à la micro temporalité permet de manipuler, avec beaucoup de précision, les rapports structurels internes de l'objet »¹⁹¹. Roads définit ce micro temps au niveau des attaques ou même des *particules* du son, à une échelle au seuil de la perception (d'ordre des millisecondes). C'est l'instantané sonore, le son figé dans l'instant. La micro temporalité permet la définition du spectre d'un instant à un autre.

Xenakis, avec ses masses sonores et ses nuages de micro-événements stochastiques, a matérialisé l'idée que le son, en effet, peut être considéré comme un ensemble de particules sonores. Ces textures nuageuses ont deux propriétés principales comme définies par Wishart dans son ouvrage *Audible Design* (1994) – la texture peut être constante ou en évolution, et elle aura la propriété de densité selon le nombre de particules dans une période temporelle donnée.¹⁹²

La micro-composition représente, d'après Pelé, une « étape de fabrication des briques de base de l'édifice musical »¹⁹³ et consiste à déterminer les différents paramètres des sons : la forme d'onde ou le spectre, la fréquence, l'amplitude, l'enveloppe, la durée. A cela s'ajoute leur variabilité en fonction du temps. « Le compositeur crée ainsi des timbres qui peuvent soit simuler des sons existants, soit être totalement originaux, l'ordinateur offrant un contrôle fin des composantes sonores »¹⁹⁴.

¹⁸⁸ Cf. l'ouvrage *Espaces composables : Essais sur la musique et la pensée musicale d'Horacio Vaggione*, sous la direction de Makis Solomos, Esthétiques, Paris, 2007.

¹⁸⁹ DUFORT Louis, *Approche systémique pour la composition d'œuvres acousmatiques, mixtes, vidéomusicales et pluridisciplinaires*, Université de Montréal, 2014, p. 50.

¹⁹⁰ ROADS, *Microsound*, op. cit., 2004, chap. 1.

¹⁹¹ DUFORT, *Approche systémique pour la composition d'œuvres acousmatiques, mixtes, vidéomusicales et pluridisciplinaires*, op. cit., 2014, p. 49.

¹⁹² WISHART Trevor, *Audible Design: A Plain and Easy Introduction to Sound Composition*, York, UK, Orpheus The Pantomime Ltd., 1994, p. 16 à 18.

¹⁹³ PELE, *Inesthétiques musicales au XXe siècle*, op. cit., 2007, p. 89.

¹⁹⁴ Ibid.

1.3.3.2.2. *Le temps de l'objet, ou de l'événement ?*

Roads définit l'objet sonore comme l'unité de base de la structure musicale sur une échelle temporelle entre une fraction de seconde jusqu'à quelques secondes. Mais il reconnaît que : « Tout son défini par des limites temporelles est un objet sonore »¹⁹⁵. Il généralise le concept traditionnel de la note afin d'inclure les événements sonores complexes, c'est-à-dire, l'objet sonore schaefferien. De plus, Roads fait la distinction entre l'homogénéité de la note et l'objet sonore dynamique. La note n'a que quatre propriétés statiques (hauteur, timbre, intensité et durée) tandis que l'objet sonore est de nature hétérogène. La conception dynamique de l'objet sonore de Roads prend en compte la notion de propriétés variables dans le temps.

Approuvant le principe, Michel Imberty suggère plutôt d'utiliser le terme *événement*. Après son apparition, en effet, le son garde une nature continue jusqu'à sa disparition, ce qui lui fait remarquer : « Les sons ne sont pas des substances, ils sont des *événements*, et le discret, en musique, n'est que l'artefact de la pensée humaine qui sépare et analyse sur fond de réalités objectales et non de réalités événementielles »¹⁹⁶. Nous allons adopter cette taxinomie dans notre modèle analytique.

1.3.3.2.3. *Le méso temps*

Le méso temps est défini par Roads comme les groupements des objets sonores dans une hiérarchie de structures de phrases de longueurs différentes, ce qui revient à un temps qui va de quelques secondes jusqu'à quelques minutes. Le méso temps fait apparaître les divisions formelles et la morphologie des matériaux sonores. C'est le temps local – là où l'idée musicale prend forme. On peut y trouver les séquences, les combinaisons et les transformations ainsi que l'émergence des processus, des thèmes, des progressions, le développement.¹⁹⁷ Ainsi, une masse sonore tel qu'une grappe de tons ou *cluster* peut être définie localement à chaque instant du micro-temps, et son développement global sera perçu au niveau méso, comme on le trouve dans les œuvres de György Ligeti : *Volumina*, *Lux Aeterna*, *Atmosphères*.

¹⁹⁵ ROADS, *Microsound*, *op. cit.*, 2004, p. 17, "Any sound within stipulated temporal limits is a sound object", notre traduction.

¹⁹⁶ COLLOQUE INTERNATIONAL D'EPISTEMOLOGIE MUSICALE, *Observation, analyse, modèle*, *op. cit.*, 2002, p. 376, italiques de l'auteur.

¹⁹⁷ Cf. ROADS, *Microsound*, *op. cit.*, 2004, p. 14.

1.3.3.2.4. *Le macro temps*

Le macro temps est à l'échelle de l'architecture globale de l'œuvre et sa mesure est généralement de l'ordre de minutes ou d'heures. Dans les musiques génératives comme la « musique évolutionnaire » d'Andrew Brown ainsi que dans les œuvres interactives comme les écosystèmes sonores de Di Scipio, cette échelle peut s'étendre sur des périodes plus ou moins longues, comme des jours ou même, dans certain cas, sur plusieurs années. D'après Roads, l'auditeur perçoit l'échelle du macro-temps en rétrospective, par son souvenir, ce qui implique les distorsions et les discontinuités du flux linéaire. La perception de la grande forme intégrera les références non linéaires qui relèvent de l'expérience antérieure. Il précise : « Comme dans la vie quotidienne, le flux perçu du temps musical est lié aux événements de référence ou aux souvenirs chargés de signification émotionnelle »¹⁹⁸.

1.3.3.3. *Le modèle stratifié de Pape*

Pour Pape, la correspondance entre la conception de la musique électronique et son incidence sur l'écriture pour instruments se trouve à la jonction entre temps et formes, à de multiples échelles. Il dit que « dans les deux cas, la préoccupation fondamentale concerne l'organisation du temps. [...] La question qui demeure est : Comment créer les formes qui organisent bien le temps, c'est-à-dire qui soient logiques pour l'esprit et sensuellement intéressantes pour le corps »¹⁹⁹.

Sa thèse fondamentale repose intrinsèquement sur le principe d'une évolution sonore des structures profondes : « Afin de créer une composition étendue basée sur l'évolution du son dans le temps, nous devons composer sur des niveaux multiples de la forme de la structure sonore »²⁰⁰. Le propos de Pape de structurer les sons multidimensionnels aux niveaux temporels perceptibles revient à organiser le temps selon trois niveaux perceptuels principaux : micro, méso et macro. Il a certainement été inspiré par l'échelle multi-temporelle de Roads, mais il considère les définitions explicitées dans *Microsound* comme un point de départ. Il les adapte à ses propres considérations musicales et il les intègre à d'autres idées théoriques, notamment celles d'Estrada.

La microforme définie par Pape dans son ouvrage *MusiPoéSci* est le niveau « des

¹⁹⁸ Ibid., p. 11, "As in everyday life, the perceived flow of musical time is linked to reference events or memories that are tagged with emotional significance".

¹⁹⁹ MAKAN et PAPE, « An Interview with Gerard Pape », *art. cit.*, 2003, p. 28, Computer music does of course share one important feature with older musics: the fundamental concern in both cases has to do with structuring time [...] The question remains: "How does one make forms that organize time in a way that works, that is, that are logical for our minds and perceptually interesting for our bodies?", notre traduction.

²⁰⁰ PAPE, *MusiPoéSci*, *op. cit.*, 2015, p. 87.

changements micro-paramétriques du son »²⁰¹. La technique de Pape consiste à employer en contrepoint des micro-paramètres en évolution continue. Il y a une relation très proche entre la microforme proposée par Pape et celle d'Estrada. Pourtant, aux six micro-paramètres de base décrits par Estrada (la durée, la hauteur, l'attaque, la dynamique, le vibrato et le timbre)²⁰², Pape ajoute ceux de l'espace, des accentuations complémentaires (accentuations rythmiques dans la continuité du son) et d'autres éléments très spécifiques aux modes de jeux propres à chaque instrument.

Estrada nous aide à échapper au monde des éléments fixes en introduisant des courbes multiples de transformation des paramètres du son qui évoluent dans un espace non pas discontinu ou scalaire mais continu. [...] Dans une composition [...] on peut se déplacer entre les différentes régions de cet espace paramétrique continu, s'assurant ainsi une sensation de modulation macro-timbrale dans le temps.²⁰³

La composition des courbes, selon Pape, peut suivre le modèle chrono-graphique d'Estrada où les courbes résultent d'une transcription minutieuse du son entendu par le compositeur dans son « imaginaire ». Ou bien, les courbes peuvent suivre une fonction mathématique, comme les processus déterministes ou stochastiques de Xenakis, par exemple. Le contrepoint entre les diverses courbes peut également être déterminé par des processus logiques, ou même par les méthodes contrapuntiques. « En tant que trajets de l'évolution paramétrique continue, et en tant qu'explorations de domaines ou de parties spécifiques d'un continuum paramétrique, (ces changements micro-paramétriques) peuvent obliger une ou plusieurs sections d'une composition à apparaître »²⁰⁴.

La mésoforme de Pape comprend la structure harmonique perçue, celle du timbre général résultant du contrepoint des micro-paramètres. Elle est faite des unités de base de la structure musicale : la note, la série harmonique, le *cluster*, le bruit, qui ensemble décrivent un continuum de complexité harmonique et de densité texturale. Pape a déduit ces quatre unités de base des pratiques de nombreux compositeurs et de leur recherche systématique d'une structure harmonique particulière. Il cite « Scelsi avec le 'son simple' ; Radulescu, Grisey, Dumitrescu et Vivier avec la série harmonique ; Varèse, Ligeti et Xenakis avec le *cluster* chromatique ; Xenakis avec le bruit, particulièrement dans sa musique électroacoustique »²⁰⁵.

Le continuum des unités de base de la structure musicale de la mésoforme de Pape est

²⁰¹ Ibid., p. 88.

²⁰² Cf. ESTRADA Julio, « Focusing on Freedom and Movement in Music: Methods of Transcription inside a Continuum of Rhythm and Sound », *Perspectives of New Music* 40 (1), 2002, pp. 70-91.

²⁰³ PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 86 à 87.

²⁰⁴ Ibid., p. 88.

²⁰⁵ Ibid., p. 91.

proche des typologies spectrales du continuum entre le bruit et la note décrit par Denis Smalley. Smalley, par contre, ne définit que trois éléments principaux : le bruit, le nœud (un agrégat sonore) et la note.²⁰⁶

Cependant, c'est au niveau de la macroforme que la théorie de la structure musicale de Pape se distingue véritablement des théories précédentes. Pape décrit la macroforme comme un lieu de transformation « au niveau de la texture ou de la forme de surface qui change graduellement au cours du temps, [...] un mouvement architectural à grande échelle »²⁰⁷. Nous avons aussi constaté dans la musique de Pape, que c'est bien au niveau macro-formel, que les changements d'énergie globale, de fonction dramatique et de caractère spatio-temporel sont mis en évidence dans la perception de l'œuvre.

L'échelle des formes spatio-temporelles définie par Pape représente un continuum entre l'ordre et le désordre : de la polyphonie à la complexité, au chaos et au désordre.²⁰⁸ Mais la polyphonie de Pape s'est élargie jusqu'à inclure l'hétérophonie qui, selon la conception de Boulez, existe sur un continuum entre la monodie et la polyphonie. C'est-à-dire, « la répartition structurelle de hauteurs identiques, différenciée par des coordonnées temporelles divergentes, manifestée dans des intensités et des timbres distincts »²⁰⁹. Pape décrit les structures hétérophoniques de sa macroforme en fonction de leur degré de complexité et de densité.

Une texture mono-hétérophonique, correspond à une structure hétérophonique basique, comprenant des couches multiples d'une seule ligne horizontale et monodique. D'une texture homo-hétérophonique peut résulter des couches multiples de textures verticales et homophoniques, comprenant des successions d'accords ou de séries harmoniques. Une texture hétérophonique de masse est produite quand les structures comprenant des clusters ou des couches de bruits identiques et successifs se trouvent multipliées de cette façon. Finalement, on peut atteindre un niveau de complexité et de densité très compact si plusieurs textures hétérophoniques sont combinées simultanément, ce qui produira un effet de poly-hétérophonie, ou de poly-hétérophonie de masse.²¹⁰

La macroforme est ainsi mise en évidence par les modulations harmoniques entre les structures différentes de la mésoforme. C'est une conception fractale des grandes formes organiques et hétérophoniques qui reposent sur l'interaction « multi-formelle » entre les états d'ordre et de désordre. La particularité du son chez Pape est assurée par la composition des

²⁰⁶ SMALLEY, *Spectro-morphology and Structuring Processes*, p. 65.

²⁰⁷ PAPE, *MusiPoéSci*, *op. cit.*, 2015, pp. 129 et 130.

²⁰⁸ Cf. « Echelle de quatre degrés de forme spatio-temporelle », *ibid.*, p. 137.

²⁰⁹ BOULEZ, *Penser la musique aujourd'hui*, *op. cit.*, 1963, p. 140.

²¹⁰ Cf. PAPE, *MusiPoéSci*, *op. cit.*, 2015, p. 94 à 95.

quatre dimensions du son (fréquence, amplitude, timbre et espace) sur les trois niveaux formels (micro, méso et macro) « afin d'obtenir une structure sonore de profondeur suffisante, c'est-à-dire une structure sonore ou un macro timbre qui n'est pas plat ou bidimensionnel »²¹¹. Sa stratégie multi-formelle émane d'une vision globale du fonctionnement des éléments aux niveaux multiples, où chaque étape structurelle vient « renforcer les effets de chacune des autres »²¹².

L'analogie idéale du modèle stratifié selon Pape se trouve dans l'organisation « d'une hiérarchie temporelle d'horloges biologiques qui contrôlent les oscillations périodiques échelonnées dans le temps de chacun des organes »²¹³. Il décrit la synchronisation de leurs comportements comme « une danse polyrythmique/polytemporelle complexe entre tous les organes et les systèmes du corps »²¹⁴. Cette organisation selon le modèle des structures et des processus biologiques peut être effectivement transposée sur le plan musical où « l'émergence de hiérarchies temporelles synchrones nous donnent déjà une idée différente d'harmonie basée sur le son à l'intérieur et en travers du niveau méso de la forme et du temps »²¹⁵.

De même Pape parle à la fois d'un nouveau modèle de composition inspiré des modèles morphogénétiques et de l'émergence de formes, des hiérarchies temporelles, d'harmonies, de timbres et de systèmes et de sous-systèmes inhérents au déploiement d'un tel modèle. Il explique :

On peut dire que les harmonies plus complexes, équivalant aux tissus, aux organes ou aux systèmes, qui émergent ou se forment progressivement, resteraient présentes dans une relation hiérarchique de différenciation, croissance et développement progressif les unes par rapport aux autres, et par rapport aux harmonies de niveau « cellulaire » et « tissu » inférieur. Dans ce sens, on peut distinguer des sous-harmonies relativement simples qui progressent plus tard, c'est-à-dire qui s'auto-organisent et émergent en systèmes et sous-systèmes d'harmonies-timbres de plus en plus complexes et riches spectralement.²¹⁶

On constate alors une typologie compositionnelle chez Pape fondée sur la conception d'un fonctionnement d'ensemble dans laquelle le déploiement de tous les aspects musicaux s'intègre dans une hiérarchie du processus morphogénétique, élaborée par un libre aller-retour entre les dimensions micro et macro des formes et des relations aboutissant à des phénomènes complexes émergents d'ordre perceptuel.

²¹¹ Ibid., p. 87.

²¹² Ibid., p. 131.

²¹³ Ibid., p. 126.

²¹⁴ Ibid., p. 127.

²¹⁵ Ibid.

²¹⁶ Ibid., p. 128.

1.3.4. Émergence et structure

Les nouveaux modèles compositionnels stratifiés, tels que l'approche morphogénétique de Pape ou la théorie d'émergence sonologique de Di Scipio, impliquent au niveau de la conception, un constant aller-retour entre les niveaux hiérarchiques, du microphonique au macrophonique. Par l'organisation multi-structurelle de ces modèles, il est possible « d'imaginer et d'explorer les liens possibles entre le modelage des détails atomiques (le processus du niveau de base) et les formes sonores qui en émergent (le processus du méta-niveau) »²¹⁷. La fluidité de cet aller-retour micro-macro du processus compositionnel est évidente dans le modèle de Pape autant que dans celui de Di Scipio, qui postule que : « l'action du compositeur revient à laisser la structure musicale (niveau macro) émerger du son lui-même et de son organisation interne (niveau micro) »²¹⁸.

De plus, ce constat est étayé par les théories de la complexité qui affirment que : « L'émergence d'une nouvelle structure résulte du fait que les modes instables qui demeurent servent en tant que paramètres d'ordre qui déterminent le comportement macroscopique du système »²¹⁹. Ainsi, à partir des configurations complexes des paramètres d'ordre aux niveaux inférieurs de la structure d'un système, on peut imaginer l'apparition de formes en évolution, de relations émergentes et une transformation multidimensionnelle du fait sonore. Dans le modèle de Pape, ces modes instables sont définis et entretenus par la transformation continue des micro-paramètres du spectre sonore. Ce mode opératoire, ainsi décrit, maintient en même temps un équilibre entre le matériau déterminé par un contrôle minutieux des détails et la nature aléatoire des matériaux émergents aux niveaux supérieurs. Cet équilibre émane d'un flux d'aller-retour continu, qui souligne la nature dynamique du processus musical plutôt que ses aspects structurels. Comme le dit Pape, « L'émergence comme processus ne va pas uniquement du bas vers le haut, mais du haut vers le bas, et du bas vers le haut, le tout au même temps »²²⁰.

En plus des effets émergents cités ci-dessus, allant des paramètres de l'ordre à l'instabilité, et des formes sonores locales à la structure musicale globale, Roads précise que « des variations au niveaux micro de l'échelle peuvent provoquer des changements dans la

²¹⁷ DI SCIPIO, « Formal Processes of Timbre Composition », *art. cit.*, 1994, p. 206, "by which he imagines and explores possible links between the patterning of atomic details – a ground-level process (glp) – and the sound forms which emerge from them – a meta-level process (mlp)", notre traduction.

²¹⁸ DI SCIPIO Agostino, « The problem of 2nd-order sonorities in Xenakis' electroacoustic music », *Organised Sound* 2 (3), 1997, p. 165.

²¹⁹ MAINZER, *Thinking in Complexity*, *op. cit.*, 2007, p. 65, "The emergence of a new structure results from the fact that the remaining unstable modes serve as order parameters determining the macroscopic behavior of the system", notre traduction.

²²⁰ PAPE, « Forme, Émergence et Astrophysique », *art. cit.*, 2016.

texture musicale aux niveaux temporels supérieurs »²²¹. La macro-texture telle qu'elle est définie par Pape est une propriété de « la forme de surface », porteuse d'énergie, de fonction dramatique et de caractère. Di Scipio, lui, distingue des « propriétés morphologiques globales » qui émergent des conditions locales du matériau sonore.²²² En fin du compte, Roads affirme que les outils modernes nous donnent la possibilité de voir et de manipuler les couches micro-soniques « desquelles tout phénomène acoustique émerge »²²³.

En résumé, on comprend alors que la perception des effets émergents d'une œuvre musicale « découle de la composition d'unités sonores minimales, qui sont faites pour fusionner dans une image audible holistique »²²⁴. L'action du compositeur revient à créer un ordre structurel essentiellement systémique qui organise les comportements sonores sur de multiples niveaux d'interaction dans un processus qui engage le matériau en tant que générateur de formes dynamiques, complexes et évolutionnaires. En effet, la possibilité de composer des effets émergents musicaux découle de l'incidence des outils technologiques sur les stratégies de la composition musicale, notamment par l'avènement de la micro-composition et la subséquente stratification des structures musicales.

Ainsi, la stratification de la conception musicale nous permet de considérer la musique en tant que système complexe, une structure à multi-niveaux avec un réseau de relations et d'interactions complexes. Les approches multi-niveaux de la composition introduisent une complexité d'interaction et d'interconnectivité entre des réseaux d'éléments en transformation perpétuelle, ce qui provoque la genèse des morphologies sonores, des nouvelles relations musicales et des effets phénoménologiques acoustiques émergents.

²²¹ ROADS, *Microsound*, *op. cit.*, 2004, p. 323, "Variations on the micro scale provoke changes in musical texture on higher time scales", notre traduction.

²²² DI SCIPIO, « Formal Processes of Timbre Composition », *art. cit.*, 1994, p. 205, "The task of micro-compositional strategies can be described as one of letting global morphological properties of musical structure emerge from the local conditions in the sonic matter".

²²³ ROADS, *Microsound*, *op. cit.*, 2004, p. 3, "Modern tools let us view and manipulate the microsonic layers from which all acoustic phenomena emerge", notre traduction.

²²⁴ DI SCIPIO Agostino, « Clarification on Xenakis: The Cybernetics of Stochastic Music », *Presences of Iannis Xenakis*, *CDMC*, p. 72, <<https://www.researchgate.net/publication/235959405>>, consulté le 07.10.2018 "stems from the composition of minimal sonic units, which are made to coalesce in a holistic audible image", notre traduction.

I.4. Le devenir du son

La vocation de l'écriture musicale est de rendre sensible le flux du devenir dans l'écoulement du temps. ²²⁵

Hugues Dufourt

La dynamique des systèmes fait éclater la vision statique des organisations et des structures. En intégrant le temps, elle fait apparaître le relationnel et le devenir. ²²⁶

Joël de Rosnay

En considérant la musique sous l'optique de la systémique, nous avons vu que son organisation structurelle donne lieu à un modèle stratifié de données spatiales, appliquées aussi bien à des niveaux inférieurs (micro et méso) qu'à l'unité complexe et globale qui est la macrostructure. Nous allons maintenant prendre en compte le mode opératoire d'un tel système, c'est-à-dire, son fonctionnement.

Selon la théorie de la systémique, l'aspect fonctionnel du système est représenté par son caractère dynamique et par les processus qui gèrent son déploiement temporel, c'est-à-dire la mise en œuvre de ses divers « comportements ». L'aspect dynamique du processus temporel est un critère important dans la distinction des effets émergents. Mais comment expliquer l'organisation fonctionnelle d'une œuvre musicale ? Peut-on qualifier l'aspect dynamique de la musique en tant que comportement ?

I.4.1. Les pionniers de la musique en tant que processus

Au cours du XX^e siècle, on voit apparaître une réflexion croissante sur le mouvement et le changement, sur les « forces » orientées, sur l'interaction et l'interdépendance des matériaux musicaux ainsi qu'une inspiration des modèles venant des sciences. Cette réflexion se manifeste dans les propos et les œuvres des compositeurs pionniers comme Edgard Varèse et Henry Cowell déjà dans les années folles (les *roaring twenties* aux États-Unis). Puis, à partir des années soixante, cette réflexion évolue dans les directions divergentes telles que

²²⁵ DUFOURT, *La musique spectrale, op. cit.*, 2014, p. 23.

²²⁶ DE ROSNAY, *Le microscope, op. cit.*, 2014, p. 121.

l'on observe chez Boulez, Stockhausen et Ligeti, dans les musiques minimalistes aux États-Unis de Pauline Oliveros, Steve Reich et Terry Riley par exemple, dans la musique modale des compositeurs comme Arvo Pärt et encore dans la pensée spectrale des années soixante-dix et quatre-vingt. Ces changements d'optique sur la composition musicale représentent une prise de conscience collective sur la nature dynamique du fait musical : non seulement la musique est faite de structures, mais ces structures sont soumises aux processus temporels.

Chez les compositeurs s'opère une évolution marquée par des changements radicaux dans la façon dont on considère le son dans le contexte musical : les notes d'une hauteur et d'une durée fixes donnent place aux continuums de fréquences, d'intensités et de durées. Les procédés de la micro-composition et de la musique électroacoustique amènent une autre vision de la nature même de la musique. Il est maintenant possible d'intervenir dans le détail à l'intérieur du son, au niveau du spectre. Hugues Dufourt confirme que « la miniaturisation des approches techniques du domaine sonore a entraîné un gain de spécificité dans la compréhension des processus »²²⁷. Le son s'approprie une nature transformationnelle et de ce fait, l'expérience musicale est portée par la modulation des composants et l'effet de leurs interactions complexes.

1.4.1.1. L'émancipation des catégories « figées » du son

La hauteur, la durée, l'intensité et le timbre sont traditionnellement les paramètres musicaux manipulés par le compositeur et pris en considération dans une analyse musicale. On peut les quantifier et les catégoriser. C'est-à-dire que des notes de musique partageant les mêmes propriétés seront considérées équivalentes et invariables. Mais ce sont des catégories fixes qui ne font que renvoyer aux catégories symboliques. Risset affirme que les sons des instruments ne sont que symbolisés par les notes inscrites sur une partition. En effet, « la notation permet de les évoquer, et connaissant les instruments et les modes de jeu [...] on peut se faire une idée assez précise de l'effet sonore et recourir à l'écoute intérieure »²²⁸.

Au contraire, depuis l'avènement de la programmation numérique dans les procédés compositionnels, la perspective théorique des catégories figées a été irrévocablement réorientée vers une conception partant des changements paramétriques au sein des processus de synthèse sonore. Les données de la partition conventionnelle ne sont plus donc « d'une grande aide pour spécifier un son désiré à un programme d'ordinateur qui doit le calculer »²²⁹.

²²⁷ DUFOURT, *La musique spectrale*, op. cit., 2014, p. 23.

²²⁸ RISSET et GUILLOT, *Du songe au son*, op. cit., 2008, p. 13.

²²⁹ Ibid.

Dans le cadre de la musique informatique, chaque détail doit être rigoureusement défini afin que l'ordinateur réalise sans défaut le son prescrit. Risset ajoute, « Bien plus, même en synthétisant des structures sonores simples, on obtient souvent des résultats surprenants qui forcent à s'interroger »²³⁰. Ainsi, sur le plan de la conception sonore, l'homogénéité de la note est dissoute au profit d'une conception hétérogène du son, libre des contraintes d'invariance temporelle et cédant place dorénavant à la notion des propriétés qui peuvent évoluer de façon dynamique.

Grisey résume ce changement radical d'approche qui constitue, selon lui, l'apport principal des Spectralistes à l'évolution musicale du XX^e siècle, comme « la liquidation des catégories figées au profit de la Synthèse et de l'Interaction d'une part, et [comme] l'approche d'une adéquation optimale entre le Conceptuel et le Perceptuel d'autre part »²³¹. De nombreuses expériences dans les domaines de la psychoacoustique et des sciences cognitives ont cherché à évaluer et à définir le rapport entre l'émission sonore et l'effet perçu par l'auditeur.²³² Grisey ajoute que les paramètres musicaux peuvent même maintenant être pris « comme une simple grille de lecture ». Il précise : « La réalité sonore est infiniment plus complexe. Un incroyable tissu de corrélations, d'inductions et d'interactions détermine entre les paramètres des *seuils* fluctuants et ambigus »²³³.

Cette nouvelle conscience du fait sonore porte sur la perception de l'effet sonore, qui dorénavant devient une considération essentielle quel que soit le genre musical. La focalisation de l'acte de composition sur l'effet sonore, induit à composer le son même et non plus seulement à composer avec le son. Gérard Pape souligne ce fait dans son texte *Composition et structure du son*.²³⁴ Ses partitions extrêmement détaillées et complexes mettent en lumière une vive conscience de la programmation numérique. On ira même jusqu'à dire qu'il serait possible, à la limite, de transcrire sa notation en une liste de données précises qui définirait le comportement de l'œuvre-système et ferait naître le son dans son déploiement temporel.

²³⁰ Ibid., p. 13 à 14.

²³¹ GRISEY, *Ecrits ou L'invention de la musique spectrale*, op. cit., 2008, p. 45.

²³² Cf. DELIEGE Irène, MELEN Marc, STAMMERS Diana et al., « Musical Schemata in Real-Time Listening to a Piece of Music », *Music Perception: An Interdisciplinary Journal* 14 (2), 1996, pp. 117-159. En ligne: <<https://doi.org/10.2307/40285715>>; MCADAMS Stephen, « L'organisation perceptive de l'environnement sonore », in, Rencontres IPSEN en ORL, Ed Irvin, Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique, Paris, 1997. En ligne: <<http://articles.ircam.fr/textes/McAdams97b/#figure1>>, consulté le 17.09.2019.

²³³ GRISEY, *Ecrits ou L'invention de la musique spectrale*, op. cit., 2008, p. 49.

²³⁴ Cf. PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 72 à 117.

1.4.1.2. Une pensée du continu

Dans cette perspective, Stockhausen évoque l'hypothèse²³⁵ que tous les paramètres différents de la musique (hauteur, durée et timbre) appartiennent au domaine temporel ; la différence entre eux « n'étant pas d'ordre de leur nature, mais simplement de degré, ou spécifiquement, de la vitesse des vibrations et de spectre acoustique »²³⁶. Le constat de Stockhausen donne naissance à une certaine « fascination de la continuité »²³⁷ qui est mise en évidence dans son *Studie II* : on y entend la transformation continue d'une dissonance bruiteuse qui se meut progressivement jusqu'à atteindre une sorte d'harmonicité.

L'idée d'un continuum entre les domaines temporels permet une vue plus large sur les paramètres sonores et sur la dynamique de leurs transformations temporelles. Ce qui au départ dans la composition électronique, est un critère important, est devenu rapidement un principe que l'on intègre également aux musiques instrumentales. Cage affirme que : « chaque aspect du son (fréquence, amplitude, timbre, durée) doit être considéré comme un continuum et non comme une série de degrés disjoints préférés par des conventions (occidentales ou orientales) »²³⁸.

On relève les débuts d'une telle conception du son dans le célèbre *Ionisation* de Varèse de 1931 et même dans les premières œuvres d'Henry Cowell pour piano, comme *The Voice of Lir* de 1920 par exemple. Le jeu sur les cordes à l'intérieur du piano et des grappes de tons conjoints (*clusters*) chez Cowell est déjà indicative d'un changement qui tourne, selon Cage, vers le bruit et vers un continuum du timbre.²³⁹

Grisey constate que sa propre « fascination de la continuité » l'amène logiquement à porter son attention « non plus seulement sur les sons (le matériau) mais sur les différences qui existent entre les sons (le degré de changement) »²⁴⁰. Cette notion de continuum nous éloigne des notes ou des objets homogènes et statiques et nous porte vers une conception temporelle des *événements* musicaux. Imberty définit cette nouvelle conception ainsi :

L'événement se produit, il est rupture et lien à la fois : rupture parce qu'il renvoie au passé ce qui le précède (les événements antérieurs), lien parce qu'il permet d'articuler

²³⁵ Tiré d'une émission radio par Stockhausen « Die Einheit der musikalischen Zeit », 1961. Trad. anglais par E. Barkin sous le titre « The concept of unity in electronic music », *Perspectives of New Music* 1(1): 39, 1962 p. 211 à 221.

²³⁶ DECARSIN, « Metamorphoses of Invention », *art. cit.*, 1998, p. 27, "the difference between them is not one of nature, but only of degree or, more clearly, of speed of vibration and of acoustic spectra", notre traduction.

²³⁷ GRISEY, *Ecrits ou L'invention de la musique spectrale*, *op. cit.*, 2008, p. 43.

²³⁸ CAGE John, *Silence [lectures and writings by John Cage]*, Middletown, Conn, Wesleyan university press, 1961, p. 70 à 71, "All this can be summed up by saying each aspect of sound (frequency, amplitude, timbre, duration) is to be seen as a continuum, not as a series of discrete steps favored by conventions (Occidental or Oriental)", notre traduction.

²³⁹ Cf. *ibid.*, p. 70.

²⁴⁰ GRISEY, *Ecrits ou L'invention de la musique spectrale*, *op. cit.*, 2008, p. 43.

ce passé au futur qu'il ouvre dans ses conséquences prévisibles ou non. [...] L'événement suscite le mouvement, engendre le dynamisme inhérent à tout changement.²⁴¹

Pourtant, il ajoute, en reprenant L. Meyer et J. Molino, que la reconnaissance de la nature dynamique de la musique « échappe par définition aux méthodes traditionnelles d'analyse »²⁴². C'est dans ce sens que David Burrows soutient que l'analyse d'une œuvre musicale doit être considérée en tant qu'un « flux de moments immédiats »²⁴³. En fait pour lui, la *performance* est le véritable lieu de la réalité musicale. Il est donc possible de décrire cela comme un processus cohérent d'interaction entre plusieurs composants, c'est-à-dire, un système dynamique. Imberty confirme pleinement l'opposition entre la notion d'éléments « fixes et figés, statiques, délimitables et invariants »²⁴⁴ et la nature dynamique du fait musical. Nous entrons donc dans le domaine des processus de transformation continue.

1.4.1.3. La nature transformationnelle

Pour Luciano Berio, la pensée du continu émerge de la recherche de renouvellement du son instrumental afin d'élargir la palette des timbres instrumentaux. D'ailleurs, il reconnaît avoir « essayé de transformer [le son instrumental] afin de faire une écoute plus analytique, avec plusieurs couches en interaction mutuelle »²⁴⁵.

Cette recherche de la transformation du son devient le cœur des développements compositionnels dès les années quatre-vingt et, comme le remarque Imberty, « il s'agit là de l'évolution historique la plus importante depuis l'invention par Schoenberg du dodécaphonisme »²⁴⁶. La musique spectrale témoigne aussi de cette évolution par ses « formes entièrement fondées sur des relations mouvantes de textures et de timbres » par lesquelles selon Hugues Dufourt, « l'action transformatrice ne se subordonne plus à une forme d'ordonnance »²⁴⁷.

²⁴¹ COLLOQUE INTERNATIONAL D'ÉPISTEMOLOGIE MUSICALE, *Observation, analyse, modèle, op. cit.*, 2002, p. 377.

²⁴² Ibid.

²⁴³ BURROWS, « A Dynamical Systems Perspective on Music », *art. cit.*, 1997, p. 530, "the appropriate point of entry for the analysis of a performance would be the flow of immediacies, of psychological presents, that makes up the performance. I use the expression « processual analysis » to designate a method that acknowledges the temporal exigency of music", notre traduction.

²⁴⁴ COLLOQUE INTERNATIONAL D'ÉPISTEMOLOGIE MUSICALE, *Observation, analyse, modèle, op. cit.*, 2002, p. 377.

²⁴⁵ Luciano Berio dans un entretien pour l'émission télévisée « *Superquark* », RAI RadioTelevisione Italiana, 1999. "I have always tried to renew the instrumental sound, the one produced by known and accepted instruments. I have tried to transform it to make listening more analytical, with several layers interacting with each other", notre traduction.

²⁴⁶ COLLOQUE INTERNATIONAL D'ÉPISTEMOLOGIE MUSICALE, *Observation, analyse, modèle, op. cit.*, 2002, p. 380.

²⁴⁷ Dufourt repris dans *ibid.*, p. 379.

Pape, tout comme les Spectralistes, ramène l'idée de transformation au niveau de la perception. « Dans un idéal, l'auditeur devrait percevoir un processus dynamique de modulation progressive qui donnerait une véritable sensation de différenciation, croissance et développement »²⁴⁸. Le compositeur applique cela à tous les niveaux d'intervention : du niveau des spectres des composants individuels jusqu'aux multiples composants formant des spectres émergents très complexes qui seront perçus dans la globalité de l'évolution méso-formelle.

Cette conception transformationnelle donne lieu à de multiples continuums de possibilités pour la création des timbres inédits. L'approche spectrale de la « transformation par transition »²⁴⁹ consiste à enrichir le timbre en additionnant des composants partiels de fréquence par la multiplication des « notes » qui forment, dans leur ensemble, le macro-spectre. Pape élargi cette approche par une conception qui permet à chaque composant d'un spectre de suivre un continuum d'états possibles entre un comportement linéaire et l'éventuel excitation non linéaire du spectre. Il donne l'exemple de la transformation d'un son simple sur un instrument à cordes qui peut suivre un continuum transformationnel vers le bruit : « un excédent de pression sur la corde la poussera à vibrer de façon non linéaire, ce qui produira du bruit »²⁵⁰.

L'ensemble de ces approches confère un rôle fonctionnel aux aspects dynamiques et transformationnels, et ceci particulièrement dans le rapport entre l'équilibre interne du matériau sonore et l'articulation topologique qui en émerge. Ainsi, au cours du XX^e siècle, la quête de création de nouvelles formes et sonorités et l'intégration des procédés de transformation conduisent à une nouvelle conception de l'interaction entre des composants musicaux : celle de la complexité.

1.4.1.4. L'interaction des composants sonores

Si de nos jours, comme Solomos, Soulez et Vaggione le soulignent, la formalisation musicale tente d'intégrer l'interactivité²⁵¹, il est également clair que sur le plan conceptuel, l'ordinateur nous offre maintenant « un potentiel de complexité théoriquement illimité »²⁵². Risset ajoute même qu'il est possible, grâce aux techniques de l'informatique, de « concevoir un système sans limite de complexité »²⁵³.

²⁴⁸ PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 129.

²⁴⁹ DUFOURT, *La musique spectrale*, op. cit., 2014, p. 28.

²⁵⁰ PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 93.

²⁵¹ SOLOMOS, SOULEZ et VAGGIONE, *Formel - informel*, op. cit., 2003, p. 64.

²⁵² RISSET et GUILLOT, *Du songe au son*, op. cit., 2008, p. 34..

²⁵³ Ibid., p. 34, nos italiques.

Le modèle d'une « hiérarchisation dirigée » dans lequel des relations entre les éléments au sein des structures sonores sont interactives et transformationnelles, se trouve au cœur des phénomènes acoustiques qui, selon Boulez, nous en donnent l'exemple « à l'état organique »²⁵⁴. Cette définition du fait sonore de Boulez nous permet d'ailleurs de considérer le son, maintenant, comme étant le produit des *données* :

[...] une somme de fréquences observant dans leurs relations des proportions – variables ou non – déterminées en qualité et en nombre, affectées d'un coefficient dynamique – variable ou non – ; la fréquence étant elle-même une fonction du temps (périodes-seconde), la somme des fréquences subit globalement une enveloppe dynamique, également fonction du temps ; on voit qu'au départ, vibration, temps, amplitude s'interagissent pour aboutir au fait sonore total.²⁵⁵

Ajoutons que les paramètres sonores, mobiles et dotés d'énergie, relèvent des flux de données – chacun participe au déploiement dynamique des structures sonores. On témoigne donc de l'émergence du « principe d'interaction ou d'interdépendance des diverses composantes sonores »²⁵⁶ dans l'organisation fonctionnelle des matériaux musicaux. Ils ne forment pas simplement des couches d'éléments indépendants mais sont complices dans leur interaction au sein des procédés de *composition vectorielle*²⁵⁷, ce qui, selon Boulez, n'agit pas « par addition arithmétique [...] chaque vecteur ayant – de par la nature de son matériau – ses propres structurations »²⁵⁸.

Si les compositeurs de la musique sérielle ont tenté d'intégrer l'interactivité dans leur conception formelle de la musique, c'est qu'en même temps, les comportements interactifs et interdépendants des systèmes complexes sont devenus un axe central de réflexion dans des sciences telles que la physique, la biologie et la psychologie... et, plus tard, dans les domaines interdisciplinaires tels que les sciences cognitives, la cybernétique et puis la systémique. Selon Emmeche, Koppe et Stjernfelt, on peut dire que ce comportement interactif et interdépendant des systèmes complexes est « véritablement émergent ». D'ailleurs, il est devenu de plus en plus courant de caractériser de tels systèmes selon leurs comportements émergents.

²⁵⁴ BOULEZ, *Penser la musique aujourd'hui*, op. cit., 1963, p. 36.

²⁵⁵ Ibid.

²⁵⁶ Ibid.

²⁵⁷ Plus tard, dans BOULEZ Pierre et SAMUEL Claude, *Pierre Boulez, Éclats 2002*, Mémoire du Livre, 2002, p. 302 à 303, il fera référence plutôt au « diagonal » « Une telle variable qui se développe dans la dimension autonome du temps, on l'appellera « bloc de durée », « bloc sonore sans cesse variant ». Et la dimension autonome, non préexistante, qui se trace en même temps que le bloc varie, on l'appelle diagonale, pour mieux marquer qu'elle ne se ramène ni à la verticale harmonique ni à l'horizontale mélodique comme coordonnées préexistantes ».

²⁵⁸ BOULEZ, *Penser la musique aujourd'hui*, op. cit., 1963, p. 36.

Grâce à cette nouvelle généralisation du concept d'interactivité, le statut des éléments musicaux « secondaires » va se trouver changé fondamentalement. Désormais on accorde un rôle fonctionnel aux intensités, à l'articulation et au timbre. Ces paramètres ne sont plus seulement de simples faits d'embellissement superficiel ou des substrats de couleur. Saisis dans leur unicité, ils contribuent à la construction morphologique de la structure sonore et à son évolution dynamique et perceptuelle.

Sur le plan scientifique, il a été démontré que ce type d'interaction peut engendrer des effets émergents tels que de nouvelles entités ou formes, phénomènes et relations. De plus, pour de tels systèmes, le processus et son effet l'emportent sur les agents de base, sur les composants. Autrement dit, les formes, phénomènes et relations émergents définissent finalement l'identité du système et donc sa finalité. Appliqués à la musique, ces principes s'étendent également à tous les contextes du comportement, du compositeur à l'interprète, de l'œuvre à l'auditeur et même jusqu'au niveau de la société et la culture qui engendre ces musiques.

Dans leur ouvrage *Emergence in complex cognitive social and biological systems* Minati et Pessa constatent que l'intérêt s'infléchit vers une compréhension globale et synthétique des effets : « Un ensemble d'éléments en interaction peut être décrit comme un système quand des propriétés émergentes sont établies : dans un tel cas, l'intérêt des propriétés émergentes surpasse celui des éléments »²⁵⁹. On peut ainsi comprendre qu'analyser le comportement des systèmes complexes demande de considérer autant le comportement des éléments et leurs effets émergents que leur interaction et leur interdépendance, au sein des hiérarchies des structures dynamiques. En faisant l'analogie avec l'organisation fonctionnelle des systèmes, nous serons mieux en mesure de comprendre les règles qui gèrent les multiples niveaux de comportements au sein des processus musicaux.

1.4.2. Organisation fonctionnelle

Dans la musique de Gérard Pape, ainsi que dans d'autres musiques conçues à partir de modèles dynamiques (les musiques acousmatiques, la musique spectrale, les musiques interactives, voire certaines musiques minimalistes), l'identité musicale même découle de l'action sonore et de ses transformations continues. De ce fait, l'organisation fonctionnelle dépend aussi bien de la stabilité de l'organisation structurelle que des flux

²⁵⁹ MINATI Gianfranco et PESSA Eliano, *Emergence in Complex, Cognitive, Social, and Biological Systems*, 2002, p. 87. En ligne: <<https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0753-6>> "A set of interacting elements is said to be a system when emergent properties are established : in such a case the interest is for the emergent properties more than for the elements", notre traduction.

dynamiques et énergétiques qui la traversent. Soumise à une démarche analytique conventionnelle, nous pouvons affirmer qu'une telle œuvre risquerait de perdre sa cohérence.

De ce fait, il est essentiel de considérer les structures sonores dans leur déploiement, non comme des « objets » figés dans le temps mais comme Imberty le suggère, des « événements » qui relèvent d'un processus de synthèse temporel. Le processus dynamique de l'œuvre musicale est donc représenté par son programme de fonctionnement temporel. Ce programme est défini dans la partition ou, dans le cas de musique avec dispositif électronique, par une programmation informatique.

Dans cette optique, on peut définir le comportement musical de l'œuvre-système comme la manière dont le processus musical fonctionne et évolue temporellement.²⁶⁰ Ensuite, ce comportement peut être évalué par l'observation de l'activité du système. Le mode opératoire de l'œuvre-système constitue donc, les processus qui, comme nous l'avons expliqué dans le deuxième chapitre, transforment les flux d'informations, de matériaux et d'énergie selon des règles de fonctionnement du système. Les divers processus sont contrôlés par les centres de décision qui réagissent aux boucles de rétroaction et qui introduisent les délais de réponse.

Il se trouve qu'il existe une relation causale entre le processus dynamique du comportement d'une telle œuvre-système et l'émergence de son effet, le fait sonore. Dans notre prise en considération des multiples niveaux structurels de l'œuvre, il est essentiel de comprendre la nature des comportements dynamiques et interactifs à l'intérieur de chaque niveau et entre les niveaux hiérarchiques. Ceci nous permettra de saisir les mécanismes causaux des effets émergents qui « surviennent » par cet état d'interaction complexe. Il est donc indispensable de considérer l'ensemble des situations et des niveaux qui s'impliquent dans le déploiement des événements musicaux au sein d'une œuvre.

En effet, nous pouvons considérer plusieurs niveaux de processus : celui de la conception de l'œuvre qui définit *l'input* et les règles de fonctionnement de l'œuvre, celui de l'exécution (le processus de mise en œuvre sonore de *l'input*) qui définit les règles d'interprétation et de production sonore. Ensuite, il y a celui de la réception qui prend en compte le son en temps réel, ses comportements dans l'espace acoustique et psychoacoustique et qui définit les règles qui vont encadrer notre compréhension de *l'output* de l'œuvre. Ensemble, ils représentent le fonctionnement de l'œuvre.

Il est possible de discerner certaines de ces règles de fonctionnement à partir des données précisées dans la partition. D'autres sont gérées indépendamment par l'interprète

²⁶⁰ « Définition : COMPORTEMENT », <<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/comportement/17728>>, consulté le 16.02.2018.

tandis que d'autres encore sont contrôlées par l'auditeur pendant l'écoute. De plus, dès son apparition, le son même dépend de son propre processus de mise en œuvre acoustique et obéit aux règles de la physique. Imberty nous affirme que les sons sont non seulement des événements, ils sont aussi des processus. « Les sons ne sont pas des objets mais des *processus* »²⁶¹.

1.4.2.1. Le processus de conception

Le processus de la conception de l'œuvre n'est pas contraint par *la flèche du temps* comme une lecture de l'œuvre en temps réel mais est fait d'un « réseau de relations continues, un incessant va-et-vient de la pensée entre le matériau et le processus comme entre le micro et le macrocosme »²⁶². Grisey constate que c'est « en fonction de leurs qualités acoustiques propres que les différents types de sons sont intégrés au processus et qu'ils déterminent une certaine durée »²⁶³.

Il est possible de distinguer un aller-retour entre le processus de l'œuvre (le devenir du son) et le processus de la genèse de la composition, chacun en évolution parallèle et chacun donnant lieu à la possibilité des effets émergents. Comme Curtis Roads remarque dans son ouvrage *Microsound*, « la stratégie *bottom-up* est fascinante notamment parce que les résultats sont souvent imprévisibles »²⁶⁴. Solomos, Soulez et Vaggione recommandent comme approche alternative « de considérer qu'un processus de composition musicale se développe dans le temps de façon asynchrone, plutôt que pas à pas, et qu'il inclut une pluralité d'opérations diverses, plutôt qu'un seul algorithme »²⁶⁵.

Le processus compositionnel aura pour son *output* un ensemble organisé d'instructions qui indiquent les comportements spécifiques aux interprètes pour la réalisation du son dans son déploiement temporel. Cet *output* deviendra l'*input* pour la réalisation de l'œuvre, et représente la trace de l'œuvre en forme d'une partition ou d'un programme informatique.

1.4.2.2. Le processus d'exécution

Le processus de l'exécution comprend l'action physique de l'interprète qui fera naître le son, ainsi que son apport personnel et interprétatif qui guidera chacun de ses gestes. Il est

²⁶¹ COLLOQUE INTERNATIONAL D'EPISTEMOLOGIE MUSICALE, *Observation, analyse, modèle, op. cit.*, 2002, p. 376, italiques de l'auteur.

²⁶² GRISEY, *Ecrits ou L'invention de la musique spectrale, op. cit.*, 2008, p. 27 à 28..

²⁶³ Ibid., p. 27.

²⁶⁴ ROADS, *Microsound, op. cit.*, 2004, p. 331, "The bottom-up strategy can be fascinating, partly because its results cannot always be predicted in advance", notre traduction.

²⁶⁵ SOLOMOS, SOULEZ et VAGGIONE, *Formel - informel, op. cit.*, 2003, p. 14.

possible de discerner donc qu'il existe des degrés de liberté et des champs d'action pour l'interprétation de chaque aspect du son, selon les paramètres décrits dans la partition, entre l'intention et l'action, entre la précision et les effets de la rétroaction gestuelle.

Du point de vue de l'individu, chaque instrumentiste interprétera les instructions selon sa formation, son expérience et son esthétique personnelle. Ainsi il mettra en évidence des écarts de détails, même infinitésimaux, dans sa réalisation des données paramétriques réunies dans des gestes globaux. L'interprète opère donc dans un champ d'action global qui comprend un réseau complexe de degrés de liberté pour la mise en œuvre de chaque paramètre du son. L'aller-retour entre les objectifs globaux de l'œuvre et la programmation plus ou moins détaillée des paramètres ordonnés par la partition donne lieu à une lecture qui sera à la fois précise et aléatoire. Pour chaque œuvre-système il y aura un certain degré de liberté dans l'exécution des instructions – la précision de la mise en œuvre sera donc plus ou moins importante selon les conditions de réalisation (présence de dispositif informatique, de soliste ou d'ensemble, avec ou sans chef d'orchestre, dimension de l'importance de l'interactivité inhérente etc.). Ainsi, le processus d'exécution prend en compte la traduction des données en action physique en même temps que l'interprétation dans le cadre des degrés de liberté du système-œuvre.

De plus, ce processus est rétroactif et évolutif. L'interprète interagit avec la mémoire collective de chacun de ses répétitions de l'œuvre et il modifie ses gestes sous l'effet de la rétroaction. Au fur et à mesure qu'il recadre sa compréhension et sa mémoire gestuelle, son comportement évoluera dans une quête de mieux évoquer le son décrit par les données de la partition. Au niveau global, l'interaction entre les interprètes d'un ensemble ainsi que l'interaction entre l'ensemble et le directeur et même parfois entre l'interprète et un dispositif électronique met en jeu de multiples niveaux rétroactifs qui agissent à la fois sur l'interprétation d'une programmation détaillée du son et la compréhension des objectifs globaux de l'œuvre.

Ainsi il y a bien un aller-retour entre la réalisation physique du son et l'interprétation musicale qui façonne chaque geste en temps réel. De plus, l'ensemble complexe de ces actions multiparamétriques fait émerger un effet haptique, c'est-à-dire la sensation partagée entre l'interprète et l'instrument, qui contient une certaine énergie et qui imprègne le fait sonore transmis à l'auditeur. Le flux d'énergie imposé par l'interprète sur le son réalisé module donc en temps réel les comportements acoustiques du fait sonore initialement intentionné par le compositeur.

Ces effets font tellement partie de notre sensibilité musicale, qu'ils sont perceptibles même dans le cas des réalisations entièrement informatiques. Les gestes sonores émis par voie

des haut-parleurs peuvent aussi bien contenir des données évoquant une perception des effets haptiques chez l'auditeur. Cet effet est mis en évidence par le langage métaphorique que nous appliquons à la musique – le fait de parler du geste sonore dans le domaine de la musique électroacoustique est tout à fait courant. Ainsi, on constate que le processus de l'exécution engendre aussi bien les comportements physiques des interprètes que les comportements physiques du son dans un champ d'action défini par le compositeur, et qu'il existe bien un lien vital et dynamique entre les deux.

1.4.2.3. Le processus de réception

Le processus de réception d'une œuvre musicale est extrêmement complexe. Étant sujet à la flèche du temps et aux effets de la rétroaction, il comprend l'action de la perception et de la compréhension du flux sonore et de son interprétation au sein des codes spécifiques à la culture musicale. Delalande précise :

A ce niveau social du fait musical correspond un niveau de pertinence et d'analyse, celui des éléments codifiés au sein d'un univers, système de comportements autant que système musical : règles du jeu collectif, rôles, attitudes, interactions, circonstances, lieux, conditions de transmission et de conservation, instruments, modes de jeu, sonorités et, in fine, dans certains cas, échelles, système.²⁶⁶

Marc Leman observe que les tendances et les styles musicaux peuvent en effet être considérés comme des conséquences émergentes de l'activité complexe au sein des communautés socio-économiques et culturelles. Lorsque l'individu observe une tendance globale, cela peut éventuellement modifier son activité afin de renforcer la tendance. La dynamique générale convergera donc vers un modèle artistique avec des caractéristiques typiques, qu'on appelle « style » ou « système »²⁶⁷.

D'après Delalande, les conduites²⁶⁸ de réception chez l'auditeur (ou l'analyste) font émerger des perceptions extrêmement subjectives : « Selon le type de conduite adopté par l'auditeur, non seulement le sens n'est pas le même, mais la forme, c'est-à-dire l'ensemble des traits qui sont dégagés par l'auditeur, n'est pas le même. L'auditeur adapte sa conduite à l'objet, mais il adapte aussi l'objet à sa conduite »²⁶⁹. Roy ajoute que « chaque conduite présente ainsi une reconstruction *singulière* de l'œuvre à partir d'un point de vue

²⁶⁶ COLLOQUE INTERNATIONAL D'EPISTEMOLOGIE MUSICALE, *Observation, analyse, modèle, op. cit.*, 2002, p. 192.

²⁶⁷ LEMAN Marc, *Music and Schema Theory: Cognitive Foundations of Systematic Musicology*, Springer Science & Business Media, 2012, p. 193.

²⁶⁸ En psychologie, une stratégie d'écoute cohérente et dont la finalité demeure une certaine *appropriation* de l'objet par le sujet.

²⁶⁹ COLLOQUE INTERNATIONAL D'EPISTEMOLOGIE MUSICALE, *Observation, analyse, modèle, op. cit.*, 2002, p. 189.

déterminé »²⁷⁰. Les reconstructions de l'œuvre par le processus de la réception représentent des trajets du comportement de l'œuvre-système autour de l'attracteur.

1.4.2.4. L'organisation fonctionnelle de l'œuvre-système

L'objectif des processus à tout niveau du système est la transformation de l'*input* : les données sont transformées en mouvements, en sons, en sens. L'information est transformée en énergie cinétique, kinesthésique, haptique, acoustique, électrique etc. Le matériau musical est transformé d'un état à un autre, le silence est transformé en son et le son en silence. Ces transformations seront observées comme les comportements locaux et globaux du système et le fait de leur interdépendance et de leur interaction complexe peut donner lieu à des effets émergents.

Dans son ouvrage *MusiPoéSci*, Pape constate que la pertinence des modèles morphogénétiques pour la composition musicale se trouve dans l'application du modèle « à différents niveaux de transformation musicale sur différentes échelles de forme et de temps »²⁷¹.

Donc le modèle stratifié de l'organisation structurelle de l'œuvre s'applique également à son organisation fonctionnelle. Le changement continu de perspective entre des niveaux d'organisation au sein des processus musicaux multiplie et complexifie les possibilités de transformation des matériaux sonores. Solomos, Soulez et Vaggione commentent :

Le musicien d'aujourd'hui est donc confronté à la nécessité de penser l'ensemble du travail de composition en termes de réseaux, flexibles et ouverts où des actions de nature diverses, exercées sur de multiples niveaux temporels - parfois non congruents - créent des processus dynamiques, modifiables à tout instant.²⁷²

Solomos, Soulez et Vaggione résument cette pensée en termes informatiques comme la « pluralité de niveaux opératoires » au sein de « l'unité multiple »²⁷³.

En 1964 Norbert Wiener a déjà souligné l'importance des niveaux fonctionnels dans le discernement des comportements au sein des processus. Selon lui, « Tout comme dans la théorie quantique, il y a dans la musique une différence de comportement entre les choses qui

²⁷⁰ ROY Stéphane, *L'analyse des musiques électroacoustiques, modèles et propositions*, Paris, Editions L'Harmattan, 2003, p. 83.

²⁷¹ PAPE, *MusiPoéSci*, *op. cit.*, 2015, p. 120.

²⁷² SOLOMOS, SOULEZ et VAGGIONE, *Formel - informel*, *op. cit.*, 2003, p. 14.

²⁷³ *Ibid.*, p. 14, " c'est-à-dire une entité (ensemble) pouvant contenir simultanément des représentations diverses, des codes concernant autant des procédures (des action spécifiques) que des données (des sons, des structures temporelles)".

appartiennent aux petits intervalles temporels et ce qu'on admet sur l'échelle normale de tous les jours »²⁷⁴.

1.4.2.4.1. *Micro (instantané)*

Pape remarque que les processus traditionnels de transformation mélodique « ont été augmentés » par les Spectralistes afin d'inclure les transformations « du timbre et du contenu spectral »²⁷⁵. Le fait que le timbre, comme nous dit Hugues Dufourt, « s'érige en phénomène d'écriture »²⁷⁶ entraîne l'exigence que l'écriture prenne en charge la mise en forme de la sonorité avec une cohérence multiparamétrique telle que celle qui a été introduite par la synthèse sonore. Ainsi l'écriture peut intervenir pour les paramètres de surface tels que l'harmonie, rythme, mélodie, contour, timbre, texture, forme, aussi qu'au niveau de la micro-composition de l'instantané de chaque paramètre du son : la fréquence, l'intensité, le spectre, la durée. Pape ajoute des micro-paramètres relatifs aux modes de jeux spécifiques à chaque instrument. Par exemple, dans son œuvre *Le fleuve du désir* pour quatuor à cordes, aux paramètres de fréquence, intensité, spectre et durée s'ajoutent des paramètres de vibrato, position d'archet, couleur d'archet, vitesse d'archet et pression d'archet.²⁷⁷

Le trajet de chaque micro-paramètre trace un comportement linéaire, mais leur ensemble qui sera mis en œuvre simultanément par l'interprète²⁷⁸, dessinera des comportements hautement complexes d'interaction et d'interdépendance entre les paramètres, ce qui fait émerger des comportements globaux non linéaires et imprévisibles. L'écriture des micro-paramètres comprend à la fois donc la structure et le processus sonore – le fait sonore existe grâce à leur interdépendance. Chaque paramètre est essentiel dans la construction et la réalisation de la morphologie sonore et de son évolution dynamique.

1.4.2.4.2. *Méso (surface locale)*

C'est au niveau méso que la surface musicale est perçue d'un instant à un autre. C'est aussi ici que les comportements émergents des interactions multiparamétriques sont perçus ainsi que les effets de la rétroaction. Deux processus essentiels peuvent être identifiés au sein des transformations. Nous pouvons les décrire soit comme un processus de *morphostase* où la rétroaction agit de manière négative afin de conserver la cohérence et l'identité des

²⁷⁴ Dans ROADS, *Microsound*, op. cit., 2004, p. 64.

²⁷⁵ PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 120.

²⁷⁶ DUFOURT, *La musique spectrale*, op. cit., 2014, p. 25.

²⁷⁷ PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 114 à 115.

²⁷⁸ (ou dans le cas des musiques électroniques, par l'ordinateur).

comportements ; soit comme un processus de *morphogenèse* où la rétroaction entraînera une croissance de changements dynamiques d'état et de comportement.

Ce genre de transformation a été exploré par Ligeti, notamment dans son œuvre *Atmosphères*, où les changements d'état sont perçus comme les transitions de phase entre états. Dufourt remarque que Ligeti est parvenu à la composition d'un *son global* – tous les paramètres sont soumis à « un même impératif d'intégration »²⁷⁹. D'autres techniques d'écriture telles que la modulation d'un paramètre par un autre et les transitions entre le son pur et le bruit, entre l'harmonie et le timbre et entre les états de densités et de textures différents sont décrits par Pape comme étant des changements perceptibles au niveau de la mésoforme.²⁸⁰

1.4.2.4.3. Macro (surface globale)

Dans les modèles de la morphogénèse, selon Pape, les processus de transformation au niveau macro correspondent aux « mouvements de masse collectifs de grande échelle des individus vivants, comme les animaux ou les humains »²⁸¹. Il cite aussi dans la nature, « dans le cas des transformations de masse des formes inanimées comme les nuages changeant leurs formes et leurs densités dans l'espace, les dunes de sable se déplaçant dans le désert en se heurtant et en fusionnant les unes avec les autres, et les motifs des tempêtes tropicales se transformant en ouragans à grande échelle »²⁸². Il ajoute que dans tous les cas, « une macroforme ou une texture à grande échelle se transforme en une autre ».

1.4.3. Comportements des agents de l'œuvre musicale

Nous avons distingué que pour chacun de ces niveaux de processus il existe un *input* et un *output*. L'objectif des processus est la transformation de l'*input* : les données sont transformées en mouvements, en sons, en sens. L'information est transformée en énergie cinétique, kinesthésique, haptique, acoustique, électrique etc. Pour chaque niveau processuel, il est possible de définir un nombre de typologies comportementales, chacune participant au processus global de l'œuvre. Afin de comprendre les mécanismes de l'apparition des effets émergents dans l'œuvre musicale, nous allons donc examiner les comportements au sein des processus fonctionnels.

²⁷⁹ DUFORT, *La musique spectrale*, op. cit., 2014, p. 24.

²⁸⁰ Cf. PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 118 à 131.

²⁸¹ Ibid., p. 129.

²⁸² Ibid.

Dans son article « *Anitoo : Some analysis tools* », Damián Keller souligne l'importance de s'appuyer sur les données *musicales* – ce qui infère que les données purement physiques seront d'une utilité complémentaire dans la compréhension de l'œuvre et qu'elles doivent être considérées sous l'optique esthétique et cognitif contextuel. Ainsi, même dans le cadre d'une recherche basée sur les théories d'origine scientifique, il conviendra toujours de considérer comme essentiel les aspects artistiques et sensibles qui sont propres au contexte socio-culturel de l'œuvre musicale.

Keller ajoute : « Quand le concept des systèmes dynamiques est appliqué à la musique, les caractéristiques du système doivent être identifiées à partir des données musicales. Autrement, toute observation du comportement du système ou toute prévision de la portée d'action d'une transformation particulière serait sans doute trop limitée »²⁸³.

L'identification des données dynamiques qui suscitent des changements entre deux points de référence dans l'œuvre, peut être directement reliée aux changements d'état des structures harmoniques, des densités sonores ou des qualités du timbre par exemple. Mais ces données peuvent aussi nous informer sur les changements dans les flux énergétiques perçus au sein des formes musicales.

Si nous considérons les données qui définissent l'œuvre, c'est-à-dire la partition, il est possible d'y observer chaque aspect du comportement et des processus intentionnés et inhérents au fonctionnement de l'œuvre. Par contre, le comportement global du système est seulement mis en évidence au cours des processus d'exécution et de réception. Il est donc possible d'identifier plusieurs niveaux de comportement, chacun traçant son trajet singulier autour de l'attracteur, qui est l'œuvre. Nous pouvons ainsi définir le comportement global de l'œuvre en tant qu'action sur de multiples niveaux en interaction complexe.

Il est donc possible de distinguer entre les comportements musicaux intentionnés par le compositeur et les comportements interprétatifs tels que les mouvements, la finesse de pression et la modulation temporelle qui auront une incidence sur le son naissant. Mais une fois mis en mouvement, le son obéira à ses propres règles comportementales selon la mécanique et la réactivité du corps vibratoire qui émet le son, les qualités physiques de l'espace récepteur et le nombre et la complexité des interactions vibratoires dans le continuum espace-temps. Finalement c'est bien la nature physique du son qui nous permet de considérer la musique sous l'analogie comportementale.

²⁸³ KELLER D., « *Anitoo: some analysis tools* », Proceedings of the International Computer Music Conference, Hong Kong ICMA, 1996, p. 198 "When the concept of dynamical system is applied to music, the characteristics of the system should be inferred from musical data. Before this has been done, any observation about the behaviour of a musical system or any prediction on the results of a specific transformation might not be sufficiently supported", notre traduction.

1.4.3.1. Les typologies du comportement musical

Les comportements au sein de l'œuvre musicale peuvent être définis en fonction de leur nature et leur niveau de complexité. Chaque paramètre ou micro-paramètre peut effectivement se comporter selon des principes semblables ou conflictuels, et leur interaction donnera lieu à une variété de comportements différents. Ainsi on va définir une typologie des comportements fondamentaux à partir de leur nature discrète ou continue, linéaire ou non linéaire, ordonnée ou désordonnée. La stabilité des comportements sera soutenue par une caractéristique répétitive, stationnaire, soutenue, et par les structures invariantes. L'instabilité sera caractérisée par la diversité, les perturbations, les effets cumulatifs, le changement, la modulation et la transformation d'un ou plusieurs paramètres et par des comportements conflictuels.

A chaque niveau de l'organisation fonctionnelle de l'œuvre, on peut identifier des niveaux de comportements micro, méso et macro. Certains comportements sont ordonnés par les données de la partition, certains seront le résultat de l'interprétation ou de la production sonore, et d'autres encore émergeront de l'interaction complexe des divers composants dynamiques. De plus, les transitions de phase au niveau de l'organisation structurelle donnent lieu également à des changements de comportement dynamique. Ces modulations comportementales appliquées à la micro-composition de même que la superposition de multiples continuums linéaires peuvent entraîner des comportements inattendus aux niveaux supérieurs tels que des effets émergents.

1.4.3.1.1. Comportement déterministe ou indéterministe

Jean-Claude Risset commente « Quand on fournit des spécifications à un programme de synthèse, on stipule des relations entre des paramètres physiques : ces relations se traduisent-elles à l'oreille par les relations musicales souhaitées ? La synthèse permet d'en vivre l'expérience. Dans certain cas, on obtenait les résultats attendus, mais dans d'autres cas l'on entendait des choses tout à fait imprévues »²⁸⁴.

Même dans une partition musicale extrêmement détaillée, comme celles de Gérard Pape ou de Julio Estrada, le fait de déterminer avec précision le trajet transformationnel de chaque micro-paramètre du son ne garantit pas un résultat déterministe. Jean-Marc Chouvel explique que « Si en un point ne passe qu'une seule trajectoire, le système est dit

²⁸⁴ RISSET et GUILLOT, *Du songe au son, op. cit.*, 2008, p. 40.

déterministe. Si les mêmes conditions initiales peuvent amener des conséquences différentes, le système est dit indéterministe (ou parfois chaotique) »²⁸⁵.

Parfois, c'est même le degré de précision dans l'écriture qui est justement l'élément qui introduira l'imprécision dans le résultat. En augmentant le nombre de paramètres et la densité d'informations précisées, l'interaction complexe des gestes et des paramètres acoustiques augmentera aussi de façon exponentielle, introduisant ainsi la possibilité de comportements indéterministes ou même chaotiques au niveau du résultat sonore. La réalité sonore mise en œuvre par ces comportements hautement complexes est la trace des multiples trajets autour de l'attracteur qui est l'œuvre.

1.4.3.1.2. *Comportement interactif*

Les comportements interactifs dépendent des agents d'interaction et du niveau et du type d'interaction entretenue. Au niveau des micro-paramètres, il y a un premier niveau d'interaction entre l'action de chaque paramètre. Puis chaque couche musicale (instrument ou interprète) entre en interaction au sein des multiples couches musicales conçues par le compositeur, sans compter les interactions humain-machine possible dans les œuvres mixtes.

Dans l'œuvre *Altra Voce* de Berio, on note une polyphonie hautement complexe qui selon Giomi, Meacci and Schwoon évoque la simple métaphore de « tomber amoureux » par son « interaction surprenante parmi les trois dimensions du son : la voix, l'instrument et l'électronique, qui, tout en retenant leur autonomie, semble presque s'abandonner les uns aux autres, créant ainsi des situations hybrides d'une intensité saisissante »²⁸⁶.

1.4.3.1.3. *Comportement complexe*

D'après De Rosnay, deux notions importantes au sein de la complexité sont la variété des éléments et l'interaction entre les éléments.²⁸⁷ Ces deux notions se trouvent au cœur de la conception compositionnelle de Pape, qui considère que l'écriture paramétrique est une extension des techniques de contrepoint libre. Au lieu d'être limité au paramètre de la hauteur, l'écriture paramétrique peut être généralisée à tous les paramètres du son : de multiples courbes d'évolution paramétrique au sein d'une œuvre entrent en interaction complexe à de multiples niveaux de l'organisation. Chaque paramètre définit pour un seul instrument

²⁸⁵ CHOUVEL Jean-Marc, *Analyse musicale : sémiologie et cognition des formes temporelles*, 1 vol., Paris Budapest Kinshasa [etc.], l'Harmattan, 2006 (Arts & sciences de l'art), p. 138.

²⁸⁶ GIOMI Francesco, MEACCI Damiano et SCHWOON Kilian, « Live Electronics in Luciano Berio's Music », *Computer Music Journal* 27 (2), 2003, JSTOR, p. 45, "The simple metaphor of « falling in love » leads to a complex polyphony and to a surprising interaction among the three dimensions of sound : vocal, instrumental and electronic music, which, while retaining their individual autonomy, seem almost to abandon themselves to each other, creating hybrid situations of striking intensity", notre traduction.

²⁸⁷ DE ROSNAY, *Le microscope*, op. cit., 2014, p. 103.

comprend une évolution indépendante. L'ensemble des paramètres est à la fois interdépendant et l'ensemble de leur comportement contrapuntique fait apparaître des macro-timbres qui émergent de la complexité de leur interaction. Pape définit d'abord un niveau de contrepoint « intérieur » qui comprend l'ensemble des actions paramétriques qui génère le son singulier, ainsi que le contrepoint complexe qui émerge entre les multiples instruments d'un ensemble. Il constate qu' « il en résulte une situation contrapuntique extrêmement complexe »²⁸⁸.

Peter Beyls ajoute que « tout système qui comprend de multiples propriétés en évolution parallèle dans le temps peut être considéré complexe s'il manifeste des propriétés émergentes »²⁸⁹. Il constate que ce comportement complexe fait apparaître des structures musicales qui naissent des propriétés émergentes au sein du système dynamique.

1.4.3.1.4. Comportement variable dans le temps

L'étude des comportements au sein du spectre sonore nous dévoile la nature évolutive des sons complexes. Chaque composant du spectre peut présenter un comportement soit statique, soit variable dans le temps. L'interaction des comportements spectraux peut aussi présenter différents degrés de variabilité temporelle. Ces variations temporelles du comportement sonore, telles que l'addition du vibrato ou de trémolo par exemple, contribuent à la perception d'une certaine « expressivité » musicale. La question de comportement temporellement variable est importante dans le cadre de la synthèse sonore : à quel niveau de programmation informatique doit-on intégrer ces données de comportement complexe ? Roads détermine que de tels comportements peuvent intervenir soit au niveau de la conception de l'instrument, soit en tant que contrôleur indépendant.²⁹⁰

1.4.3.1.5. Comportement évolutif

De plus, dans de tels systèmes fait d'un collectif de composants en interaction complexe on note souvent que les relations entre les composants évoluent. Cette caractéristique de comportement est le principe fondamental pour l'exploration des musiques « évolutives » telles que les musiques interactives homme-ordinateur. Andrew Brown, spécialiste des musiques interactives constate que la musique « évolutive » suppose de l'interaction rétroactive et de ce fait est indéterministe et dépendante des conditions initiales et circonstancielle. Il ajoute qu'il serait intéressant d'aller plus loin avec cette recherche des systèmes complexes « en regardant les comportements musicaux émergents et les

²⁸⁸ PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 110.

²⁸⁹ BEYLS, « Chaos and Creativity », art. cit., 1991, p. 32, "Any system consisting of many properties evolving in parallel over time may be considered complex if it exhibits emergent properties", notre traduction.

²⁹⁰ ROADS, *Microsound*, op. cit., 2004, p. 343.

environnements dynamiques où les objectifs musicaux sont liés aux changements de situations imprévisibles »²⁹¹.

1.4.3.1.6. *Comportement adaptif*

Di Scipio a suivi cette ligne de recherche dans la création de ses œuvres environnementales. Il reconnaît que le but principal de son travail est de « créer un système dynamique qui est capable d'un comportement adaptif aux conditions environnantes »²⁹². Il ajoute que l'acte compositionnel passera en effet de « créer des sons souhaités par des moyens interactifs à créer des interactions souhaitées qui laisseront des traces audibles »²⁹³. Il constate que l'évolution des systèmes adaptatifs se matérialise par des niveaux hiérarchiques d'organisation et par l'émergence de propriétés nouvelles. Joël de Rosnay qualifie cela de « saut qualitatif ; franchissement d'un seuil : la vie, la pensée réfléchie, la conscience collective »²⁹⁴.

1.4.3.1.7. *Comportement collectif*

L'expression « comportement collectif » fait référence aux processus sociaux et aux événements qui émergent spontanément des structures existantes. Ces comportements se manifestent en tant qu'effet des dynamiques collectives. Dans la société, ce genre d'effet émergera par exemple au sein des manifestations, quand les individus se comportent de façon inattendue en suivant la dynamique du groupe.

Au sein des processus musicaux, les effets émergents des comportements collectifs peuvent intervenir dans des circonstances qui comprennent de multiples composants identiques ou très semblables. Par exemple, l'effet « chorus » de multiples violons qui jouent en unisson se manifeste grâce à l'interaction complexe de nombreux décalages temporels au niveau des composants du spectre.

Ce principe d'interaction complexe se trouve au sein des formes hétérophoniques où plusieurs couches mélodiques jouées à l'unisson sont temporellement décalées par

²⁹¹ BROWN, « Opportunities for evolutionary music composition », *art. cit.*, 2002, p. 5, "There are opportunities to extend this work to include techniques of artificial life and add complexity by looking at emergent musical behaviour and dynamic environments where musical goals are linked to unpredictable situational changes", notre traduction.

²⁹² DI SCIPIO Agostino, « Sound is the interface: from interactive to ecosystemic signal processing », *Organised Sound* 8 (3), 2003, p. 271,. En ligne: <<https://www.cambridge.org/core/journals/organised-sound/article/sound-is-the-interface-from-interactive-to-ecosystemic-signal-processing>>, consulté le 04.11.2017 "In a different approach, a principal aim would be to create a dynamical system exhibiting an adaptive behaviour to the surrounding external conditions, and capable to interfere with the external conditions themselves", notre traduction.

²⁹³ Ibid. "creating wanted sounds via interactive means, towards creating wanted interactions having audible traces".

²⁹⁴ DE ROSNAY, *Le macroscope, op. cit.*, 2014, p. 131.

l'interprétation indépendante des couches. Le déphasage qui résulte de ce processus manifeste des effets émergents tels que les variations du timbre, des battements internes et la délocalisation spatiale des sources sonores. Dans la musique traditionnelle de la Russie, l'effet de la superposition des voix donne lieu à une voix « plurielle » dont les caractéristiques se montrent hautement complexes :

« En effet, pour les tenants des traditions russes, la « voix » d'une polyphonie réunit deux ou plusieurs voix physiques qui réalisent toutes une même idée mélodique, mais de manière hétérophonique. La « voix » acquiert ainsi une épaisseur, une densité engendrée par la production simultanée, dans un même registre et sur un ambitus limité, de sons différents. Considérée comme un être collectif, la « voix », par définition, est donc plurielle »²⁹⁵.

I.4.4. Outils pour la description des comportements complexes

Horst Hendriks-Jansen, chercheur dans le domaine de l'intelligence artificielle, remarque que « les techniques conventionnelles de composition se focalisent sur la fonction musicale de certains éléments tels que l'harmonie, mais la recherche dans le domaine de la vie artificielle suggère que l'émergence comportementale remplace la fonction hiérarchique traditionnelle »²⁹⁶. Dans sa thèse de 1972, Burt Levy définit la qualité comportementale des systèmes musicaux comme « un continuum d'activité » dont le format structurel est « une association constellée d'événements énergétiques »²⁹⁷. Ceux-ci, à leur tour, sont les éléments inhérents pour la distribution des fonctions de valeur syntactique par rapport à l'intention opérationnelle présumée par le système musical donné – c'est-à-dire, son sens et sa finalité. Autrement dit, le comportement musical apparaît, selon Levy, comme « le rythme des événements réalisés qui sont relatifs à leur fonction plutôt qu'au temps »²⁹⁸. Le modèle analytique de Levy repose néanmoins sur un système musical conventionnel et donc limité aux douze tons discrets. Nous proposons que ce modèle puisse s'étendre au continuum de toutes les fréquences disponibles pour la composition musicale, ainsi que tout autre paramètre composable.

²⁹⁵ PAHAUT Serge et MEYER Christian, « Une voix multiple: Entretien avec Simha Arom », *Cahiers de musiques traditionnelles* 6, 1993, JSTOR, p. 198. En ligne: <<https://doi.org/10.2307/40240168>>.

²⁹⁶ Hendriks-Jansen 1996 cité dans BROWN, « Opportunities for evolutionary music composition », *art. cit.*, 2002, p. 27, "For example, traditional compositional techniques focus on the musical function of particular attributes, such as harmony, but research into artificial life suggests that behavioural emergence replaces traditional functional hierarchy", notre traduction.

²⁹⁷ LEVY, *Aspects of a Systems Approach to Musical Analysis*, *op. cit.*, 1972, p. 239.

²⁹⁸ Ibid. "Musical behaviour, in other words, is the rhythm of realized events which are related to function rather than to time", notre traduction.

La prise en considération des comportements divers à de multiples niveaux fonctionnels sera donc indispensable pour l'étude des effets émergents dans le cadre de l'œuvre musicale. Le principe de l'analogie systémique nous permet de transposer des outils tels que les notions du *temps réel* et de l'*espace des phases*, dans le contexte du temps et de l'espace de l'œuvre musicale. La modélisation des comportements des systèmes cybernétiques, physiques et informatiques peut également nous apporter de nombreuses pistes de recherche pour définir un modèle d'investigation portant sur des effets émergents au sein de l'œuvre.

1.4.4.1. Le temps réel

Issue du vocabulaire informatique, l'expression *temps réel* s'applique quand les informations provenant des dialogues ou des interactions entre des diverses parties sont traitées au fur et à mesure de leur arrivée séquentielle. Joël de Rosnay ajoute que cette notion est directement liée à l'interaction qui permet d'obtenir des informations ou des signaux tels que des mouvements, mimiques ou intonations de la voix et à partir desquels « se modifient comportements et décisions »²⁹⁹. Le terme est devenu synonyme du « direct » quand il est appliqué aux émissions de radio ou de télévision qui sont diffusées au moment de leur enregistrement.

La notion du *temps réel* nous permet de considérer la musique en tant qu'une « relation constante entre l'auditeur et certains sons, imaginés ou réels »³⁰⁰ et la performance comme, nous a montré Burrows, la réalité musicale primordiale – toute autre représentation étant par sa nature, secondaire. C'est dans cette vue dynamique et transformationnelle que « le temps musical » selon Dufourt, « s'apparente à une succession d'émergences, dont chacune d'elles est le résultat spécifique d'interactions en réseau et dépend des propriétés globales de celui-ci »³⁰¹.

En outre, le passage à la fin du XX^e siècle au calcul en temps réel dans le domaine informatique accentue d'autant plus la pensée paramétrique du fait sonore. La manipulation des paramètres divers tels que la forme d'enveloppe ou d'onde, la modulation de l'amplitude ou la fréquence d'un *LFO* (oscillateur à fréquence basse) par exemple, donne lieu à une appréhension immédiate des effets de ces changements paramétriques et ainsi crée des liens

²⁹⁹ DE ROSNAY, *Le macroscope*, op. cit., 2014, p. 200.

³⁰⁰ BURROWS, « A Dynamical Systems Perspective on Music », art. cit., 1997, p. 529, "Music is an ongoing engagement with certain sounds, imagined or real, on the part of perceivers, whether these perceivers be performers or listeners", notre traduction.

³⁰¹ DUFOURT, *La musique spectrale*, op. cit., 2014, p. 21.

forts entre l'imagination sonore et l'effet dynamique d'une démarche compositionnelle qui agit directement sur les paramètres spécifiques du son d'instant à instant.

1.4.4.2. L'espace des phases

Risset a remarqué que « la démarche compositionnelle va à l'encontre du temps réel : elle suppose qu'on échappe à la tyrannie au temps réel par l'entremise de la notation, qui applique le temps sur l'espace »³⁰². En considérant la musique comme une série temporelle, il est donc possible d'observer les changements d'état de chaque paramètre de l'espace musical relatif au temps et de relever ces comportements sous forme d'une séquence de données qui décrit la transformation des variables. A partir de ces informations, on peut donc observer les comportements morphologiques et syntaxiques du signal musical. Damian Keller ajoute : « Si l'on comprend un morceau de musique comme un système en équilibre, sa structure serait une représentation invariable dans le temps qui incarne tous les états » – c'est-à-dire son *espace des phases*. L'historique temporel des variables représentera donc « le processus dynamique du système » et ainsi décrit son comportement.³⁰³ Jean Marc Chouvel nous confirme que « la trajectoire dans *l'espace des phases* doit être comprise comme la représentation du *comportement* d'un système, à partir de conditions initiales données. Un espace des phases adopte par construction les dimensions du possible, et l'ensemble des trajectoires... détermine l'évolution dynamique »³⁰⁴.

Dans le sens musical, l'espace des phases revient donc à une représentation globale de ce que Cage appelle *le champ de possibilités* ou d'après Horacio Vaggione, *l'espace composable*. Les deux conceptions de Cage et Vaggione relèvent d'une ouverture aux modèles du continu. A propos de sa composition *Variations* Cage constate que « les sons sont des événements dans un champ de possibilités, pas seulement aux points discrets favorisés par la composition conventionnelle. La notation de *Variations* s'écarte de la musique en imitant la réalité physique »³⁰⁵. Chaque paramètre trace un trajet dans un champ continu et linéaire, l'ensemble des actions représente un champ global d'action et d'interaction non linéaire.

Les paramètres ou *degrés de liberté* du système sont représentés par des axes dans l'espace multidimensionnel de l'espace des phases. Le tracé du trajet comportemental du

³⁰² RISSET et GUILLOT, *Du songe au son*, *op. cit.*, 2008, p. 24.

³⁰³ KELLER, « Anitoo : some analysis tools », *art. cit.*, 1996, p. 198, "If a musical piece is understood as a system in equilibrium, its structure would be a time-invariant representation embodying all states. Their time history represents the dynamic process of the system", notre traduction.

³⁰⁴ CHOUVEL, *Analyse musicale*, *op. cit.*, 2006, p. 138.

³⁰⁵ CAGE, *Silence*, *op. cit.*, 1961, p. 28, "Furthermore, as we know, sounds are events in a field of possibilities, not only at the discrete points conventions have favored. The notation of *Variations* departs from music and imitates the physical reality", notre traduction.

système, le *diagramme de phase*, représente tous les états possibles. Ses contours peuvent révéler des qualités du système qui ne sont pas autrement évidentes. Dans le diagramme de phase, la flèche du temps, c'est-à-dire le temps et la direction, sont effacés au profit de l'espace.

Dans son ouvrage *Analyse musicale : Sémiologie et cognition*, Chouvel introduit la notion d' « espace des phases » comme élément d'analyse musicale. En se limitant à la donnée de la hauteur des notes, son modèle analytique part du constat que la hauteur est une donnée discrète, et la « transition instantanée d'une position à une autre » doit être comprise « comme *intervalle* mélodique. La trajectoire dans l'espace des phases sera donc marquée [...] par la discontinuité des positions et des transitions »³⁰⁶.

Considéré ainsi, l'espace des phases montre la globalité des positions possibles et la trace qui relie les positions discontinues montre le mouvement autour de ces positions. Par cette analyse, on commence à voir émerger la trace autour de l'attracteur, mais réduit ici à de simples données de hauteur discrète. Le modèle de Chouvel n'est pas limité donc aux préférences *statiques*, c'est à dire les notes les plus utilisées, mais ce qui est intéressant dans son approche est l'analyse de la dynamique, c'est-à-dire les « *transitions préférentielles* : les pôles ont alors valeur d'attracteurs, le discours est fonctionnalisé, comme c'est le cas dans ce qu'on appelle la tonalité »³⁰⁷. Ce schéma d'articulation espace-temps limité aux données mélodiques fait apparaître un continuum indifférencié à partir duquel on peut observer l'émergence hiérarchique dans deux domaines : celui de la hauteur et celui des comportements dynamiques.

Le diagramme de phase peut donc s'avouer pertinent dans le cadre d'une recherche des effets émergents par « sa capacité à cumuler de l'expérience » et de ce fait, effectivement « peut être le lieu de la synthèse d'un « modèle » de comportement dynamique et ceci à chaque niveau de la structure d'une pièce »³⁰⁸. Selon Chouvel, les possibilités de transcription des caractéristiques dynamiques offertes par l'espace des phases d'un système musical donné nous permettent de réaliser une représentation « plus conforme » aux capacités cognitives de la perception humaine des informations dynamiques. C'est le lieu d'expression *hors-temps* d'une logique temporelle.

³⁰⁶ CHOUVEL, *Analyse musicale, op. cit.*, 2006, p. 139.

³⁰⁷ Ibid., p. 146, nos italiques.

³⁰⁸ Ibid., p. 148.

1.4.4.3. La modélisation des comportements musicaux

Lorsque je composais ma pièce pour orchestre *Atmosphères* en 1961, dont le « contenu » est constitué de changements d'états, de courants et de turbulences, je n'avais pas la moindre idée du fait qu'exactement au même moment, au Massachusetts Institute of Technology, Edward Lorenz mettait en œuvre la simulation météorologique par ordinateur qui devait mener à la découverte des « attracteurs étranges » et que la recherche sur les turbulences et la théorie des systèmes dynamiques révolutionneraient, quelques années plus tard, les sciences naturelles.³⁰⁹

La convergence des approches de la composition musicale et des simulations de systèmes naturels ou vivants, remarquée par Ligeti, ouvre au domaine musical des méthodologies transposables par analogie. D'ailleurs cette évolution scientifique inspire de nombreuses techniques de composition ainsi que des modèles pour l'analyse du fait sonore. Vers la fin du siècle, les approches informatiques telles que la musique algorithmique de Pierre Barbaud et les compositions de Xenakis avec le système GENDYN témoignent d'une préoccupation grandissante pour les caractéristiques comportementales de l'évolution temporelle du son. On remarque que les qualités sonores des œuvres de Xenakis sont caractérisées par les états instables et par des comportements erratiques, parfois obsessifs, mais toujours en quête d'un développement transformationnel et d'une évolution dynamique. Roads constate que l'inspiration de la modélisation des systèmes n'est pas limitée à de simples émulations de la nature mais que cette notion rend possible « le développement des modèles des mondes virtuels par voie des algorithmes abstraites »³¹⁰.

La musique spectrale, dont le langage renferme des idées d'interaction et de rétroaction, de critères de limites franchissables comme celles qui existent entre la stabilité et l'instabilité et en fin de compte le devenir sonore est selon Dufourt, redevable aux modes de pensée de la cybernétique. Effectivement, la pensée cybernétique « a fécondé de nombreux domaines scientifiques et artistiques en proposant à chacun d'eux des problématiques et des perspectives originales »³¹¹.

Des modèles structurels et fonctionnels inspirés par la cybernétique ou des modèles informatiques ont donné lieu aux musiques stochastiques, aux musiques fractales et aux formes arborescentes et génératives inspirées des mouvements browniens ou des automates cellulaires. Di Scipio a défini deux modèles *opérationnels* au sein des musiques

³⁰⁹ LIGETI, *Neuf essais sur la musique*, op. cit., 2001, p. 20.

³¹⁰ ROADS, *Microsound*, op. cit., 2004, p. 97, "Going beyond emulations of the natural world, one can also develop models of virtual worlds through abstract algorithms", notre traduction.

³¹¹ DUFOURT, *La musique spectrale*, op. cit., 2014, p. 28.

informatiques : celui de la partition, modèle opérationnel de la structure et celui de l'instrument informatique, modèle opérationnel de la matière sonore.

La physique nous offre aussi de nombreux modèles qui peuvent être exploités à des fins musicales. Le modèle du système météorologique nous apporte une analogie idéale pour la définition des comportements macroscopiques au sein desquels les mouvements des particules décrivent l'activité au niveau microscopique. Ainsi, l'œuvre de Ligeti évoque certains systèmes météorologiques, tandis que les éléments texturaux et énergétiques chez Xenakis relèvent de la mécanique des milieux continus, de la mécanique des fluides et de la thermodynamique, (tels que des gaz et de la chaleur au sein de l'évolution des strates sonores).

Pour le compositeur Gérard Pape, l'aspect fonctionnel de la mise en œuvre des flux d'information, d'énergie et de matériaux musicaux fait partie intégrale de la conception compositionnelle des processus de transformation sonore, de croissance d'énergie et de développement à de multiples niveaux de la structure. Dans une perspective sociologique, une telle conception musicale semble émerger comme l'effet d'un processus d'évolution de la pensée au sein de la communauté musicale, évolution née des collisions transdisciplinaires entre sciences et arts.

Considérer la musique en tant que comportement complexe nous amène à prendre en compte sa globalité ; notion qui exprime à la fois l'interdépendance des éléments, leur interactivité, leur cohérence au sein de l'ensemble ainsi que la complexité implicite dans chaque relation entre les constituants à des multiples niveaux des processus. Il est évident que cette perspective dépasse largement la simple relation de cause à effet.

Ainsi la simulation et la représentation des phénomènes par la modélisation produisent des aspects structuraux et fonctionnels des systèmes musicaux complexes et dynamiques. Dorénavant, on peut considérer la structure formelle en tant que structure *génératrice* de comportements et d'effets tels que des formes, des phénomènes et des relations, donc au final, *génératrice* du devenir sonore.

II. Deuxième partie

L'investigation

II.1. Vers une méthodologie d'investigation

La musique serait donc un système de différences qui structure le temps sous la catégorie de sonore.³¹²

André Boucourechliev

L'erreur, c'est de relier directement l'anticipation de ce qui devrait arriver et ce qui effectivement arrive. Ce qui arrive est dans une situation totalement non linéaire.³¹³

John Cage

II.1.1. Vers un modèle méthodologique cohérent

Depuis l'émancipation de la tonalité, nombreuses ont été les tentatives de définir un modèle analytique pour rendre compte des nouvelles musiques. La nature même de la musique est telle qu'elle laisse toujours une certaine marge d'ambiguïté, ce qui rend difficile de réaliser une approche strictement scientifique. François Delalande nous confirme ce dilemme : « Il y a un certain nombre d'années que nous tentons, chacun de notre côté, de construire un modèle assez cohérent de ce que pourrait être l'analyse musicale au sein des sciences de la musique »³¹⁴.

Cependant, on constate que l'évolution technologique galopante suscite chez les compositeurs une prolifération d'approches divergentes, ce qui rend difficile d'appliquer un seul modèle pour les expliquer. Dans ce contexte d'évolution généralisée, le monde scientifique de son côté a dû réagir par des approches transdisciplinaires et des changements paradigmatiques, pourquoi pas la musique ? Jean Molino a remarqué qu'« il y a et il y aura toutes sortes de méthodes plus ou moins scientifiques d'approche d'une œuvre, mais il n'y

³¹² BOUCOURECHLIEV André, *Le langage musical*, Paris, Fayard, 1993 (Les chemins de la musique), p. 17.

³¹³ CAGE, *Silence, op. cit.*, 1961, p. 167 à 168, "Error is drawing a straight line between anticipation of what should happen and what actually happens. What actually happens is however in a total not linear situation", notre traduction.

³¹⁴ COLLOQUE INTERNATIONAL D'EPISTEMOLOGIE MUSICALE, *Observation, analyse, modèle, op. cit.*, 2002, p. 175.

aura jamais d'analyse scientifique »³¹⁵. Nous sommes du même avis. Mais la question ne nous semble pas relever de la nature scientifique, mais plutôt de la démarche *analytique*.

En règle générale, la musicologie s'appuie sur une démarche réductionniste en essayant de comprendre l'œuvre musicale à partir des éléments constituants dans leurs détails. Plutôt que de se pencher sur la question de comment mieux analyser la musique, pourquoi ne pas se poser la question : la démarche *analytique* s'applique-t-elle de façon pertinente à toute œuvre musicale ?

Imberty nous invite à mettre en œuvre un mouvement méthodologique : de la description des faits à leur explication, puis à leur interprétation. Selon lui, afin que l'interprétation soit valable, elle « doit s'appuyer sur des faits qui, eux, sont *vrais* et dûment établis »³¹⁶. Notre but est alors de mettre en question l'analyse musicale par rapport à une approche globale du fait musical, ce qui nous permettra de changer d'optique sur l'investigation musicologique. Comme nous l'avons constaté dans la première partie, les effets émergents se manifestent dans des conditions d'interaction dynamique, au sein de la complexité. Il apparaît alors vain de tenter de repérer ces effets à partir d'une analyse musicale d'ordre réductionniste.

L'œuvre musicale est un lieu dialogique. Elle obéit à deux logiques semblant contradictoires : celle de sa construction (objective) et celle de sa réception (subjective). Cette dualité au sein de l'unité que représente l'œuvre, se trouve trahie par une démarche analytique qui n'est pas en mesure de réunir l'expérience vécue avec l'objet de l'étude : la partition ou bien une transcription visuelle de l'objet dans le cas des musiques électroacoustiques. Notre démarche d'investigation veut s'appuyer sur une démarche scientifique, un autre mode de raisonnement, celui de la systémique.

Molino nous rappelle que « *toute* composition repose sur la combinatoire virtuelle d'un certain nombre de paramètres »³¹⁷. Mais aucun de ces paramètres pris isolément ne peut nous informer sur l'effet musical perçu à la réception – il faut pour cela bien saisir les relations inhérentes à l'expression de tous ces éléments combinés, et ceci dans le mouvement dynamique de l'œuvre. La science de la « combinatoire », selon Dufourt, « a le rôle d'exposer *tous* les modes possibles de connexion en général avec leur système de dépendance réciproque »³¹⁸.

³¹⁵ Ibid., p. 58.

³¹⁶ Ibid., p. 38, italiques de l'auteur.

³¹⁷ Ibid., p. 55, italiques de l'auteur.

³¹⁸ DUFOURT, *La musique spectrale, op. cit.*, 2014, p. 37, italiques de l'auteur.

Nous avons identifié dans la théorie de Bertalanffy des concepts et des outils de recherche qui nous permettent d'identifier les propriétés systémiques dans l'œuvre musicale : la globalité, l'interaction et la rétroaction, l'organisation structurelle (état), l'organisation fonctionnelle (processus), et la complexité. Célestin Deliège nous rappelle que « si les théories [...] ont un mérite, c'est celui de leur spécificité »³¹⁹. Il nous semble que la problématique de l'émergence dans l'œuvre musicale mérite une approche qui réunisse les théories spécifiques à toutes ces propriétés : nous la trouverons dans la systémique.

Une méthodologie qui prend appui sur la pensée systémique se met en opposition avec la pensée rationaliste. Durand fait la synthèse de cette opposition en reprenant, dans le tableau présenté ci-dessous, les quatre préceptes décrits par Jean-Louis Le Moigne dans *La Théorie du système général*.³²⁰ Dans une démarche systémique, nous nous proposons de considérer l'incidence de chacun de ces préceptes sur l'analyse musicale.

Opposition entre l'approche rationaliste et systémique ³²¹

<i>Approche rationaliste classique</i> Préceptes :	<i>Approche systémique</i> Préceptes :
- d'évidence	- de pertinence (par rapport au chercheur)
- réductionniste (priorité à l'analyse)	- de globalisme (par rapport à l'environnement du système)
- causaliste (raisonnement linéaire)	- téléologique (recherche du comportement du système)
- d'exhaustivité	- d'agrégativité (en vue d'une représentation simplificatrice)

³¹⁹ DELIEGE et DECROUPET, *Sources et ressources d'analyses musicales*, op. cit., 2005, p. 268.

³²⁰ Cf. MOTULSKY Bernard, « Jean-Louis Le Moigne. La théorie du système général (théorie de la modélisation). Collection «Systèmes-Décisions», 1977 », *Communication. Information Médias Théories* 2 (3), 1978, pp. 217-218.

³²¹ DURAND, *La systémique*, op. cit., 2013, p. 10.

II.1.1.1. De l'évidence à la pertinence

L'analyse, qui par nature décompose les éléments, nuit effectivement à une investigation des effets émergents. Ils apparaissent du fait de l'interaction et de la complexité des comportements dynamiques et dans cette optique, l'analyse perd de sa pertinence. Il semble plus approprié de favoriser l'appréhension et l'identification des effets émergents dans l'œuvre, la compréhension de l'organisation structurelle et fonctionnelle qui a engendré ces effets, et les rapports relationnels inhérents qui entretiennent leur continuité.

Comprendre l'évolution des effets au sein de l'œuvre et leur incidence sur l'écriture nous paraît plus pertinent qu'une étude de l'évolution paramétrique de l'écriture. Ce genre d'étude relève des informations plutôt abstraites quand on les écarte du fait musical : l'écoute en temps réel. De plus, la variation des paramètres physiques ne correspond pas forcément à leurs conséquences en termes de perception.³²²

Selon Dufourt, « l'analyse musicale doit faire ressortir la diversité et la hiérarchie des modes d'organisation de l'œuvre, le progrès interne de son articulation ainsi que la manière dont un processus favorise sa propre extension en étageant ses diverses propriétés structurales. Les faits structuraux de prégnance³²³, de totalité³²⁴, d'articulation, prennent le pas en musique sur les traductions formelles »³²⁵.

Dans sa discussion sur les conditions sous lesquelles on peut parler de la musique avec les outils de la science, Yizhak Sadaï résume bien la situation actuelle :

Les problèmes ... [et] les sujets de recherche ... sont souvent choisis en fonction des outils de recherche dont nous disposons ou en fonction des exigences d'un protocole qui porte sur des mesures et des diagrammes de toutes sortes auxquels on assigne des valeurs numériques souvent insignifiantes, il faut le dire. Cet état de choses peut non seulement conduire à retenir les aspects les plus étrangers à l'objet étudié parce qu'ils se trouvaient justement être mesurables, mais aussi à perdre de vue des phénomènes importants qui ne sont pas quantifiables et qui ont trait, par exemple, à des notions comme la temporalité, la spatialité, l'énergicité, etc. Telles notions, qui inévitablement font appel à un langage métaphorique, sont rejetées, il va sans dire, par un positivisme qui combat des préjugés non scientifiques.³²⁶

³²² KELLER, « Anitoo: some analysis tools », *art. cit.*, 1996, p. 199, "The difference between physical variation of parameters and the corresponding perceptual outcome should be taken into account", notre traduction.

³²³ Capacité plus ou moins grande qu'ont les formes à s'imposer dans la perception d'un système de stimulations (d'apr. *Commun.* 1971, Thinès-Lemp. 1975).

³²⁴ D'après les théories de la forme, une totalité (organique) est un ensemble structuré ayant des propriétés spécifiques qui ne correspondent pas à l'ensemble des propriétés de ses éléments constitutifs.

³²⁵ DUFOURT, *La musique spectrale*, *op. cit.*, 2014, p. 60.

³²⁶ COLLOQUE INTERNATIONAL D'EPISTEMOLOGIE MUSICALE, *Observation, analyse, modèle*, *op. cit.*, 2002, p. 138.

II.1.1.2. Du réductionnisme au globalisme

On revient donc sur l'opposition des données *quantitatives* et *qualitatives*. A l'évidence, une démarche analytique permet de relever des détails quantitatifs qui s'avèrent imperceptibles pendant l'écoute de l'œuvre. Dans ce cas, la *décomposition* de l'œuvre nous dirait plus sur la démarche du compositeur (l'analyse du niveau poïétique d'après Molino et Nattiez) que sur la musique qui en découle. Sadaï remarque : « Il y a en musique des circonstances dans lesquelles la démarche réductrice est éclairante [...] mais il en est d'autres, dans lesquelles cette même démarche devient obscurissante ; il en est de même pour la démarche opposée que l'on qualifie, faute de mieux, de *globaliste* »³²⁷.

Néanmoins, la systémique nous fournit un cadre scientifique avéré pour l'investigation globale du fait musical dynamique et des outils qui prennent en compte des données qualitatives. Ce cadre nous évite le risque de tomber dans la spéculation métaphysique : tout comme les positivistes, nous cherchons une connaissance *certaine* des faits d'expérience et leurs relations au sein de l'œuvre musicale.

Hugues Dufourt s'interroge aussi sur la pertinence d'une démarche analytique appliquée à la musique spectrale : « La globalité du processus l'emporte sur les possibilités de repérage analytique »³²⁸. Effectivement, découper l'écoute en micro unités nous fait gagner en précision mais en même temps entraîne la perte totale de perspective musicale. D'après Dufourt, le caractère dynamique de la musique propose des images mentales qui se traduisent « par une transformation qualitative *ininterrompue* de l'organisation perceptive »³²⁹. Cette transformation ne peut avoir lieu que par l'écoute en temps réel. La perception devient alors le lieu indispensable à l'appréhension de l'œuvre.

Une approche globale de l'œuvre musicale nous permet de prendre en compte des données *contextuelles* issues d'une écoute en temps réel ainsi que la *rétroaction* qui agit au cours de l'accumulation de ces données. L'interprétation de l'œuvre s'opère sur plusieurs échelles simultanément : au début on appréhende la structure au niveau local, mais à mesure que le contexte s'élargit, la structure du niveau supérieur se révèle. C'est à la conclusion de l'œuvre, que l'on aura l'occasion de réévaluer la structure en tenant compte de l'expérience totale. Ce réflexe de rétroaction peut bien entraîner l'invalidation des interprétations antérieures une fois que le contexte global de l'œuvre se trouve dévoilé. Denis Smalley

³²⁷ Ibid., p. 139, italiques de l'auteur.

³²⁸ DUFOURT, *La musique spectrale, op. cit.*, 2014, p. 22.

³²⁹ Ibid., p. 22 à 23, nos italiques.

constate que « l'attribution des fonctions structurelles est ainsi un jeu hiérarchique, ou plus précisément, un processus à multiples niveaux »³³⁰.

Smalley rend compte également des ambiguïtés inhérentes à l'interprétation fonctionnelle. « L'auditeur, tout comme la structure musicale, s'épanouit en présence d'ambiguïté »³³¹. Par ailleurs, Smalley nous permet d'accepter qu'il soit possible d'attribuer plusieurs interprétations simultanées à une expérience musicale, surtout si la complexité structurale est dense ou qu'elle implique des transformations paramétriques en mouvement continu. Ce genre d'ambiguïté est lié au mode d'organisation contextuelle des structures sonores, qui seront des morphologies plutôt de nature complexe que de nature linéaire. Trevor Wishart nous rappelle que « la façon dont on aperçoit le degré de résonance ou de structure harmonique temporelle d'un objet complexe dépend totalement du mode d'organisation contextuelle des matériaux »³³².

De plus, une approche globale permet de considérer l'importance des processus de transformation comme ceux qui se trouvent dans les musiques de genre acousmatique et qui sont également au cœur de l'esthétique musicale de Pape. Une analyse réductionniste qui divisera le flux sonore en unités distinctes, risque par contre, de compromettre fortement la logique de l'évolution implicite à ces processus. De telles métamorphoses sonores pourraient très bien constituer le fondement d'une structure profonde au niveau de la macrostructure. On constate ce principe structurel de modulations de timbre ou de transformations d'état dans les œuvres de Wishart telles qu'*Anticredos* et la série *Vox*. Dans son article sur l'analyse des musiques électroacoustiques, Michael Clarke observe qu'« il est des plus utile d'analyser de telles parties en termes des processus de transformation et des paramètres qui les régissent plutôt qu'en termes d'une succession d'événements distincts »³³³.

³³⁰ Smalley dans EMMERSON Simon (éd.), *The Language of electroacoustic music*, London, Macmillan, 1986, p. 86, "The attribution of structural function is therefore a hierarchical game, or more accurately, a multi-level process", notre traduction.

³³¹ Ibid., "Listeners and structures thrive on ambiguities".

³³² WISHART Trevor, *On sonic art*, A new and rev. ed, Amsterdam Harwood academic publishers, 1996 (Contemporary music studies 12), p. 108, "The way one relates to a complex object having some degree of resonance or time-domain pitch-structure depends entirely on the contextualising mode of organisation of the materials", notre traduction.

³³³ CLARKE Michael, « Analysing Electroacoustic Music: an Interactive Aural Approach », *Music Analysis* 31 (3), 2012, JSTOR, p. 351, "it is most helpful to analyse such passages in terms of transformational processes and the parameters that shape them rather than as a succession of discrete events", notre traduction.

II.1.1.3. De la causalité linéaire à la recherche téléologique

« Si l'on comprend un morceau musical en tant que système en état d'équilibre, sa structure sera une représentation invariable dans le temps qui incarne tous les états possibles »³³⁴. Cette structure qui rend compte de l'espace des phases et de son histoire temporelle représente le processus dynamique du système. Selon ce processus temporel, l'évolution du système apparaît en tant que trajectoire dans l'espace des phases. En effet, Boon, Noullez, Mommen et Keller se rejoignent sur le fait que quand on considère la musique en tant que série temporelle, on a l'occasion d'observer les transformations des variables en fonction du temps. L'observation de ces comportements transformationnels divulguera les régularités dans la morphologie ou dans la syntaxe du flux sonore.

Dans une approche téléologique³³⁵, la systémique permet d'englober les multiples interactions et relations qui contribuent au comportement global au lieu de se limiter à chercher les liens directs entre cause et effet. Pour une investigation des effets émergents qui sont irréductibles à leurs éléments constituants, cette considération constitue un préalable indispensable.

II.1.1.4. De l'exhaustivité à la représentation simplifiée

La démarche analytique, par son exhaustivité, ne garantit pas pour autant une meilleure compréhension du fait musical. Sûrement, cette démarche nous éclaire sur d'infimes détails de la composition, mais ces détails, comme nous avons pu le comprendre plus haut, risquent *d'obscurcir* plutôt que *d'élucider* l'œuvre. Il faut reconnaître que souvent les détails formels de la démarche du compositeur, telles que les transformations en renversement ou en forme « rétrograde » dans la musique sérielle, ainsi que les subtiles différences de durée, sont difficiles voire impossibles à déceler lors de la réception. Leurs secrets ne seront dévoilés que par une analyse profonde de la partition ou à partir des esquisses du compositeur. L'écoute en temps réel ne permet pas d'aller jusqu'à une résolution aussi détaillée. A ce titre, Schaeffer ajoute que les objets musicaux identifiés lors d'une analyse morphologique, « dès qu'ils sont groupés en *structures*, ils se font oublier en tant qu'*objets*, pour n'apporter, chacun, qu'une valeur à l'ensemble. [...] En réalité, nous ne percevons pas les objets mais les structures qui nous permettent de les identifier »³³⁶.

³³⁴ KELLER, « Anitoo: some analysis tools », *art. cit.*, 1996, p. 198, "If a musical piece is understood as a system in equilibrium, its structure would be a time-invariant representation embodying all states", notre traduction.

³³⁵ Téléologique : du comportement.

³³⁶ SCHAEFFER Pierre, *Traité des objets musicaux: essai interdisciplines*, Nouv. éd, Paris, Éd. du Seuil, 1998 (Pierres vives), p. 33, italiques de l'auteur.

L'article de Deliège, Mélen, Stammers et Cross, « *Musical Schemata in Real-time Listening* »³³⁷, montre que les réflexes cognitifs pendant l'écoute d'une œuvre dans sa totalité opèrent une réduction sur le flux d'information perçu. L'attention et la mémoire travaillent ensemble afin de trier leurs attributs les plus pertinents et de les simplifier en formant des indices et des repères, ce qui permet d'organiser les matériaux principaux selon leur différents niveaux hiérarchiques pendant l'écoute. Ces processus de simplification font appel à des stratégies telles que la pensée analogique, la mise en relation binaire (de similarité ou de différence), et les facteurs d'équivalences et de qualité.

L'intérêt de la systémique est de permettre une modélisation simplifiée qui ne dégage que l'essentiel de l'investigation. Ainsi, avec Bertalanffy, nous ferons l'analogie entre l'être vivant et la composition : « Comme le caractère fondamental de [l'œuvre musicale] est son organisation, l'investigation habituelle des simples parties et processus ne peut pas fournir une explication adéquate du phénomène [musical]. Cette investigation ne nous fournit aucune information sur la coordination des parties et des processus. Ainsi, la tâche principale [...] doit être la découverte des lois des systèmes [musicaux] à tous les niveaux d'organisation »³³⁸.

Dufourt a constaté la valeur de la modélisation des structures musicales : « La méthode des modèles a recours à des procédés de type constructiviste lorsqu'elle est confrontée à des problèmes de totalité que la méthode analytique se révèle impuissante à résoudre. Elle donne forme aux objets du savoir [...] » et « d'une manière générale, le modèle joue un rôle d'intercesseur entre le concret et l'abstrait »³³⁹.

On peut résumer la situation en reprenant la réflexion de Jean-Marc Chouvel : « La première tâche de l'analyse serait donc de restaurer les dimensions de l'objet qui permettent de le comprendre dans son intégralité »³⁴⁰. En d'autres termes, il faut s'ouvrir sur une démarche d'investigation globalisante en admettant qu'il peut exister de multiples interprétations complémentaires d'un même objet. Ensemble ils décrivent l'attracteur, c'est-à-dire, l'œuvre dans sa forme transcendante.

³³⁷ DELIEGE Irène, MELEN Marc, STAMMERS Diana et al., « Musical Schemata in Real-Time Listening to a Piece of Music », *Music Perception: An Interdisciplinary Journal* 14 (2), 1996, pp. 117-159.

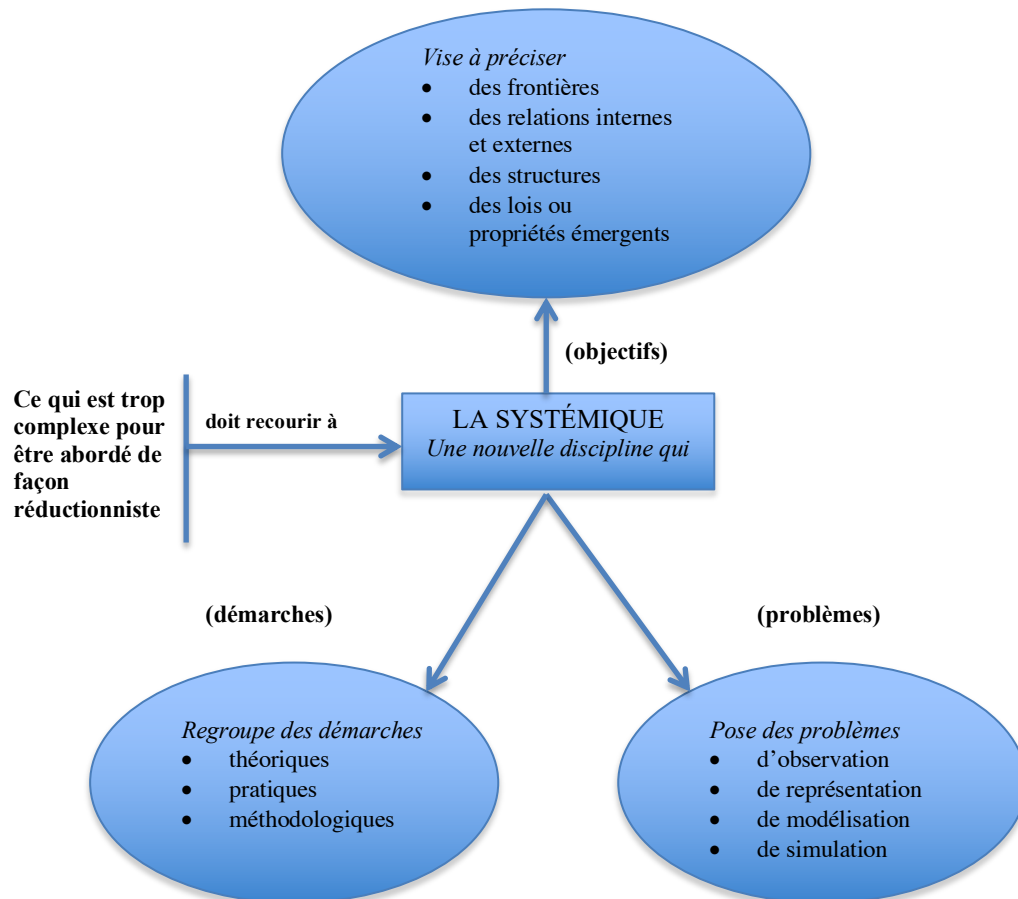
³³⁸ VON BERTALANFFY, « The History and Status of General Systems Theory », *art. cit.*, 1972, p. 410 "Since the fundamental character of the living thing is its organization, the customary investigation of the single parts and processes cannot provide a complete explanation of the vital phenomena. This investigation gives us no information about the coordination of parts and processes. Thus the chief task [...] must be to discover the laws of [...] systems (at all levels of organization)", notre traduction.

³³⁹ DUFOURT, *La musique spectrale, op. cit.*, 2014, p. 60.

³⁴⁰ CHOUVEL, *Analyse musicale, op. cit.*, 2006, p. 40.

Pour renforcer ces propos, nous reprenons le schéma de Durand qui résume avec une grande pertinence tous les apports de l'approche systémique « comme une méthode de traitement de la complexité »³⁴¹ .

L'approche systémique d'après Durand



³⁴¹ DURAND, *La systémique, op. cit.*, 2013, p. 50.

II.1.2. Les outils de la systémique

II.1.2.1. L'analogie

C'est grâce à l'analogie, premier mode de pensée et lieu du raisonnement spontané, que l'intelligence se développe progressivement chez l'enfant. Néanmoins, ce processus mental est moins bien considéré que celui de la déduction ou de l'induction. En revanche c'est le mode de pensée privilégié dans le domaine de l'art : « un peintre ou un poète ne construit pas son œuvre par une suite de déductions et d'inductions ou d'analyses et de synthèses, mais sur un jeu d'analogies »³⁴². L'image ou le symbole sont les manifestations les plus simples de l'analogie, suivie par la métaphore, l'isomorphisme et le modèle.

Nous avons déjà constaté l'utilisation de l'isomorphisme dans les procédés d'écriture des compositeurs comme Grisey, Ligeti, Rouse, Stockhausen, et bien sûr, Pärt. C'est une analogie structurale entre deux sujets qui partagent la même structure et les mêmes comportements, mais, qui appartiennent à des domaines différents. Quand, par exemple, une structure musicale stochastique peut suivre les mêmes règles d'organisation et de comportement que les molécules d'eau dans un nuage. Mais la forme la plus élaborée d'analogie est celle du modèle : la modélisation permet d'étudier le fonctionnement d'un système à partir de concepts qui appartiennent à d'autres domaines.

Dufourt souligne l'importance de ce mode de pensée quand il définit l'art de notre époque en tant que « l'art de déchiffrer les corrélations entre les choses. [...Sa vérité] réside dans leur analogie ou proportion. L'art n'est qu'une logique de l'induction et de l'analogie »³⁴³. L'analogie nous permet de relier des domaines différents, tout comme a fait Smalley afin de décrire les mouvements perceptuels dans la musique électroacoustique. Il définit cinq analogies du mouvement de base : unidirectionnel, bidirectionnel, réciproque, centrique/cyclique, et excentrique/multidirectionnel.³⁴⁴ Puis, pour les mouvements comprenant de multiples couches sonores simultanées, il identifie les mouvements collectifs (*flocked*), de flux (*streamed*) et déformés (*contorted*).³⁴⁵

John Dack, lui, définit la pensée analogique comme « la stratégie de base de la perception humaine pour identifier les similarités entre des phénomènes différents quelle que

³⁴² Ibid., p. 51 à 52.

³⁴³ DUFORT, *La musique spectrale*, op. cit., 2014, p. 35.

³⁴⁴ Smalley dans EMMERSON Simon (éd.), *The Language of electroacoustic music*, London, Macmillan, 1986, p. 73, "However, the five basic motion analogies represent the range of possibilities: *unidirectional*, *bi-directional*, *reciprocal*, *centric/cyclic*, and *eccentric/multi-directional*", notre traduction.

³⁴⁵ Ibid., p. 77.

soit leur origine »³⁴⁶. Selon Dack, l'auditeur fait appel à cette forme de pensée lorsqu'il identifie des similarités entre des phénomènes sonores (qu'ils soient de cause instrumentale ou électronique par exemple), plutôt qu'entre la source de production et le phénomène perçu. Cette pensée analogique « se situe à l'intersection des stratégies de réception et des stratégies de production »³⁴⁷. Yizhak Sadaï ajoute qu' « une science de la musique [...] devrait intégrer à ses structures fondatrices des éléments qui font partie du cadre de référence classique des sciences exactes [...] ainsi que des catégories conceptuelles antinomiques, telles que *l'indéterminable, l'irrationalisable, le métaphorique etc.* »³⁴⁸.

II.1.2.2. Les techniques d'aide à la décision

Dans le cadre d'une investigation qui traite des données qualitatives et dynamiques, en évolution constante, on doit faire appel simultanément à de nombreuses considérations. Il peut s'avérer même difficile de discerner le véritable matériau musical qui semble être engendré par un ensemble complexe de multiples paramètres en relations dynamiques. Selon Dufourt, la musique nouvelle se constitue sur « une équivoque permanente entre : le continu et le discontinu, entre la fusion et la fission, entre l'appréhension synthétique et unitaire du phénomène sonore et l'imminence de sa désagrégation dans un matériau profus, filamenteux, informe »³⁴⁹.

Afin de constater les effets globaux du fait musical et saisir le véritable matériau qui le constitue, nous allons recourir à plusieurs techniques utilisées pour l'aide à la décision : la mise en relation binaire, les facteurs d'équivalence et les échelles de qualité peuvent nous servir à mieux définir les enjeux structurels et des processus à l'œuvre.

II.1.2.2.1. La mise en relation binaire

Dans son étude méthodologique de l'analyse des musiques électroacoustiques, Stéphane Roy constate qu'il est envisageable que l'auditeur, lors d'une écoute en temps réel, différencie des événements particuliers dans le flux sonore « à partir de la succession des phases de stabilité et d'instabilité »³⁵⁰. De plus, lorsqu'on envisage la perception en temps réel, l'état de stabilité des flux musicaux semble être évalué selon les principes d'économie de

³⁴⁶ ROY, *L'analyse des musiques électroacoustiques, modèles et propositions*, op. cit., 2003, p. 161, "the basic human strategy of the perceiver to identify similarities between different phenomena regardless of origin", notre traduction.

³⁴⁷ Ibid., p. 162.

³⁴⁸ Yizhak Sadaï dans COLLOQUE INTERNATIONAL D'EPISTEMOLOGIE MUSICALE, *Observation, analyse, modèle*, op. cit., 2002, p. 139, italiques de l'auteur.

³⁴⁹ DUFOURT, *La musique spectrale*, op. cit., 2014, p. 52.

³⁵⁰ ROY, *L'analyse des musiques électroacoustiques, modèles et propositions*, op. cit., 2003, p. 455.

la gestion de l'information³⁵¹, c'est-à-dire, par des processus cognitifs tels que la mise en relation binaire. La stabilité et l'instabilité se retrouvent ainsi définies selon les caractères binaires tels que le continu et le discontinu, la fusion et la fission, la forme et le fond, le geste et la texture, l'ordonné et le désordonné, la coopération et la lutte etc.

II.1.2.2.2. Les facteurs d'équivalence

Nous avons constaté que les structures dynamiques des matériaux musicaux obéissent à un ordre formel hiérarchique. Souvent, ces éléments sont identifiés par leur « prégnance », leur répétition, ou par une mise en relief par rapport à d'autres éléments sonores. Roy nous rappelle que la mise en série des événements réitérés dans un flux musical « permet ainsi à l'écoute en temps réel de mieux résister à l'érosion temporelle »³⁵². La répétition de certains traits sonores nous informe alors sur le groupement des éléments structuraux. Une absence de réitération suggérerait des changements structuraux potentiels.

Cependant, Roy souligne l'importance de la « signature timbrale » dans la conservation d'équivalence au cours des transformations sonores qui sont de nature plutôt abstraite. Si le matériau musical subit des transformations d'ordre dynamique, énergétique, spatial ou rythmique, il est fort possible qu'il conserve un rapport d'équivalence au cours de sa transformation. Toutefois, si la transformation du spectre harmonique dissout complètement la signature timbrale, « il est fort probable que, même si ces unités présentent en revanche des variations de profil similaires, l'auditeur ne puisse établir de liens paradigmatiques entre ces unités lors d'une écoute en temps réel »³⁵³. L'identification des niveaux hiérarchiques peut donc s'effectuer par rapport à la perception de relations d'équivalence plutôt que simplement par rapport à l'identité morphologique.

II.1.2.2.3. Les échelles de qualité

Des facteurs caractéristiques des données qualitatives doivent être attribués selon une méthode précise afin d'assurer leur cohérence au sein d'une description méthodologique. Une échelle de qualité permet de décrire un certain nombre de qualités qui existent sur un continuum qualitatif. Dans la musique de Pape, nous trouvons des échelles de qualité sous forme de « chemins de timbre » où un continuum entre un son pur et un son-bruit peut être échelonné sur plusieurs points qui se trouvent entre les deux extrémités du continuum, par exemple.

³⁵¹ Ibid., p. 436.

³⁵² Ibid., p. 368.

³⁵³ Ibid., p. 289.

II.1.2.3. La représentation graphique

Bien que la représentation graphique soit souvent considérée comme une forme de représentation accessoire, cet outil, destiné principalement à l'œil, permet une perception non linéaire des données sur le plan spatial et hors temps. L'image nous communique rapidement une synthèse dense d'informations qui permet plusieurs niveaux de lecture simultanée.

Afin de faire apparaître les relations inhérentes à l'œuvre musicale, nous allons faire appel à plusieurs types d'outils visuels³⁵⁴ :

1. *Le diagramme*, qui présente les relations entre deux ou plusieurs ensembles, par exemple, le diagramme de phase qui montre la structure des positions possibles des paramètres musicaux.

2. *Le sonagramme*, un outil visuel qui nous permet d'élucider la représentation simultanée des fréquences avec leurs intensités respectives à une échelle temporelle choisie. A partir de ces images, il est possible de mettre en relation les données de la partition, l'expérience perceptuelle de sa réception, et une représentation purement physique du signal sonore.

3. *Le réseau graphique*, qui présente les relations entre les éléments d'un ensemble, et qui nous sera très utile pour la mise en hiérarchie des éléments différents de l'œuvre.

4. *Le modèle cognitif*, une représentation simplifiée qui retient que les éléments et les interactions les plus significatifs du système. Ces modèles prendront une forme schématique, ce qui nous permet de représenter l'objet ou le système de façon plus ou moins détaillée selon le besoin, en privilégiant l'*observation* dans la construction du modèle. Dufourt remarque que « la réalité elle-même se schématise dans une interconnexion de systèmes formels »³⁵⁵.

II.1.2.4. La modélisation

L'architecture de l'œuvre système répond à un modèle conceptuel qui définit la structure et le comportement du système en faisant appel à un langage graphique, mathématique, et discursif. Le processus de modélisation nous fournit un cadre scientifique qui nous permettra d'appliquer la pensée systémique à l'œuvre musicale. Nous avons adapté le processus de modélisation en quatre étapes définies par Durand dans le schéma de modélisation qu'il préconise pour les sciences sociales.

Le projet est d'abord défini par sa finalité et par ses frontières. Ensuite, un modèle est dessiné selon les éléments qui correspondent à cette définition. Le modèle doit faire apparaître

³⁵⁴ Inspiré de DURAND, *La systémique*, op. cit., 2013, p. 56 à 57.

³⁵⁵ DUFOURT, *La musique spectrale*, op. cit., 2014, p. 35.

l'organisation des hiérarchies structurelles et fonctionnelles des éléments, les caractériser et enfin déterminer les relations entre ces éléments et leurs niveaux hiérarchiques. Afin de déterminer le comportement du système, il faut définir le rôle des divers éléments qui le composent et ce qui les caractérisent individuellement. A chaque niveau structurel, on peut déterminer les invariants, les contraintes internes ou externes qui limitent la capacité de réaction du système et les variables telles que les événements aléatoires introduits par l'interaction du système avec son environnement, ou les décisions internes.

Une telle étude permet l'identification des comportements qui ont le pouvoir de transformer ou de bousculer l'équilibre du système, ainsi que les changements de densité d'informations agissant sur le flux. Selon Durand, cette étude est surtout une question d'appréciation et d'imagination, donc il y aura inévitablement une certaine part de subjectivité.³⁵⁶ Ce processus de modélisation nous permettra finalement de tirer des enseignements sur les informations et les observations ainsi recueillies, afin d'interpréter les relations au sein de la complexité musicale et le rôle du comportement dans l'expression des effets émergents.

II.1.2.5. Identifier l'émergence dans une œuvre musicale

Le niveau d'abstraction de la dimension sonore dans l'œuvre de Gérard Pape nécessite une approche interactive qui va permettre de mettre en relation les niveaux pertinents de l'œuvre. Cela ne veut pas dire que nous allons abandonner définitivement l'analyse de la partition comme procédé utile à notre investigation, mais plutôt que nous reconnaitrons les effets émergents en tant que phénomènes qui existent dans un *présent* sonore, immatériel et dynamique. La partition demeurera, en reprenant l'expression de Renaud Meric, « *un corps qui ne se meut plus* » : son analyse revenant donc à la pratique d'une autopsie. Il est impératif, donc, de considérer le fait que « *le son naît d'une écoute – notre écoute – vivante et active, nécessairement présente : la matérialité du son qui se dessine alors, ni totalement subjective, ni totalement objective, devient tout autre et s'affranchit de la séparation visible/invisible* »³⁵⁷.

Une approche globale de l'œuvre nous permettra d'identifier les éléments de la perception qui ne s'apparentent pas à la partition mais qui en émergent comme formes, phénomènes et relations. Ensuite, nous pourrons dépister leur apparition grâce à une compréhension des interactions complexes au sein de l'œuvre, telles qu'elles sont ordonnées par la partition.

³⁵⁶ DURAND, *La systémique, op. cit.*, 2013, p. 67.

³⁵⁷ MERIC Renaud, *Appréhender l'espace sonore: l'écoute entre perception et imagination*, 1 vol., Paris, l'Harmattan, 2012 (Musique-philosophie), p. 24.

Nous trouvons particulièrement pertinente l'approche de Delalande qui proposent de « s'interroger non sur la signification de l'objet (œuvre) mais sur celle des « conduites »³⁵⁸ de réception ou de production, qui fournissent un kaléidoscope de représentations de cet objet »³⁵⁹. Dans l'optique de la systémique, ces multiples figures convergent sur l'unité qui est l'attracteur, pôle centrale et symbolique de l'œuvre, porteur de son sens. Au cours d'une investigation du fait musical, la finalité de chaque « conduite » de Delalande nous permet de dégager une signification de l'œuvre et l'ensemble de ces « conduites » fait ressortir les caractéristiques de l'attracteur.

L'intérêt d'une approche systémique de la musicologie contemporaine, selon C. et M. Georgescu, est « l'identification fidèle de tous les niveaux, de leur spécificité et de leur interaction »³⁶⁰ qui seront appréhendés dans l'unité d'une construction complexe. La nature multidimensionnelle du phénomène musical impose donc une multiplicité de niveaux complémentaires. On doit alors se poser la question : quels sont les niveaux pertinents pour une investigation musicologique d'une œuvre ?

II.1.2.6. Définir des niveaux d'investigation

Trois niveaux d'analyse sont identifiés par Nathalie Hérold dans son article « L'analyse formelle du timbre » (2010) : la partition, le son acoustique et la perception. La tripartition sémiologique conçue par Jean Molino comprend l'analyse du niveau poïétique (de la production), neutre (de la partition) et esthétique (de la réception). Il faut relever que les perspectives analytiques gardent la partition comme référence privilégiée. Quant à lui, Dennis Smalley soutient par ailleurs que la musique électroacoustique, « comme nulle autre musique, est le meilleur moyen à relever le défi d'une compréhension de la *totalité* des créations sonores »³⁶¹. Or, l'analyse des musiques électroacoustiques part *a priori* d'un objet immatériel et dynamique, et de ce fait, elle va fournir une perspective pertinente à notre investigation.

Dans le cadre de l'analyse des œuvres électroacoustiques, Damián Keller considère la structure musicale comme une interaction entre trois systèmes interdépendants et liés de façon dynamique : le système son, le système perceptuel et le système social. L'interaction des

³⁵⁸ Terme emprunté à la psychologie

³⁵⁹ ROY, *L'analyse des musiques électroacoustiques, modèles et propositions*, op. cit., 2003, p. 79.

³⁶⁰ GEORGESCU et GEORGESCU, « A system approach to music », art. cit., 1990, p. 18, "the faithful identification of all levels, of their specificity and interaction", notre traduction.

³⁶¹ SMALLEY Denis, « Can electroacoustic music be analysed? (La musica elettroacustica può essere analizzata?) - EARS ElectroAcoustic Resources Site », in: DALMONTE, Rossana, BARONI, Mario (Eds.). *Secondo convegno europeo di analisi musicale. Università degli studi di Trento.*, Trento, 1992, p. 434, "Like no other music it [electroacoustic music] is the best path to meeting the challenge of understanding the whole of sounding creation", notre traduction. Nos italiques.

systèmes transforme l'état de chacun.³⁶² Boon et Noullez définissent le 'système son' en termes de variations des paramètres du son dans la fonction-temps : « une *série temporelle*... c'est-à-dire, le déploiement d'une séquence de signaux acoustiques »³⁶³. Les informations fournies par le 'système son' sont traitées par le système perceptif. La dynamique perçue est définie par l'état des représentations du système son, et modifiée par les processus opérationnels. Les contraintes globales sont fixées par le système social, selon Keller, et de ce fait, l'étendue d'états perceptifs possibles est prédéfinie ainsi que « la probabilité que le processus musical global ait lieu d'une manière spécifique »³⁶⁴.

Keller soulignent qu'il y a une distinction importante dans la définition des niveaux d'investigation : celui de la perception et celui de la réception, expérience qui est contrainte par le système social. Afin d'éviter l'ambiguïté, Delalande nous explique : « Nous devons admettre et expliquer que les unités pertinentes de l'analyse perceptive ne sont pas toujours les unités perceptives. C'est le paradoxe de 'l'objet musical' »³⁶⁵. Découpées du flux musical par les approches morphologiques, comme elles sont décrites par Schaeffer dans son *Traité des objets musicaux*, ou par Denis Smalley avec sa *spectro-morphology*, les unités perceptives ont une « réalité psychologique qui transcende parfois les frontières culturelles »³⁶⁶.

On peut différencier alors deux types d'unité : L'unité non contextuelle, ou ce qu'on peut définir en tant qu'objet sonore schaefferien, résultat d'un exercice de découpage perceptuel, c'est-à-dire, hors temps. Roy résume que l'unité ainsi repérée, « contourne certaines anamorphoses en coupant le son de sa cause et de son sens, pour « entendre » un objet dans la multiplicité de ses caractères »³⁶⁷. Quant à l'unité contextuelle, elle n'apparaît que lors la « réception », activité complexe et « riche en contenu symbolique comme en niveaux de signification »³⁶⁸. Par sa nature contextuelle, la réception implique *a priori* une expérience de l'œuvre en temps réel. Les recherches récentes³⁶⁹ dans le domaine de la cognition musicale et des processus de perception globale de la musique en temps réel peuvent nous donner quelques pistes pour une investigation globale de l'œuvre dans son déploiement temporel.

³⁶² KELLER, « Anitoo: some analysis tools », *art. cit.*, 1996, p. 198.

³⁶³ BOON Jean-Pierre, NOULLEZ Alain et MOMMEN Corinne, « Complex dynamics and musical structure », *Interface* 19 (1), 01.01.1990, p. 3.

³⁶⁴ KELLER, « Anitoo: some analysis tools », *art. cit.*, 1996, p. 198, "Global constraints - established by the social system - set the range of possible perceptual states and thus the probability that the whole musical process will take place in a specified way", notre traduction.

³⁶⁵ Dans ROY, *L'analyse des musiques électroacoustiques, modèles et propositions*, *op. cit.*, 2003, p. 57.

³⁶⁶ Dans *ibid.*

³⁶⁷ *Ibid.*, p. 156.

³⁶⁸ *Ibid.*, p. 57.

³⁶⁹ Krumhansl (1991), McAdams et Bigand (1993) ainsi que les recherches de Irène Deliège, Stephen McAdams, Michel Imberty.

Pendant l'écoute en temps réel, le flux acoustique s'écoule de manière linéaire, mais la contextualisation des données est modifiée par un processus de rétroaction, et par ce fait, les données antérieures sont redéfinies et réinterprétées au fur et à mesure que l'œuvre se dévoile. Ainsi, l'écoute en temps réel fait appel à une perception globalisante au moment de la réception, processus évolutif de nature non linéaire et complexe qui « a le pouvoir de modifier substantiellement la segmentation gestaltiste »³⁷⁰.

Nous allons donc distinguer entre la 'perception analytique' qui par sa démarche réductionniste (*l'écoute réduite* de Schaeffer par exemple), permet de relever des détails qui risquent de rester imperceptibles lors de la réception, et la 'perception systémique' qui prend en compte l'unité de l'œuvre en temps réel. C'est-à-dire, lors d'une écoute contextualisée, on reconnaît l'effet de l'accumulation des données et de leur mise en relation non linéaire, comme l'effet d'un processus de rétroaction.

Dans l'introduction de l'ouvrage de Roy, *L'analyse des musiques électroacoustiques : Modèles et propositions*, Jean-Jacques Nattiez souligne la distinction entre deux perceptions de l'œuvre : la perception analytique appliquée à l'analyse du niveau neutre (la partition) et les stratégies perceptuelles « esthétiques » déclenchées par l'écoute d'une œuvre. Roy constate que la démarche esthétique « semble susceptible de répondre aux interrogations que soulève la réception des musiques électroacoustiques ». C'est-à-dire les dimensions musicales marginalisées dans l'histoire de la musique occidentale telles que le spectre, le bruit, les sons extramusicaux, l'espace, le mouvement, l'énergicité, etc. Notre démarche part du principe qu'une investigation musicologique qui prend en compte l'écoute en temps réel fera de l'expérience sensible « une valeur fondamentale ». Elle ouvre la possibilité d'« éclairer le rapport ambigu et mouvant qui lie le compositeur et l'auditeur »³⁷¹.

Cette réflexion permet de s'interroger sur la perspective de l'auditeur et celle de l'analyste. Irène Deliège nous informe que les processus impliqués dans l'écoute en temps réel sont soumis à l'influence de multiples facteurs, tels que l'expérience musicale antérieure de l'auditeur et ses compétences musicales, ainsi que les particularités sonores et le contexte culturel et historique du matériau musical même.³⁷² C'est aussi le cas de l'analyste, mais à la différence que l'analyste pose d'emblée une finalité prédéfinie qui caractérise certainement son expérience de l'œuvre. D'après Roy, c'est « une écoute de second degré que pratique l'analyste, [...] une écoute orientée selon une stratégie d'investigation précise »³⁷³. Schaeffer,

³⁷⁰ ROY, *L'analyse des musiques électroacoustiques, modèles et propositions*, op. cit., 2003, p. 202.

³⁷¹ Ibid., p. 31.

³⁷² DELIEGE et al., « Musical Schemata in Real-Time Listening to a Piece of Music », art. cit., 1996, p. 120.

³⁷³ ROY, *L'analyse des musiques électroacoustiques, modèles et propositions*, op. cit., 2003, p. 30.

lui, définit la distinction entre la perception de l'auditeur et la perception « praticienne ». En effet, le chercheur oriente sa perception pendant l'écoute afin d'éclairer une dimension particulière de l'œuvre à partir de certains critères pertinents.

Le niveau esthétique de l'analyse sémiotique, décrit par Nattiez dans *Musicologie générale et sémiologie*, a pour but la construction d'hypothèses sur les stratégies perceptives déclenchées par l'écoute en partant de l'observation des constituants de base. Une telle démarche peut être qualifiée de type « *bottom up* » (du bas vers le haut).

Pour notre part, nous souhaitons sortir des démarches réductrices qui découpent l'œuvre en des unités isolées, pour élaborer d'autres stratégies et conduire à une réception dite « praticienne » de l'écoute en temps réel. Une telle approche sera inversement qualifiée comme « *top down* » (du haut vers le bas), car elle s'engage à identifier, à partir des stratégies d'écoute, les éléments (émergents ou non) qui constituent les indices structurels (de formes, de phénomènes et de relations), et puis à mettre ces éléments en relation avec une *modélisation* des constituants de base dans une investigation globale de l'œuvre.

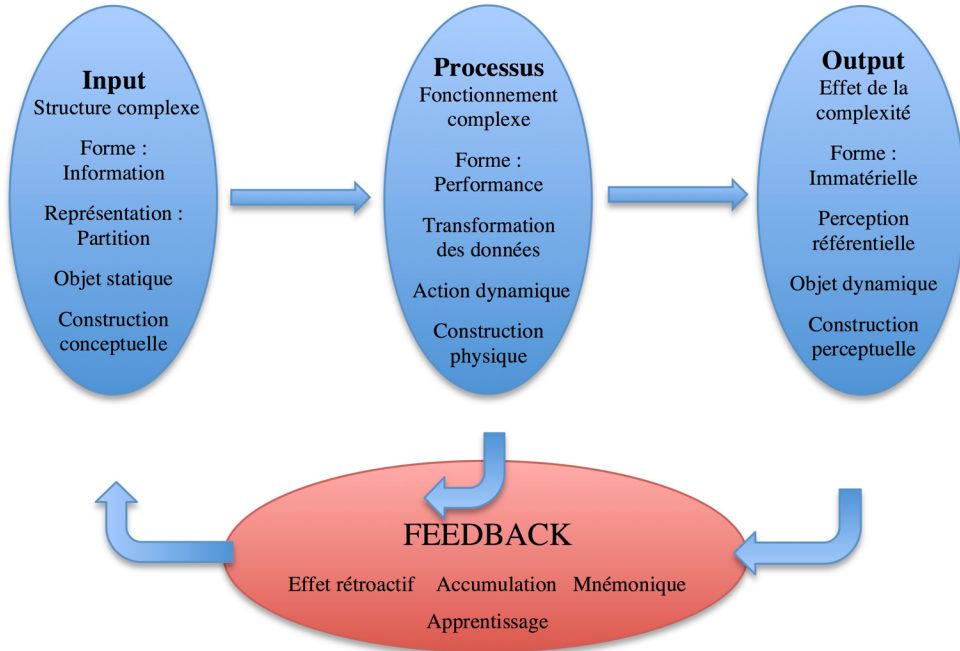
II.1.2.7. Notre modèle d'investigation

Notre modèle va tenter de réunir ces éléments dans une approche globale de l'œuvre, en ajoutant un niveau supplémentaire et souvent oublié, celui de l'interprétation, ou autrement dit, la reproduction. Ce niveau prend en compte l'action qui donne naissance à la musique (soit par les interprètes, soit par l'action physique du compositeur au cours de la réalisation d'une œuvre électroacoustique) et qui contribue considérablement aux effets haptiques, kinesthésiques, énergétiques et transmodaux³⁷⁴ perçus pendant l'écoute.

Selon la théorie de la systémique, nous proposons donc une investigation des niveaux de l'*input*, du processus et de l'*output* en prenant en compte la rétroaction (*feedback*) et la complexité dynamique. Nous allons considérer que l'*input* représente les composants du système et que l'*output* est un effet, ou une accumulation d'effets manifestés lors du processus. Cette distinction est importante dans la compréhension du processus.

³⁷⁴ La perception de qualités différentes d'un objet ou d'un événement qui s'effectue par la conjonction de plusieurs modalités sensorielles.

Notre modèle d'investigation pour l'œuvre musicale



L'input (les entrées) : c'est l'information portant sur les composants sonores et leur organisation structurelle, ainsi que les instructions pour leur mise en œuvre par le processus. L'information prend forme en tant que données globales et locales. Les données globales relèvent de l'instrumentation, de la durée indicative et de l'espace des phases, ce qui représente la portée des possibilités ou les degrés de liberté du système. Les données locales comprennent les données de contrôle qui gèrent la mise en fonctionnement du système et les données de position instantanée de chaque élément du système (vitesse, hauteur, durée locale, vibrato, intensité etc.) dans leur trajet autour de l'attracteur.

Le processus : il comprend le fonctionnement dynamique du système, la mise en action des comportements. Si l'on considère l'aspect dynamique de l'œuvre en termes des transformations temporelles des paramètres, c'est l'historique temporel de ces transformations qui représente le processus dynamique du système. Dans cette perspective, Tenney et Polansky définissent le processus comme un groupe fini de relations en transformation qui établissent une unité perceptuelle.³⁷⁵

L'output (les sorties) : c'est l'effet de l'action du système sur l'input, via le processus. Cet effet peut être décrit par les données acoustiques, sensorielles et cognitives provoquées pendant et suite au processus. C'est la conséquence du système comme fonctionnement, comme lieu d'effets émergents et d'interprétations subjectives.

La partition musicale représente l'input et le processus, parce que c'est une liste de directions pour la mise en œuvre musicale par les interprètes. Elle peut aussi représenter l'output jusqu'à un certain point, en fonction du niveau de complexité et d'interaction des éléments, seulement si l'output ne manifeste pas l'apparition d'effets émergents significatifs. Dans le cas des musiques électroacoustiques, ces informations sont contenues dans le fichier informatique du logiciel MAO³⁷⁶ ou dans la programmation du dispositif qui calcule le son en temps réel.

Le processus met en œuvre les informations de la partition (ou programmation informatique) en les transformant en action. L'interprète, lui, va apporter un niveau complémentaire à l'œuvre par son action physique, son expérience, son apprentissage de l'œuvre par de multiples répétitions et donc par les effets haptiques et kinesthésiques suscités par celle-ci et de plus par sa propre interprétation des données de la partition.

L'output peut prendre la forme d'une performance ou d'un enregistrement. Il n'est pas singulier car il représente plutôt de multiples possibilités de réalisation. Il reste un objet

³⁷⁵ TENNEY J. et POLANSKY L., « Temporal gestalt perception in music », *Journal of Music Theory* (24), 1980, p. 205.

³⁷⁶ Musique Assistée par Ordinateur.

immatériel et éphémère, susceptible de se transformer dès la réception et de subir aussi bien l'effet cumulatif de la rétroaction positive que celui de la rétroaction négative, d'où l'érosion temporelle, les déformations de perspective et les anamorphoses.

Considérons l'*input* et l'*output* sous leur aspect structurel. La structure de l'*input* est définie par la partition tandis que la structure de l'*output* est définie par la perception de cette structure pendant la réception – elle prend en considération le processus et l'accumulation d'informations pendant la durée globale de la performance ainsi que l'effet de la rétroaction. L'*input* est conceptuel et par conséquent comprend aussi l'organisation fonctionnelle dans le sens de la finalité conceptuelle de l'œuvre. Quant à l'*output*, il est plutôt de nature perceptuelle et son organisation fonctionnelle relève de l'expérience en temps réel, de la mémoire et des réflexes conditionnés. De plus, l'expérience de l'*output* est amenée à connaître une évolution temporelle, tout comme la compréhension de l'*input*, à cause des effets de la rétroaction.

En ce qui concerne la question de cause et d'effet, sous-entendue par la nature même de notre investigation, notre modèle va permettre de mettre en lumière les liens d'évidence et de relation entre la partition et l'effet sonore rencontré à la réception. Comme cela a été constaté par Roy, « beaucoup de sons inouïs (notamment électroniques) de la musique électroacoustique ne répondent pas au schéma causal traditionnel d'une phase de déclenchement énergétique (l'articulation) suivie d'un entretien (l'appui) qui en est la conséquence acoustique »³⁷⁷.

Schaeffer a aussi noté le problème de la correspondance perceptuelle entre la musique et le son acoustique. « L'expérience nous interdit de ramener si aisément les faits de perception humaine aux paramètres que mesurent les appareils »³⁷⁸. Et c'est pour cette raison que le sonagramme ne peut pas nous servir comme point de référence principal dans une investigation des effets émergents. Le fait que les paramètres acoustiques peuvent être isolés par les dispositifs informatiques n'empêche pas qu'au niveau de la perception « ces paramètres interfèrent les uns avec les autres au point de *se confondre dans une synergie complexe* »³⁷⁹.

Christiane Ten Hoopen a noté qu'il « semble exister une relation dialectique entre le contenu sonore d'une œuvre et la réponse perceptive possible »³⁸⁰. La méthodologie que nous

³⁷⁷ ROY, *L'analyse des musiques électroacoustiques, modèles et propositions*, op. cit., 2003, p. 60.

³⁷⁸ SCHAEFFER, *Traité des objets musicaux*, op. cit., 1998, p. 22.

³⁷⁹ ROY, *L'analyse des musiques électroacoustiques, modèles et propositions*, op. cit., 2003, p. 61, dans les notes de l'auteur, nos italiques.

³⁸⁰ TEN HOOPEN Christiane, « Polarised Listening Strategies for Electroacoustic Music », in: DALMONTE, Rossana, BARONI, Mario (Eds.). *Secondo convegno europeo di analisi musicale. Università degli studi di*

proposons pour une investigation des effets émergents s'appuie sur cette dialectique par de multiples approches. Elle prendra en compte la synthèse de plusieurs stratégies d'écoute et l'investigation systémique de la partition ainsi que les effets des gestes de production sonore et de la rétroaction. Le dépistage des interactions complexes qui animent le flux musical nous permettra de mieux comprendre les effets émergents tels que les effets transmodaux, les changements d'état et d'énergie, le mouvement dans l'espace, les processus morphogénétiques et les transformations des formes audibles.

II.1.3. Une méthodologie d'investigation des effets émergents

Notre démarche musicologique est centrée sur l'émergence au sein de l'œuvre musicale, les mécanismes de son engendrement et son effet sur l'appréhension et la compréhension du fait musical. Au préalable, nous allons traiter les informations présentées au public à l'occasion de la représentation d'une œuvre : le titre, les notes de programmes et les commentaires du compositeur. Ces informations sont communiquées à l'attention de l'auditeur avant l'écoute, en indiquant quelques pistes qui peuvent l'aider dans sa première navigation du flux sonore. Nombreux sont les auditeurs qui veulent éviter ce conditionnement préalable à l'écoute, en voulant former librement leurs hypothèses sur la signification sonore. En revanche, nous estimons que l'intention du compositeur est primordiale pour l'investigation de son œuvre, et de ce fait, nous allons prendre en compte ces informations initiales, en sachant que quoi qu'il en soit, notre compréhension de l'œuvre évoluera au fur et à mesure de l'investigation.

II.1.3.1. Priorité donnée à l'output

Pourquoi commencer avec l'écoute en temps réel plutôt que par une analyse de la partition ? Comme nous l'avons constaté, une analyse de la partition risque de mettre en lumière des particularités structurelles qui ne sont pas toujours mises en évidence lors de l'écoute, même très compétente, en temps réel. L'analyse des données statistiques qui dévoile les ratios, les proportions et les règles formelles de l'écriture se trouve bien souvent loin de ce qui est discerné subjectivement pendant l'écoute. Delalande estime que la démarche qui commence par l'aspect immanent opère dans la mauvaise direction³⁸¹ : ceci risque de nous fournir plus d'informations sur la partition que sur la musique qu'elle ordonne.

Trento., Trento, 1992, p. 464, "Thus it appears that there exists a dialectic relationship between the sounding content of a work and the possible perceptive response", notre traduction.

³⁸¹ Voir note 53 dans ROY, *L'analyse des musiques électroacoustiques, modèles et propositions*, op. cit., 2003, p. 110.

De plus, la lecture d'une partition provoque au préalable la formation d'hypothèses sur l'œuvre. C'est pour cette raison que nous jugeons approprié, pour aborder l'investigation, de commencer avant tout, par un dépistage des effets, c'est-à-dire, par l'*output*.

II.1.3.1.1. Stratégies d'écoute

En s'appuyant sur les principes de la systémique et sur la perception globale de l'œuvre, notre investigation de l'*output* se concentre principalement sur les interactions entre les éléments et les effets engendrés. A partir de l'écoute en temps réel, l'investigation intègre la durée et l'irréversibilité dans une démarche par objectifs d'écoute et privilégie les aspects les plus pertinents à la compréhension de l'œuvre dans sa globalité.

Nous nous sommes appuyés sur les approches analytiques appliquées à la musique électroacoustique qui prennent en compte l'expérience de l'écoute en temps réel afin de mieux définir des stratégies d'écoute de l'*output*. En particulier, l'analyse esthético-cognitive de Giomi et Ligabue, le projet de l'analyse cognitive de Jean-Marc Chauvel et les « conduites » d'écoute de Delalande, qui, toutes envisagent l'expérience de l'œuvre dans son déploiement temporel.

Pour la segmentation ou fusion des flux musicaux en unités localisées à différents niveaux hiérarchiques, nous avons prêté une attention particulière aux théories cognitives telles que la théorie des courants auditifs de Stephen McAdams et aux travaux d'Irène Deliège sur la formation des empreintes à partir des indices cognitifs. De plus, on n'omettra pas de considérer la nature de l'attention, qui pendant l'écoute peut être dirigée de façon linéaire, mais aussi qui peut se détacher de la ligne temporelle dessinée par l'écoute en temps réel afin de laisser libre cours à une écoute de nature non linéaire.

II.1.3.1.2. Déterminer la macroforme

Lors d'une écoute en temps réel, on est premièrement en mesure d'identifier les phases de discontinuité les plus en relief dans le flux musical à partir des pauses et des contrastes. Dans un premier temps, afin de déterminer la forme globale de l'œuvre, nous allons reprendre l'objectif de l'analyse esthético-cognitive : établir les régions de discontinuité dans le flux musical afin de discerner une segmentation sommaire de la forme globale. C'est une écoute de repérage, semblable à l'écoute taxinomique de Delalande, sur laquelle nous ferons des observations ultérieures. Ce premier repérage nous mènera à l'identification des unités principales qui composent l'œuvre, la macrostructure.

L'approche de Delalande vise à modéliser l'adaptation sujet/objet en reconstituant les « conduites » d'écoute à travers le flot d'informations fournies par l'*écoute actuelle*. Chaque

« conduite » représente une stratégie d'écoute cohérente à partir d'un point de vue déterminé et permet une reconstruction singulière de l'œuvre, autour de l'attracteur. Cette démarche, à multiples écoutes, permet une certaine appropriation de l'œuvre par l'auditeur et constitue un processus d'apprentissage.

Contrairement à Delalande, qui a pour objectif de vérifier ou de valider la pertinence des hypothèses issues de son analyse objective de l'œuvre, nous chercherons plutôt à dépister l'apparition des effets émergents par la mise en relation des résultats d'observation de l'œuvre en temps réel (la réception) en regard des mécanismes de comportement inhérent à la structure complexe (la partition) et du processus de production qui l'engendre (l'interprétation).

Afin d'identifier les principales unités de l'œuvre, Delalande a pour stratégie de recourir à l'utilisation de métaphores. Nous utilisons également l'analogie pour caractériser la morphologie des unités et pour les nommer. Nous allons reprendre les quatre objectifs de l'analyse esthétique-cognitive de Giomo et Ligabue³⁸² :

1. Évaluer le caractère homogène ou hétérogène du matériau sonore (facture/morphologie).
2. Déterminer le comportement du flux musical : déterminer s'il est fixe, régulier, aléatoire, stable etc.
3. Évaluer le niveau de cohérence dans l'évolution des paramètres sonores.
4. Identifier des marqueurs (événements particuliers) qui définissent les frontières.

II.1.3.1.3. Identification des éléments pertinents de la mésoforme

Notre objectif est de déterminer les formes, les phénomènes et les relations émergents, et pour cela nous avons identifié des stratégies d'écoute qui semblent correspondre le mieux à cet objectif. Il est fort probable que, même si une stratégie paraît mieux adaptée que d'autres au dépistage de certains effets, la conséquence de la rétroaction au cours des écoutes accumulées permettra d'optimiser la totalité des données appréhendées.

Les formes

La description des formes perçues fera appel principalement aux stratégies inspirées des lois de la *gestalt* et les théories cognitives. Comme l'écoute de l'œuvre ne va pas être décortiquée en petites unités, nous n'aurons pas besoin d'une description aussi détaillée que celle décrite par Schaeffer dans son *Traité des objets musicaux*. En revanche, les critères

³⁸² GIOMI Francesco et LIGABUE Marco, « Evangelisti's Composition Incontri di Fasce Sonore at W.D.R. : Aesthetic-Cognitive Analysis in Theory and Practice », *Journal of New Music Research* 27 (1-2), 1998, p. 122.

morphologiques de Schaeffer peuvent nous servir d'appui afin de définir des échelles de qualité ou des mises en relation binaires lors de l'écoute. Nous allons aussi nous référer aux continuums typologiques définis par Roads, Smalley et Pape.

Pour la délimitation des frontières qui définissent les formes perçues et l'action de flux de fusion et de fission des gestes et des textures, nous avons constaté que Deliège, McAdams, Smalley et Tenney sont unanimes sur le rôle des contrastes et des ruptures comme critères de segmentation. Notre objectif principal pour l'identification des formes perceptibles sera donc de mettre en relief des indices morphologiques qui se trouvent renforcés par la formation des empreintes pendant l'écoute.

Les phénomènes

Il n'est pas impossible que les formes et les phénomènes se trouvent si étroitement liés que leur identification se construise de manière simultanée en faisant appel à une écoute non linéaire. C'est le lieu de l'énergie pure et de l'immensité, de la perception des différences d'états dans le flux et de perceptions transmodales tels que le frottement (haptique), le mouvement gestuel et le ralenti (kinesthésique). Normalement, l'auditeur n'établit pas de différenciation claire entre ce qu'il entend et les sensations provoquées par l'écoute. Selon Roy, « la verbalisation des plans-métaphores prend sa source au niveau des sensations corporelles vécues lors de l'écoute »³⁸³. L'écoute empathique de Delalande, orientée vers les sensations éprouvées plutôt que vers l'objet qui les provoque, nous permet d'évoquer des images par analogie aux sensations corporelles expérimentées pendant l'écoute.

Les relations

La relation entre la stabilité et l'instabilité se manifeste par la présence d'attentes comblées ou non pendant l'écoute. Leonard Meyer ajoute que « les relations implicatives peuvent être perçues par les tensions et les résolutions cinétiques – c'est-à-dire, par les sensations et les sentiments provoqués »³⁸⁴. La succession des phases de tension et de détente, étant identifiée par une mise en relation binaire, va nous permettre de « métaphoriser » les relations émergentes. Dans un premier temps, les relations qui émergent des courants principaux de l'œuvre et dans un second temps, les relations évolutives telles que les oppositions forme-fond, geste-texture, coopération-lutte, par exemple.

Les relations structurelles (arborescentes, de simultanéité) et fonctionnelles (de dépendance, de similarité, de cohésion, de conflit ou d'ambiguïté) peuvent être décrites dans

³⁸³ Ibid., p. 113.

³⁸⁴ MEYER Leonard B., *Explaining Music: Essays and Explorations*, University of California Press, 1973, p. 113, "Implicative relationships may be experienced as kinetic tension and resolution – that is, as feeling and affect", notre traduction.

le cadre d'une écoute figurative³⁸⁵ qui prend en compte ces oppositions et qui se dévoile selon le principe de la rétroaction. Les relations fonctionnelles peuvent être décrites par les changements d'état (transitions de phase), les effets de modulation, les transitions, les transformations et les métamorphoses, et les bifurcations. Par la suite, on pourra mettre en forme une cartographie relationnelle qui relie les divers éléments de l'œuvre-système et de ses processus.

II.1.3.2. Le rôle du feedback

En effectuant une série d'écoutes globales de l'œuvre, il sera inévitable de remettre en question ce qui a déjà été entendu. Au fur et à mesure que l'on découvre le matériau musical, on effectue une réinterprétation rétrospective. Ainsi, notre appréhension de l'œuvre suit une logique évolutive, qui a lieu dans la mémoire à court et à long terme, et qui se trace dans les multiples trajets effectués autour de l'attracteur. Cette expérience va nous éclairer sur la nature véritable de l'attracteur, dont la seule représentation objective reste la partition.

L'accumulation des données relevées à chaque reprise forme des boucles de rétroaction qui ont pour effet de modifier notre compréhension de l'objet. Roy nous confirme que « pendant la réception, l'auditeur attribue des rôles fonctionnels qui seront rétrospectivement rajustés au cours du processus d'écoute. Chaque attribution est une hypothèse parmi d'autres qui reste sujette à révision »³⁸⁶.

Ce processus fait partie d'un apprentissage de l'œuvre, et nous aide à renforcer les éléments les plus pertinents en nous évitant de courir à la recherche des détails superflus. La formation tout à fait naturelle et spontanée de boucles de rétroaction qui se mettent en place afin d'éviter la saturation mnémotique, nous servira pour porter notre investigation sur l'essentiel des effets de l'œuvre.

De plus, ce modèle de réception nous permet de prendre en compte les délais de décision, c'est-à-dire, le temps entre le moment d'initiation d'un événement, et le moment où la perception le détermine, ce qui facilite considérablement l'appréhension des effets émergents.

II.1.3.3. Le rôle de l'input

La partition, représentation de la forme conceptuelle de l'œuvre, trace de façon précise l'attracteur sous forme d'une transcription effectuée méticuleusement par le compositeur. Son

³⁸⁵ De Delalande : par contre, nous ne ferons pas un récit global de l'œuvre. Notre démarche favorise une représentation simplifiée des données sous forme schématique au lieu des descriptions narratives exhaustives.

³⁸⁶ ROY, *L'analyse des musiques électroacoustiques, modèles et propositions*, op. cit., 2003, p. 172.

existence relève aussi du principe de rétroaction – le compositeur revient maintes fois sur chaque détail afin que l'objet finalement défini puisse correspondre au plus près à son idéal de l'œuvre. La partition est donc une représentation du fait musical hors temps, ce qui facilite sa décortication minutieuse au cours d'une analyse.

La finalité d'une approche systémique n'est pas de « saisir une signification propre et réductible à la partition, » mais plutôt de « découvrir le système d'émergence de cette signification »³⁸⁷. Selon Chiarrucci, les structures musicales peuvent être abordées soit comme *source d'information* sur l'objet, soit comme *construction formatrice* de l'objet.

Du point de vue structuraliste, la partition peut être considérée « comme une entité dotée d'une structure première antérieure à sa constitution, une structure saisissable synchroniquement, objectivable et transcendante »³⁸⁸. Ce point de vue est intéressant dans le cas où les procédés de composition sont inspirés par des modèles empruntés aux autres disciplines. La partition représente, dans ce cas, une source d'information sur un système qui la transcende.

L'objectif de ce niveau d'investigation est l'identification de l'œuvre système. Cela jaillit de la perspective que la partition représente la mise en forme de l'œuvre ainsi que l'attracteur de sa mise en œuvre. En effet, notre but principal est bien de dégager les lois d'organisation globale, c'est-à-dire sa structure complexe et hiérarchique.

II.1.3.4. Vers une modélisation de l'œuvre

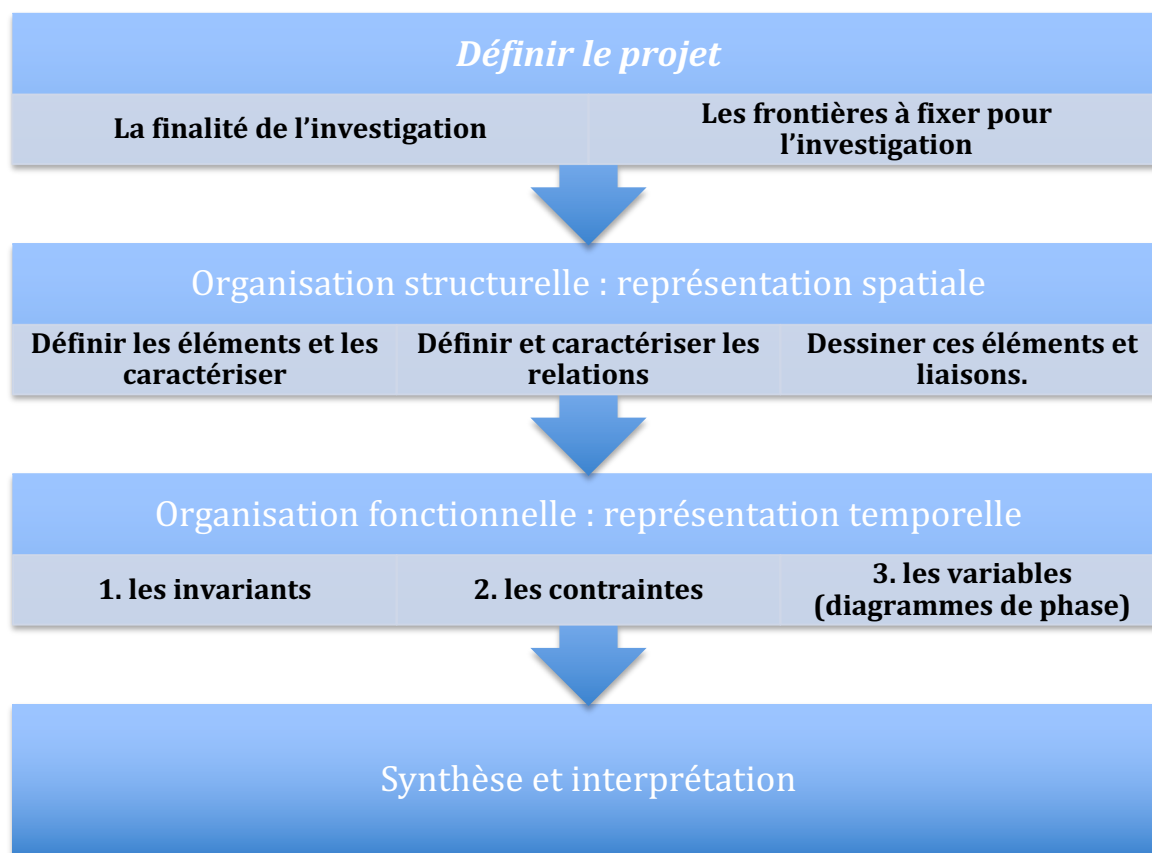
Ainsi l'investigation de l'*input* va prendre la forme d'une modélisation de l'œuvre, selon les quatre phases suggérées par Durand³⁸⁹. L'identification typologique des éléments de l'*input* et leurs caractéristiques comportementales sera déduite à partir des données spécifiques aux paramètres musicaux et à leur étendue, ou degrés de liberté. Pour la mise en forme de ces informations, nous allons prendre appui sur les recherches de Jean-Marc Chauvel pour les descriptions des espaces des phases et les diagrammes de phases qui tracent les trajets des éléments paramétriques dans leur aspect dynamique.

³⁸⁷ Ibid., p. 115.

³⁸⁸ Ibid.

³⁸⁹ D'après DURAND, *La systémique, op. cit.*, 2013, p. 65.

La modélisation de l'œuvre
d'après les quatre phases suggérées par Durand



II.1.3.5. Le processus – lieu du fonctionnement

Une investigation du processus prend en compte l'état dynamique qui naît au cours d'une interprétation : ce qui représente la réalisation musicale de même que la mise en œuvre des relations complexes. Le processus est le lieu du fonctionnement, des apports énergétiques et des éléments haptiques et kinesthésiques. Le geste musical prend forme d'abord dans le geste physique, même de manière imaginaire, comme l'on peut rencontrer dans la musique électroacoustique où le geste sonore s'inspire des gestes ou des mouvements physiques. Le processus fait apparaître l'effet physique et acoustique du son qui se trouve ainsi coloré par l'intention de l'interprète. Afin d'identifier les effets de la production, nous allons nous référer principalement aux indications d'interprétation dans la partition (types de mouvements, intentions du matériau etc.) et éventuellement aux sonagrammes afin de mettre l'*input* en relation avec l'*output*.

Ceci dit, nous avons trouvé intéressant l'approche référentielle de Hoopen, qui nous semble pertinente pour les aspects comportementaux du processus. Hoopen prend appui sur une écoute tournée vers l'origine extramusical des sons. Une telle écoute prend en compte la

nature même de l'audition ainsi que les codes culturels. L'approche de Hoopen est spécifique à la musique électroacoustique, cas où les sources sonores sont souvent de nature concrète et de ce fait, naturellement référentielles. Dans le cadre d'une investigation musicale où les sources sonores sont principalement de nature instrumentale, le son en soi n'est peut-être pas référentiel, mais son comportement peut très bien se référer au modèle sur lequel la composition a été conçue : un geste instrumental peut se référer à un comportement cellulaire, par exemple.

Hoopen nous confirme que « la composition musicale est lieu de rencontre entre les expériences sonores et non sonores »³⁹⁰. Les références extramusicales suscitées par la réception de l'œuvre peuvent donc éventuellement mettre en relief des traits musicaux intrinsèques qui ne sont pas mis en évidence par une lecture de la partition.

Le processus est aussi le lieu des progressions dynamiques de l'œuvre. L'objectif de l'approche de Smalley étant principalement d'étudier la façon dont l'auditeur interprète le phénomène des progressions dans le temps, nous allons nous référer à ses modèles de progressions *spectro-morphologiques* afin de décrire le processus directionnel et causal et son déploiement temporel.

II.1.3.6. Vers une synthèse

La dernière phase de notre investigation est de nature synthétique : la complexité structurelle définie par l'*input* sera mise en relief dans la logique du flux temporel défini par le processus et les effets de l'*output* et de la rétroaction. Les données du « hors temps » et du « temps-réel » seront superposées de façon simplifiée afin d'y voir plus clair et de définir la nature émergente ou non de l'effet musical. Cette démarche nous permet d'optimiser l'information recueillie afin de rendre compte de manière dynamique de la constitution de l'œuvre comme « *une séquence d'événements ordonnés pour l'écoute* »³⁹¹. En ce faisant, nous aurons la possibilité d'interpréter les propriétés des effets et de déterminer leur nature émergente dans la perspective d'une évaluation globale de l'œuvre.

Les divers outils tels que les représentations graphiques (les diagrammes de phase et les sonagrammes) ainsi que la mise en relation binaire et les échelles de qualité vont nous permettre d'évaluer systématiquement chaque effet à partir de critères spécifiques. Le substrat visuel du sonagramme, qui ne peut informer une investigation ni sur la production ni sur la réception, mais simplement sur l'étape entre les deux, peut présenter des indices importants

³⁹⁰ TEN HOOPEN, « Polarised Listening Strategies for Electroacoustic Music », *art. cit.*, 1992, p. 464, "the musical composition is an encounter between sounding and non-sounding experiences", notre traduction.

³⁹¹ CHOUVEL, *Analyse musicale, op. cit.*, 2006, p. 49.

sur l'existence des phénomènes émergents au niveau spectral « dans la mesure où de tels phénomènes sont réellement audibles »³⁹².

La synthèse des différents types d'informations et la classification des effets émergents dans le cadre d'une modélisation systémique de l'œuvre nous permet de définir les processus en termes de comportements complexes. L'interaction et l'interconnectivité des éléments qui, ensemble, engendrent l'effet musical, peuvent être définies à de multiples niveaux structurels et fonctionnels, selon notre modèle.

Par l'évaluation des différentes entités, des phénomènes et des relations de l'effet musical et par la mise en relation avec leur base physique et conceptuelle, nous pouvons définir de manière scientifique si chaque effet est d'ordre émergent ou simplement résultant. Et ce faisant, nous serons en mesure de déterminer l'aspect irréductible et l'efficacité causale des effets, les deux conditions qui justifient leur catégorisation sous les critères de l'émergence.

Finalement, nous allons nous interroger sur le sens des effets émergents et leur contribution à la cohérence du fait musical, afin d'en tirer des conclusions sur la fonction globale de l'émergence dans notre compréhension de l'œuvre. L'approche fonctionnelle de Stéphane Roy nous sera utile afin de définir les effets opérant de manière globale. Cependant et à juste titre, Smalley nous rappelle qu'une « interprétation de la fonction n'est pas nécessairement un processus décisif. L'auditeur, tout comme la structure, s'épanouit en présence d'ambiguïté »³⁹³.

II.1.4. La finalité de l'investigation

L'objectif au cœur de la systémique, définie par Bertalanffy comme une maxime méthodologique, est de fournir « une façon de voir les choses qui autrefois étaient négligées ou contournées »³⁹⁴. Ainsi en définissant l'œuvre musicale en fonction de ses formes, de ses phénomènes et de ses relations émergentes et de leur comportement au sein du fait musical, nous espérons que notre étude apportera une nouvelle optique sur la compréhension musicologique des musiques nouvelles. Nous mettrons certains éléments en lumière qu'une approche conventionnelle de nature réductionniste et analytique aurait laissé dans l'ombre.

³⁹² ROY, *L'analyse des musiques électroacoustiques, modèles et propositions*, op. cit., 2003, p. 135.

³⁹³ Smalley dans EMMERSON (éd.), *The Language of electroacoustic music*, op. cit., 1986, p. 80, "interpretation of function is not necessarily a decisive process. Listeners and structures thrive on ambiguities", notre traduction.

³⁹⁴ VON BERTALANFFY, « The History and Status of General Systems Theory », art. cit., 1972, p. 424, "a way of seeing things which were previously overlooked or bypassed, and in this sense is a methodological maxim", notre traduction.

David Burrows a remarqué que « l'analyse traditionnelle ne traite pas la musique comme un art d'interprétation qui se déploie dans l'instant présent. Au contraire, elle suppose une perspective synoptique qui est relative au contenu d'un morceau »³⁹⁵. L'expérience musicale n'a lieu que dans l'esprit humain et de ce fait est de nature subjective et instable. Selon Burrows, son analyse ne peut prendre qu'une forme dialectique entre l'aspect objectif du phénomène acoustique et « le témoignage subjectif propre à l'analyste, c'est-à-dire, une synthèse progressive de la musique à partir des sons »³⁹⁶.

Dans cette perspective, une approche systémique ne vise pas à approfondir en détail, mais plutôt à comprendre le sens global de l'œuvre en fonction de la durée. Les traits morphologiques susceptibles d'être perçus par l'auditeur en temps-réel sont des traits qui selon Roy « permettent d'éclairer en quoi réside, du point de vue de la morphologie sonore, le fonctionnement causal d'une œuvre, ainsi que les rapports d'instabilité comme les équivalences entre les unités esthétiques d'une œuvre »³⁹⁷. La contribution des effets émergents à la formation des hypothèses de l'œuvre nous éclairera sur les règles à l'intérieur desquelles la forme esthétique musicale évolue. Notre méthodologie, non seulement va permettre de dégager les mécanismes d'émergence dans l'œuvre, mais, de plus, elle s'attache au développement d'une compétence spécifique sur les langages musicaux inspirés par le fait technologique. Dans ce contexte, nous verrons combien la musique de Gérard Pape apparaît paradigmatique.

³⁹⁵ BURROWS, « A Dynamical Systems Perspective on Music », *art. cit.*, 1997, p. 538, "Traditional analysis does not treat music as an art of performance that unfolds in the now. Instead it assumes a synoptic perspective relative to the content of a "piece"", notre traduction.

³⁹⁶ Ibid. "The analysis of such an object could only take the form of a dialogue between an objective account of acoustical phenomena and a subjective account of the analyst's own ongoing synthesis of the piece from the sounds".

³⁹⁷ ROY, *L'analyse des musiques électroacoustiques, modèles et propositions, op. cit.*, 2003, p. 60 à 61.

II.2. L'*output* I : l'effet des formes

Se concentrer sur le son implique que l'on se détourne des divers champs du monde que nous interprétons comme stables et repérables en se tournant plutôt vers le mouvement pur et le temps.³⁹⁸

David Burrows

L'objectif de notre investigation de l'*output* est de discerner l'essentiel de l'effet de l'œuvre *Harmonies of Time and Timbre* et de le décrire le plus précisément possible par rapport à nos trois axes d'investigation : les formes, les phénomènes et les relations. Il est fort possible qu'une connaissance préalable de la partition, c'est-à-dire l'aspect immanent de l'œuvre, puisse opérer une certaine distorsion sur l'effet musical. Par conséquent, nous choisissons de commencer par l'aspect transcendant de l'œuvre en partant du dépistage des effets perçus au moment de la réception de l'œuvre. Nous choisirons plus particulièrement de partir de l'écoute idéale, celle qui se fait en temps réel et dans les conditions pour lesquelles l'œuvre a été conçue : le concert.

Ensuite, nous poursuivrons notre investigation de l'*output* par de multiples reprises d'écoute d'un enregistrement multicanal, en écoutant toujours du début à la fin, sans découper l'expérience d'observation en petits segments isolés. Ainsi, les éléments de l'œuvre seront appréhendés en respectant le processus d'accumulation et de rétroaction et le contexte global de l'œuvre en tant qu'événement temporel irréversible et irréductible ; à savoir dans les conditions qui vont permettre de percevoir d'éventuels effets émergents.

Dans un premier temps, nos objectifs principaux seront de déterminer la macroforme et ses caractéristiques globales. Cette perspective sur l'œuvre, ici considérée comme lieu de transformation globale, vise à faire ressortir le « mouvement architectural à grande échelle » et l'émergence de hiérarchies de structures ou de groupements d'événements locaux. Nous décrirons ensuite la morphologie et les caractéristiques des matériaux sonores principaux de la mésoforme pour comprendre leur effet au sein de la structure globale.

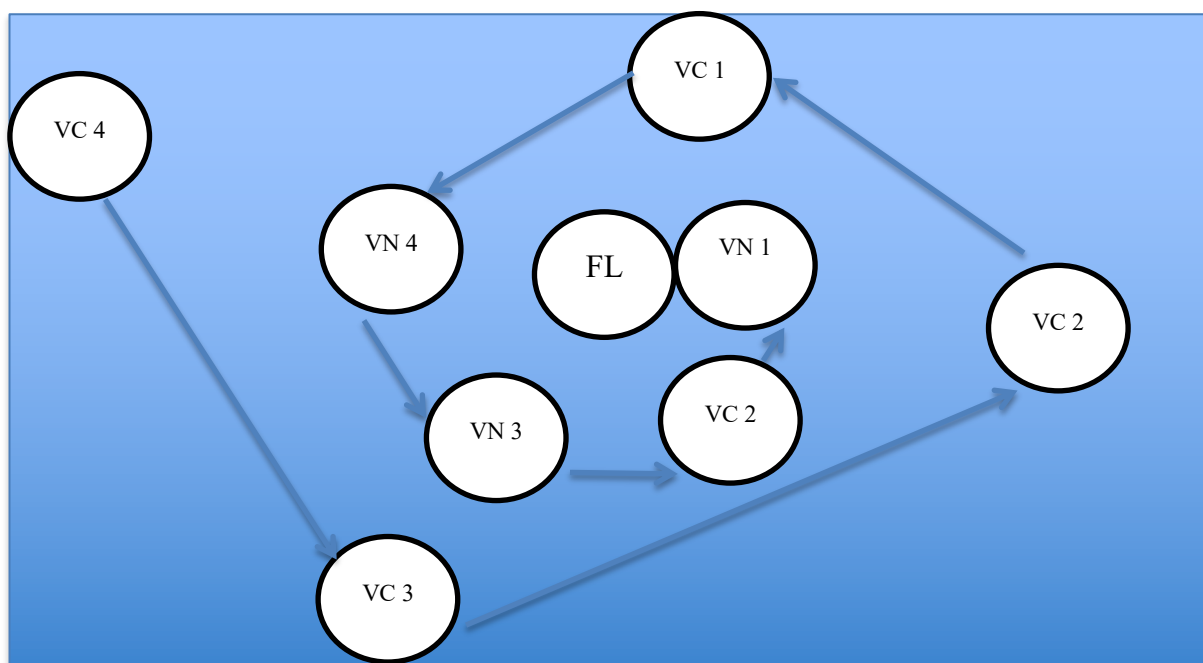
³⁹⁸ BURROWS, « A Dynamical Systems Perspective on Music », *art. cit.*, 1997, p. 533, "Concentrating on sound involves a turning away from the range of the world we interpret as stable and locatable, and a turning toward pure movement and time", notre traduction.

II.2.1. Présentation de l'œuvre

Gérard Pape a écrit, entre 2010 et 2012, *Harmonies of Time and Timbre* pour flûte, 4 violons, 4 violoncelles et dispositif électronique. Cette œuvre peut être considérée comme le point culminant de l'évolution de sa pensée harmonique. Un enregistrement est publié par Mode Records en 2016 avec le soliste Erik Drescher (MODE 279, Gérard Pape, Harmonies). Avant la présentation de son œuvre en concert au Théâtre Le Ring à Toulouse le 24 juillet 2016, Gérard Pape a expliqué qu'il « voulait trouver une alternative à l'harmonie tonale » en explorant les relations harmoniques « à l'intérieur du son » et en particulier dans les relations entre « la hauteur, la durée et la pulsation » au sein même du son, afin que « chaque son respire avec une vitesse et un vibrato interne »³⁹⁹.

Cette œuvre, selon Pape, est un voyage dans l'espace et le temps. Il décrit le rôle de la flûte dans l'ensemble des cordes ainsi : « Le soliste est un voyageur qui essaye d'aller au-delà des frontières espace-temps, de dépasser les limites du son et de son propre corps ». Déjà, avant même que l'œuvre commence, la mise en scène trace une forme saisissante sur le plan visuel : un podium au centre de la salle, une large spirale dessinée par huit haut-parleurs montés autour de ce podium, au centre de laquelle se trouve la flûtiste (ici Olga Krashenko). Ainsi placée, elle est élevée au-dessus des spectateurs et entourée par les haut-parleurs.

Plan de la mise en scène



³⁹⁹ Dans l'introduction au concert par Gérard Pape, Festival Déviation au Théâtre Le Ring, Toulouse, dimanche 24 juillet 2016 : *Harmonies of Time and Timbre*, Interprétée par Olga Krashenko (flûte) Gérard Pape (diffusion sonore), Stefan Tiedje (mise en lumière).

Les violons et violoncelles ne sont pas physiquement présents sur la scène mais incarnés par les haut-parleurs – leurs parties ont été préenregistrées. Les quatre haut-parleurs placés en contrebas (les violoncelles) sont tournés vers l'intérieur tandis que les quatre supérieurs (les violons) sont tournés vers l'extérieur. La flûte est amplifiée par un haut-parleur central afin d'être sur le même plan électroacoustique que les cordes. En retrait, et contrôlant cet espace, Gérard Pape dirige le dispositif électroacoustique permettant la diffusion de l'ensemble.

Cette image symbolique est reprise sur le plan musical ; l'œuvre déferle en images sonores où la présence de la flûte s'érige au sommet et au centre dans une célébration de l'interprète *vivant* et de sa *respiration*. Les limites entre le réel, celui de la chair humaine et les voix désincarnées virtuelles émanant des haut-parleurs, sont à la fois construites et déconstruites dans un jeu constant entre des limites physiques de l'interprète et les limites imposées techniquement par l'espace physique, acoustique et virtuel. Au cours des soixante minutes de l'œuvre *Harmonies of Time and Timbre*, ces limites sont continuellement remises en question, repoussées, effondrées et puis reconstituées dans un renouvellement de processus complexes et cumulatifs.

II.2.2. La macroforme : une perspective globale

Le plan général de l'œuvre défini par les ruptures et les contrastes

Unité principale	Rupture	Contraste
Phase I 0 – 9m10s	Diminuendo vers silence Retrait du soliste	Opposition d'attaques
Interlude I 9m10s	Dissipation des délais Silence bref	Crescendo du silence Effets de spatialisation, diffusion EA
Phase II 13m45s	Retrait du soliste Crescendo vers rupture abrupte	Reprise par flûtiste Son recentré Retour au son direct
Interlude II 32m17	Contraste de timbres, arrêt abrupt de l'état actuel.	Abrupt changement vers l'extrême grave Changement de texture : épaisse et ondulante
Phase III 38m28 à 60m	Évaporation vers les hauteurs Rupture violente Évacuation subite par le vide	Apparaît de l'intérieur de l'Interlude II Glissandi Changements de registre Flûte polyphonie (vocalises glissandi)

L'identification des marqueurs d'événements particuliers qui définissent les frontières de la macroforme est facilitée par l'alternance qui fait contraster le soliste avec les huit cordes aux haut-parleurs et le dispositif électroacoustique seul. Cinq parties sont mises en valeur par ce jeu d'alternance. Deux interludes de son purement électroacoustique viennent s'intercaler entre les parties plus conséquentes des cordes, en interaction avec le soliste, que nous appelons Phase I, II et III. Le contraste entre la situation « *live* » du soliste avec ces huit cordes virtuelles et celle du dispositif électroacoustique est souligné par la projection sonore et les traitements d'effets tels que le délai et la réverbération. Ils vont altérer la perception du matériau électroacoustique d'une façon très différente de celle d'une simple projection des cordes enregistrées. Cette rupture au niveau de l'instrumentation devient un marqueur fort pour l'articulation des composants principaux de l'œuvre.

Cependant, les parties principales sont également définies par des indices cognitifs tels que les silences, les changements abrupts du matériau musical ou des caractéristiques sonores, ainsi que les changements d'état ou de la progression harmonique sous-jacente. Les frontières entre les composants principaux de l'œuvre sont renforcées par des changements simultanés portant sur plusieurs caractéristiques de la surface musicale : registre, timbre, hauteur, texture, espace, structure harmonique, comportement etc.

Le début de l'œuvre semble émerger du néant par un léger frottement dans les graves : l'air est finement perturbé et cette perturbation, en s'accumulant, s'intensifie jusqu'à l'entrée éclatante de la flûte. Le début est remarquable par cette mise en opposition des extrêmes

d'attaque : un transitoire d'attaque qui s'étire en croissance délicate et un autre qui se manifeste de façon subite et intense et qui ressemble plutôt à une déflagration d'énergie.

La fin de la Phase I est marquée par un petit silence et un changement dans la qualité perceptuelle des instruments à cordes. Le retrait du soliste est ponctué par l'introduction des effets de délai, de réverbération et de granulation qui diffusent et délocalisent les sonorités des instruments. Ainsi le timbre et la spatialisation des huit instruments à cordes « solistes » sont modifiés de façon abrupte. Les longues notes fixes de l'ouverture cèdent à des itérations diffuses, éparpillées dans l'espace. Le souffle de la flûte semble rebondir autour de l'espace, souligné aussi par la multiplication des voix. La courbe d'intensité de cette rupture nous emmène clairement d'une phase de fermeture (diminuendo vers le silence) à une phase de recommencement (crescendo du silence). L'interlude est conclu par la dissipation des délais réverbérés et un silence bref.

La reprise par la flûtiste dénote un changement de plan spatial : le son est relocalisé au centre, les échos lointains coupés par un retour au son direct, un retour à l'instant présent. Les mouvements linéaires de cette deuxième phase restent insistants pendant presque vingt minutes et c'est donc l'abrupt changement de registre vers l'extrême grave ainsi qu'un changement radical de texture qui signalent le début du deuxième interlude. Les couches de lignes clairement articulées laissent place à une nouvelle sonorité, une texture épaisse et ondulante : un grondement venant des profondeurs.

La Phase III apparaît comme venant de l'intérieur de l'interlude : les glissandi émergent de la texture et dessinent des mouvements de registres fluides en même temps qu'un brusque changement de rythme. La flûte s'impose de façon énergétique et surprenante : l'interprète introduit des glissandi en polyphonie, grâce à l'addition simultanée d'un dispositif télescopique⁴⁰⁰ et de sonorités vocales. Le mouvement vertical imposé par les glissandi se distingue de façon radicale après un très long moment de retenue dans les profondeurs harmoniques.

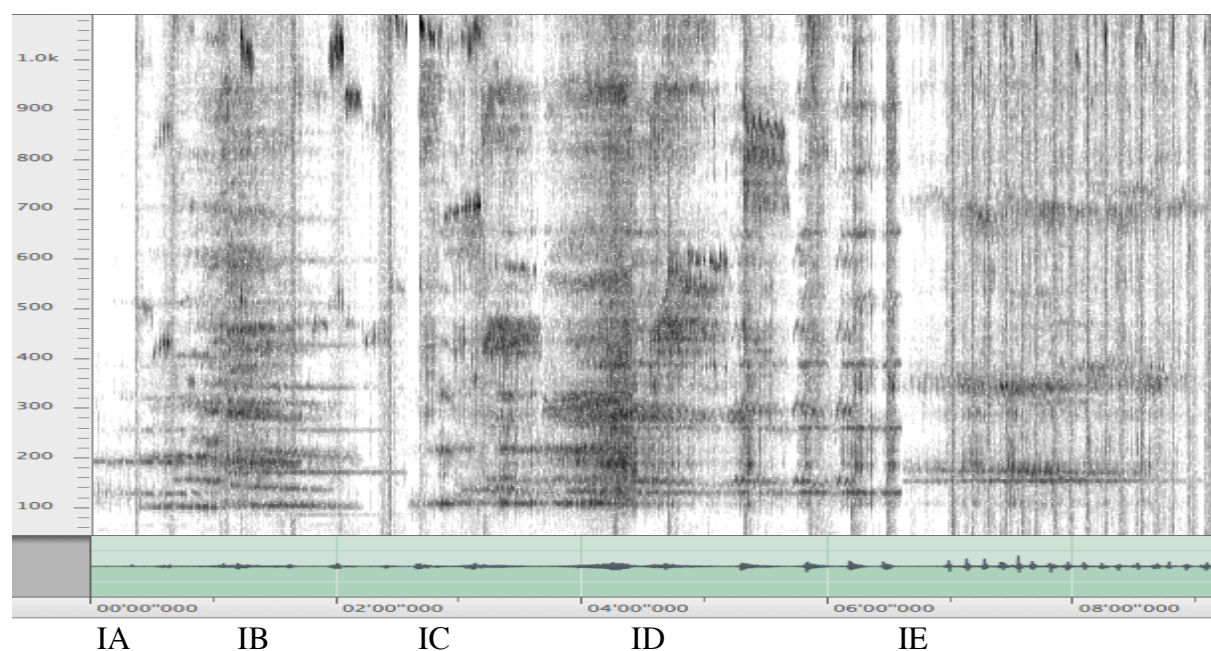
La fin de l'œuvre est clairement définie par son processus d'expansion vers l'infini. Tous les indices pointent notre attention vers l'hypothèse d'une fin qui s'évapore petit à petit vers les hauteurs : mais au dernier instant, une rupture violente semble déchirer l'espace : le son s'évacue subitement par le vide.

⁴⁰⁰ Afin d'ouvrir la possibilité d'un continuum fréquentiel à la flûte, les limites techniques sont franchies par l'addition d'un dispositif de tête télescopique. Ce mécanisme, le « glissando head-joint » inventé par Robert Dick, permet au flûtiste de produire de véritables glissandi.

II.2.2.1. *Caractérisation des macro-unités*

Les caractéristiques et la morphologie des principales unités de l'œuvre sont considérées selon les objectifs de l'analyse esthético-cognitive⁴⁰¹ : l'évaluation générale du caractère du matériau sonore, de son comportement et de sa cohérence au niveau des paramètres sonores. L'écoute figurative de Delalande nous a fourni l'outil essentiel pour caractériser les unités : la métaphore. Nous reviendrons sur ces métaphores dans le prochain chapitre – elles nous serviront également à dépister les effets phénoménaux ou relationnels.

Phase I : Genèse



Phase I : Blocs successifs de strates harmoniques.

Des blocs successifs s'érigent de bas en haut et deviennent de plus en plus persistants, mais avec plus d'instabilité : ils sont à la fois stables (les harmonies sont statiques) et instables (les pulsations internes et les timbres de chaque hauteur interne sont en interaction complexe et chaotique). L'intensité monte et descend comme des vagues dans un mouvement lent et progressivement plus long. Les sonorités des cordes semblent arriver vers nous depuis le lointain et puis repartir comme la marée qui se retire. Le son le plus grave se comporte comme un point d'ancrage, une pédale qui maintient la stabilité de chaque structure harmonique.

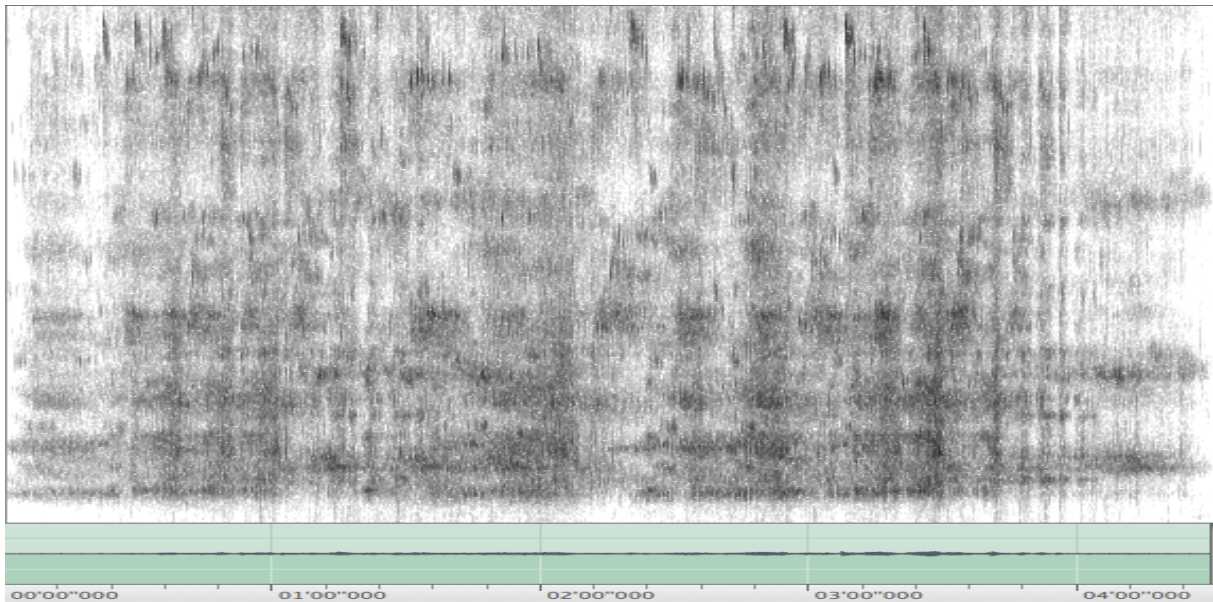
La pédale du violoncelle donne l'impression de toujours tendre vers le haut, d'être orientée vers l'avant. Les vagues montent sans cesse comme si elles essayaient

⁴⁰¹ Giacomo et Ligabue

d'atteindre quelque chose qui les dépassait, de vouloir atteindre la flûte. Les sonorités des cordes oscillent entre des sons extrêmement abrasifs et des sons plus éthérés dans un mouvement de va et vient comme les doux mouvements d'un bateau qui vogue sur l'océan. La mélodie de la flûte semble s'élever dans les airs, errant de lieu en lieu, tout comme notre attention pendant l'écoute, cherchant un point de repos. Elle se pose un instant et, vite, tourbillonne vers une autre destination.

La flûte s'impose dans un jeu de pouvoir qui se dresse entre la mélodie (aussi extrêmement lente et longue) et les sonorités harmoniques. Chaque nouvelle harmonie semble représenter un nouveau défi pour le flûtiste, une nouvelle structure dans un labyrinthe dont il doit trouver la sortie. La mélodie est cohérente dans sa trajectoire décisive mais elle a aussi un caractère incertain : elle semble tâtonner dans le noir en essayant de trouver son chemin dans ce labyrinthe de relations complexes. A la fin de cette première partie, elle réussit à sortir indemne. Finalement, elle devient le point de repère (avec sa note tenue et répétée), symbole de la lumière au fond du tunnel. Elle se détache du fond et ainsi sa nouvelle stabilité confère un certain sens de calme résolution ou de petite victoire.

Interlude I



Interlude I : Texture très diffuse et bruiteuse, plus homogène, trajet harmonique égal à la première partie.

Les relations statiques de la Phase I cèdent à des tourbillons de mouvements éparpillés et une impression du temps accéléré. Comme des bouffées de fumée, les harmonies semblent s'accumuler en lointains souvenirs. Les sonorités de l'interlude, plus diffuses et multipliées en une multitude de fragments furtifs et éphémères, donnent l'impression d'un déjà-vu (ou

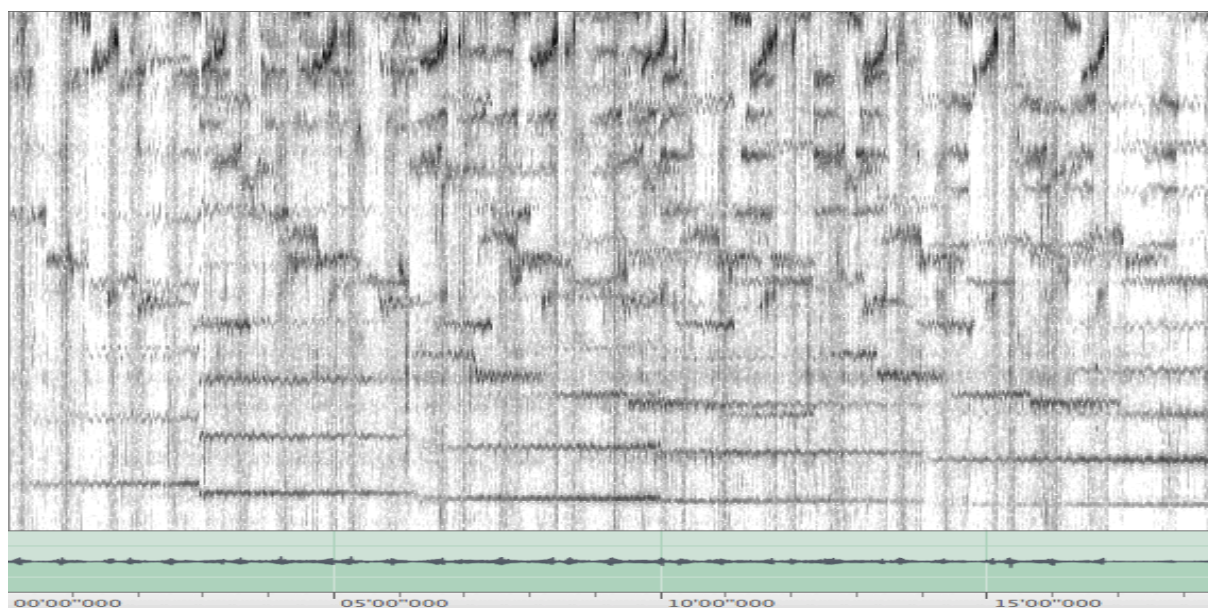
entendu dans ce cas). Le timbre des cordes prend une toute nouvelle qualité : les frottements abrasifs cèdent aux sons plus aérés et granuleux, les lignes tenues aux bourrasques violentes formées par une masse de points lancés en mouvement chaotique dans l'espace.

Des relations linéaires perçues au début de l'œuvre dans les couches clairement stratifiées entrent ici en contraste avec des textures nébuleuses faites de fins mouvements rapides et angulaires, de bouillonnements internes et de bouffées d'air. Les sonorités de la flûte sont fractionnées comme un miroir qui se brise en éclats, transformées par les effets de délai et de réverbération. Ainsi généralisées dans l'espace, elles sont prises dans des poursuites vaporeuses et se déplacent à des vitesses variables, changeant rapidement de direction et disparaissant aussitôt, telles de minuscules êtres fantomatiques.

La frontière entre les sonorités de la flûte et des cordes est effacée : l'hétérogénéité des timbres des instruments réels donne place à un son divisé en mille morceaux, mais globalement plus homogène. Les couleurs et les articulations estompées, le conflit ici est plutôt de l'ordre d'une mise en opposition à travers l'espace horizontal, en contraste avec la forte verticalité affirmée par les structures harmoniques du début.

Malgré l'impression d'être dépassé par le chaos des forces de la nature, l'Interlude I semble nous tenir sur place, comme pris par un rêve qu'on a déjà fait auparavant, qui nous est familier. Son flux semble infiltrer l'espace comme une brume vaporeuse qui se forme en envahissant progressivement l'espace où elle se transforme en fumée de champ de bataille avant de se résorber et de repartir d'où elle est venue en un déclin subtil.

Phase II : Conflit



Phase II : les couches isorythmiques en descente circulaire sur un ténor de cinq notes tenues.

La Phase II se dessine tout en longueur comme un long voyage ou une mission fastidieuse à accomplir. Elle se déploie en mouvements cycliques, comme un rite ancien ou une danse astrale - la flûte toujours au centre, image d'un roi soleil autour duquel tourne lentement ses sujets. La flûte semble prise dans une boucle de lutte interne. Elle peine à prendre de la force et tourne sur elle-même dans un processus continu de contraction et d'expansion quasi douloureux. Son effort dégage des vagues d'intensité, des tensions qui montent et puis lentement déclinent.

La ligne de basse se détache loin au-dessus de la texture. Elle tient des très longues notes de pédale, des points de référence comme une boussole qui maintient la stabilité et dirige la progression globale. Son vibrato large et lent sert à renforcer sa position tout en la déstabilisant en même temps. Image d'un satellite lointain, elle semble bien loin de l'ensemble des autres instruments qui tournent dans un grand mouvement céleste.

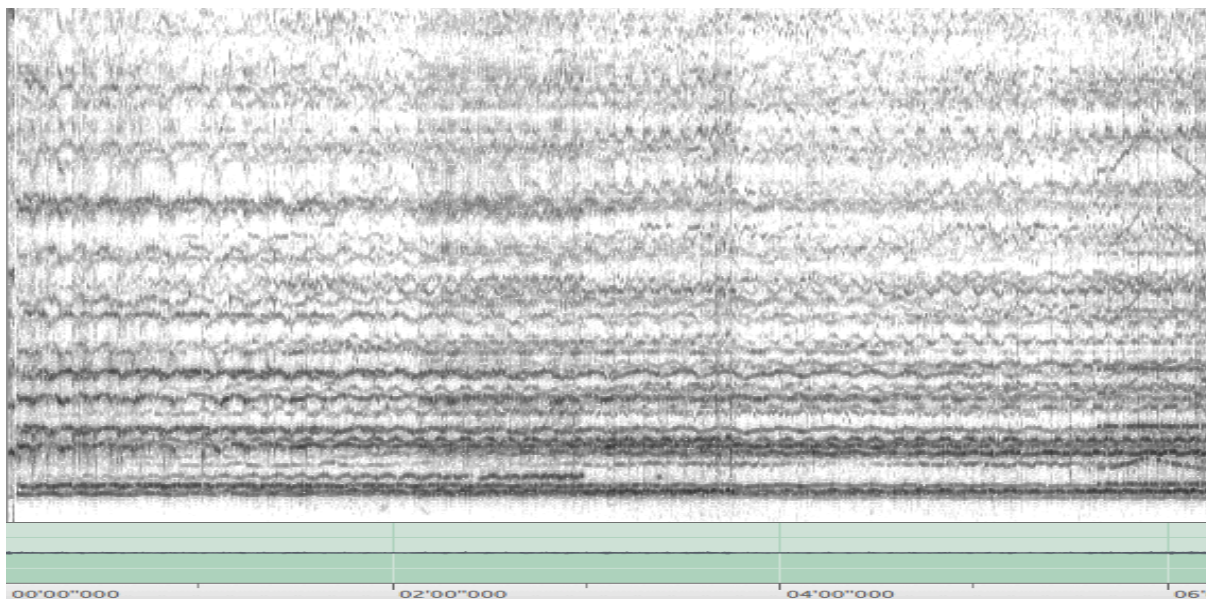
Le décalage entre les mouvements lents et ondulatoires des voix graves est mis en contraste avec l'activité plus énergétique des violons. L'attention est tirée sans cesse d'un intervalle à un autre dans une descente interminable qui évoque la spirale infernale de Dante. On semble tourner en boucle sur le même terrain mais le paysage se modifie constamment. Alors que les strates se superposent les unes sur les autres, on assiste à une ouverture vers les aigus comme l'expansion d'une grande inspiration, puis les voix intérieures se retirent progressivement, ne laissant que les deux voix extrêmes suspendues dans l'espace.

La continuité du processus des boucles de longueurs différentes et en décalage évoque les grands motets isorythmiques médiévaux, ou, à notre époque, le célèbre *Cantus in memoriam Benjamin Britten* d'Arvo Pärt.

Interlude II

La longue descente de la deuxième phase aboutit dans les profondeurs de cet interlude. Les lignes superposées s'effondrent dans une immense masse grave, épaisse et indistincte. De riches bourdonnements résonnants déferlent et se frottent autour de l'espace dans un mouvement ondulatoire et frissonnant. De grosses vagues déferlent dans l'espace et semblent couvrir le sol, rampant et ondulant comme une énorme bête mythique venue des profondeurs.

Elle respire avec une multitude de poumons : une masse compacte faite de lentes contractions et d'inhalations, d'épaisses vagues superposées et décalées. Ensemble leur mouvement est chaotique et hypnotisant : des battements vrombissants se fusionnent et semblent s'étaler dans un mouvement élastique qui s'ouvre continuellement vers l'extérieur. Au-dessus, les sonorités plus aiguës des violons apparaissent, suspendues dans les airs comme une fine couche de nuages.



Interlude II : Conflit de stabilité et d'instabilité, mouvement interne complexe, chevauchement de la texture.

L'aspect électroacoustique des sonorités est enrichi par les effets de délai et de réverbération mais cette présence solide, tactile et immense fait un contraste radical avec le premier interlude. Néanmoins, cela nous évoque l'impression d'un son venu d'un autre monde, de l'autre côté du voile, ou du rêve. Alors que le premier interlude est vaporeux et s'ouvre dans l'espace vertical, le deuxième, lui au contraire, s'étire en profondeur sur le plan horizontal et vient déferler sur le public, avec toute sa densité et sa sombre présence dans les graves. A ce moment, entraîné dans un temps suspendu, le long glissando du violoncelle montant des graves nous apparaît comme une corde de secours et semble nous tirer du vide.

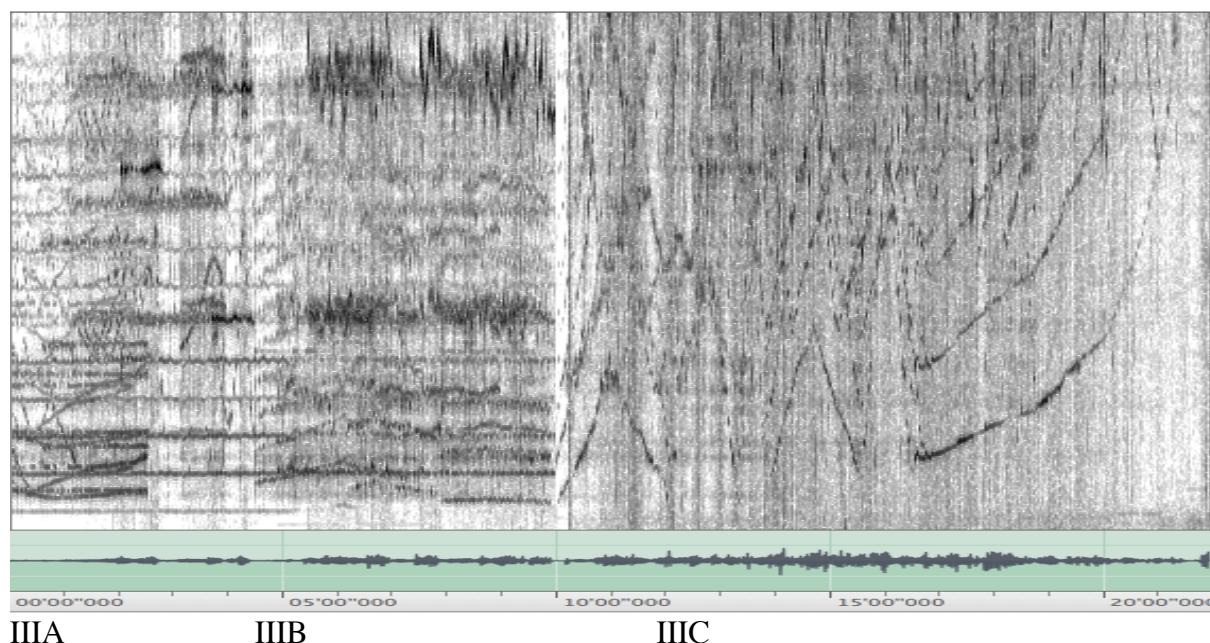
Phase III : Chaos

La dernière phase se déploie en trois états différents articulés par des ruptures. D'abord, un échange discursif entre la flûte et les cordes avec le son saisissant des glissandi polyphoniques de la flûte, puis une suite faite de gestes itératifs caractérisés par des crachements violents de flûte et des grésillements articulés par les cordes. Finalement, une partie plus longue conclut l'œuvre avec des longs zigzags de glissandi qui semblent décoller du sol et transpercer le plafond.

L'évolution des comportements des instruments au sein de la Phase III suggère une interprétation figurative. Au début, la flûte semble tirer sur des liens stables qui la tiennent en place au centre. Virevoltant vigoureusement, elle semble vouloir exprimer quelque chose et cette suggestion figurative est encore exagérée par l'addition des vocalises. Son comportement suggère qu'elle est contrainte, prisonnière, qu'elle veut briser ses liens et

s'envoler. A la fin de son discours, elle descend progressivement en spirale à la rencontre des violons. L'union des sonorités des violons et des vocalises de la flûte n'est rien moins qu'hypnotique.

Puis, tous les instruments semblent se mettre d'accord (ils répètent tous les mêmes gestes itératifs ensemble). La couleur de la flûte contraste vivement ici avec les timbres métalliques et crissants des cordes. Ensuite, le piccolo prend le relai et ensemble, avec des gestes de glissando de plus en plus hauts, ils semblent se heurter à leurs propres limites en cherchant à franchir les limites physiques de la salle. Ce processus continue sans relâche jusqu'à l'évasion et la liberté ultime.



Phase III : mouvements harmoniques complexes et chaotiques, bifurcation importante à IIIC vers de grands zigzags et une liberté de mouvement sur le plan vertical : ascension générale vers la fin.

L'excitation des résonances de la salle renforce l'impression que le son grimpe verticalement, non seulement sur le plan fréquentiel, mais aussi par son comportement acoustique dans l'espace physique. Au cours de la troisième partie, on assiste à une transformation du timbre obscur de l'interlude qui précède, jusqu'au pur éclat des sonorités perçantes et aériennes du piccolo.

Le mouvement interne (de chaque son) et externe (entre les couches de son et entre leurs points localisés dans l'espace) est caractérisé par son aspect chaotique. Les sonorités remplissent l'espace en d'épaisses couches de surfaces superposées qui paraissent trembler et onduler dans tous les sens. Ces mouvements créent la sensation de mouvements verticaux par la superposition de leur interaction.

On assiste à une action simultanée de fusion et de fission sonore – les cordes convergent dans un flux sinueux tandis que la flûte intervient avec ses irrptions d’attaques violentes. Ensuite le piccolo traverse les flux du haut vers le bas, dans un effort pour rompre le tissu. La séparation des lignes provoque l’impression que les hauteurs descendent en même temps que les profondeurs montent. Elles se croisent dans un mouvement toujours en opposition interne, dans une trajectoire globale commune.

Les fils des mouvements verticaux tracent de longs zigzags et, ensemble, font apparaître une toile complexe en trois dimensions qui semble s’orienter en un mouvement spiral ascendant, tout en continuant à effectuer des processus d’expansion et de contraction sur l’axe vertical. Ensemble, ils forment un grand entonnoir sonore qui se tend vers le ciel, prenant son élan dans les profondeurs. Chaque vague d’énergie qui le traverse monte en crescendo, puis se calme momentanément avant de reprendre avec force un trajet commun vers les hauteurs. Les violoncelles parcourent tout leur registre en passant d’un extrême à l’autre.

Le temps semble s’étirer de plus en plus, tourner en rond avec chaque relance d’énergie vécue comme une boucle temporelle dans laquelle on remarque encore plus de détails à chaque répétition. Les durées de chaque reprise dans cette grande boucle respiratoire semblent élastiques : leur horloge est brisée et la flèche du temps paraît fluctuer à la David Lynch. Le niveau d’énergie est statique, il n’y a plus de progression temporelle.

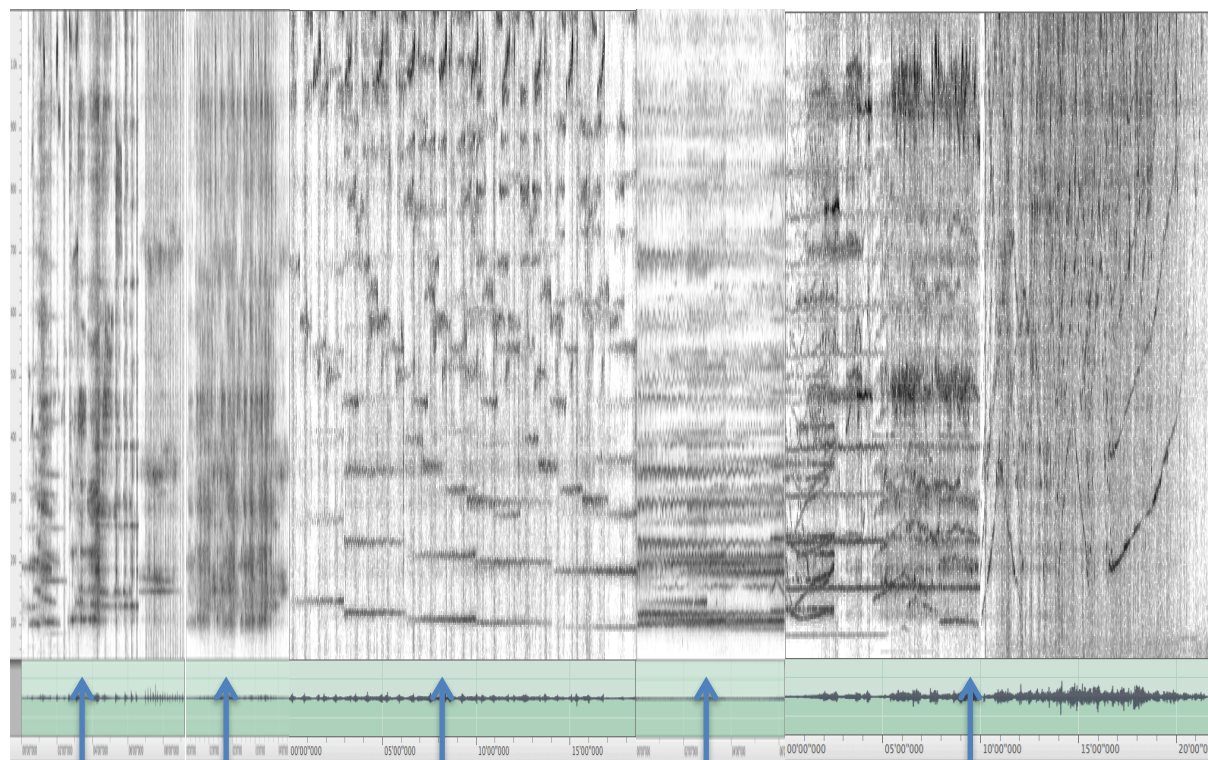
La masse sinieuse du son exerce une pression contre le sol pour s’élever en une traction verticale. A chaque relance sa base s’élargit et en même temps cherche à pousser les murs. Chaque boucle semble à la fois monter et rester sur place – pareille à une illusion de Shepard qui monte infiniment vers un point qui ne sera jamais atteint.

Les cordes gazouillent avec de plus en plus d’éclat mais sont peu à peu englouties par la poussée de l’air émanant du piccolo – une bulle qui devient si large et si pleine qu’elle fusionne avec le flux sonore en le dévorant. On constate un mouvement général vers une pureté sonore, une lumière aveuglante soutenue par les aigus stridents du piccolo, une brisure étincelante aux plus hauts sommets des aigus.

L’énergie est sur le déclin, mais au dernier moment, s’éclipse l’inévitable hypothèse de l’auditeur que le son va se dissiper en silence vers le zénith. Tout d’un coup, un choc violent surgit et dans un éclat de lumière brillante, le son semble se briser au plafond. Le silence qui suit est presque bouleversant : il n’y a pas de relâchement, juste l’évasion d’une inspiration qui ne trouvera jamais son répit.

II.2.2.2. Résumé de la forme globale

Phase I	Interlude I	Phase II	Interlude II	Phase III
9m10	4m35	18m33	6m11	21m32



Texture
verticale
Mouvement
ascendant

Texture
diffuse
Répétition
en accéléré

Texture verticale
et horizontale en
isorythmie
Mouvement
descendant

Texture dense
et focalisée
Registre
grave

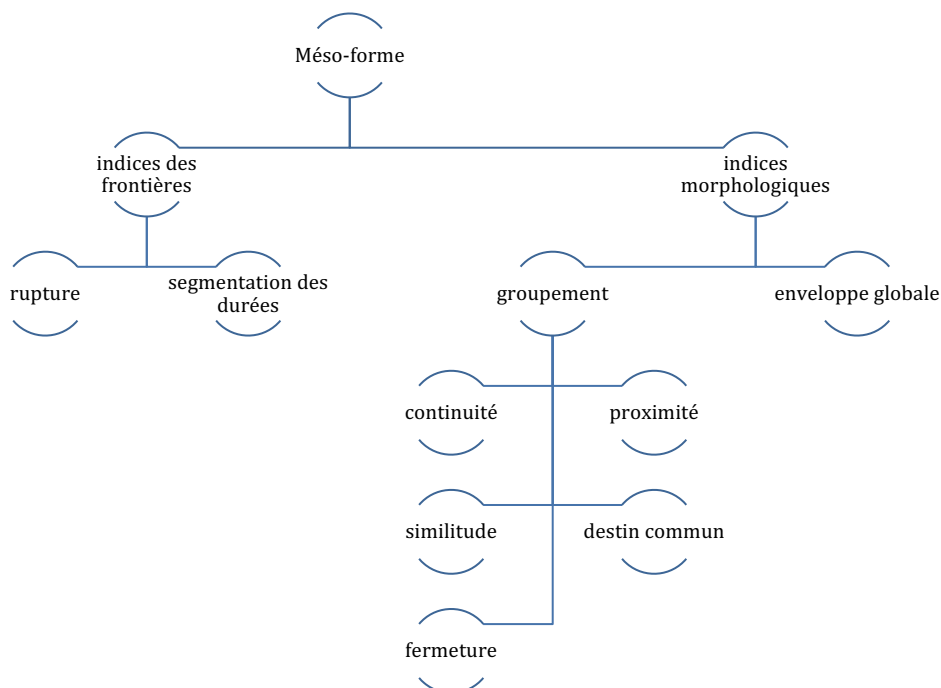
Texture hétérophonique
puis chaotique
Expansion vers
l'extérieur et mouvement
ascendant

II.2.3. La mésoforme : une perspective locale

Dans le *Traité des objets musicaux*, Schaeffer a le projet d'aborder l'organisation musicale par ses matériaux de base en partant du bas, au micro-niveau de l'objet. En inversant cette approche par une vue partant du haut de la structure musicale, notre étude des mésoformes portera plutôt sur l'effet des groupements locaux, c'est-à-dire les groupements principaux des événements en séquences. Les groupements sont distingués en priorité par la mise en relief d'indices morphologiques qui vont se renforcer par la formation des empreintes pendant l'écoute.

Afin de définir les frontières entre les unités de base qui déterminent la progression musicale, nous allons nous appuyer sur deux mécanismes fondamentaux : d'une part, l'identification d'indices des frontières par segmentation (par une rupture ou une différence) et d'autre part, des indices morphologiques par groupement. Les lois de la *gestalt* fournissent un cadre pour le dépistage des groupements cognitifs. Les indices morphologiques comprennent les critères de continuité, de proximité, de similitude, de destin commun et de fermeture. Nous avons ajouté le critère d'enveloppe d'intensité globale, un facteur unificateur important au sein de la progression musicale.

Investigation de la mésoforme



Nous pouvons ensuite décrire la morphologie et les caractéristiques des matériaux sonores principaux de la mésoforme et comprendre leur effet au sein de la structure globale. La différenciation hiérarchique des unités apparaît grâce à la mise en relation binaire des caractéristiques de geste-texture et de fusion-fission des composants et de leur nature hétérogène ou homogène.

La variabilité dans le temps est décrite par les échelles de qualité qui définissent les continuums de transformation. La forme dynamique est donc décrite par ses propriétés de durée et d'entretien, par le caractère synchrone ou asynchrone des composants et par la figure tracée par la courbe d'intensité. Les archétypes morphologiques de Smalley nous servent comme point de départ pour décrire l'entretien sonore et son rôle dans la progression musicale : attaque-impulsion, attaque ou désinence linéaire, entretien linéaire gradué (*linear graduated continuant*)⁴⁰². Le profil du registre mélodique est décrit en fonction de sa nature continue ou discontinue, stable ou instable, ou statique et la courbe de fréquence selon sa direction générale (ascendant, descendant, divergent, convergent etc.).

La matière sonore des unités est décrite en fonction des caractéristiques du timbre et de la structure harmonique. La nature des courbes de transformation spectrale, le niveau d'unité ou de multiplicité perçu dans son ensemble et le degré de fusion ou de fission du timbre sont des caractéristiques de cohésion des composants de l'unité sonore. Chaque unité suit des transformations sur le continuum entre note et bruit et la transition entre deux états sur le continuum peut être progressive ou créée par une rupture catastrophique. Les profils pulsatifs comprennent les degrés ordonnés, désordonnés ou chaotiques d'interaction pulsatoire et la densité spectrale est soit stable, ou en transition progressive de croissance ou de décroissance.

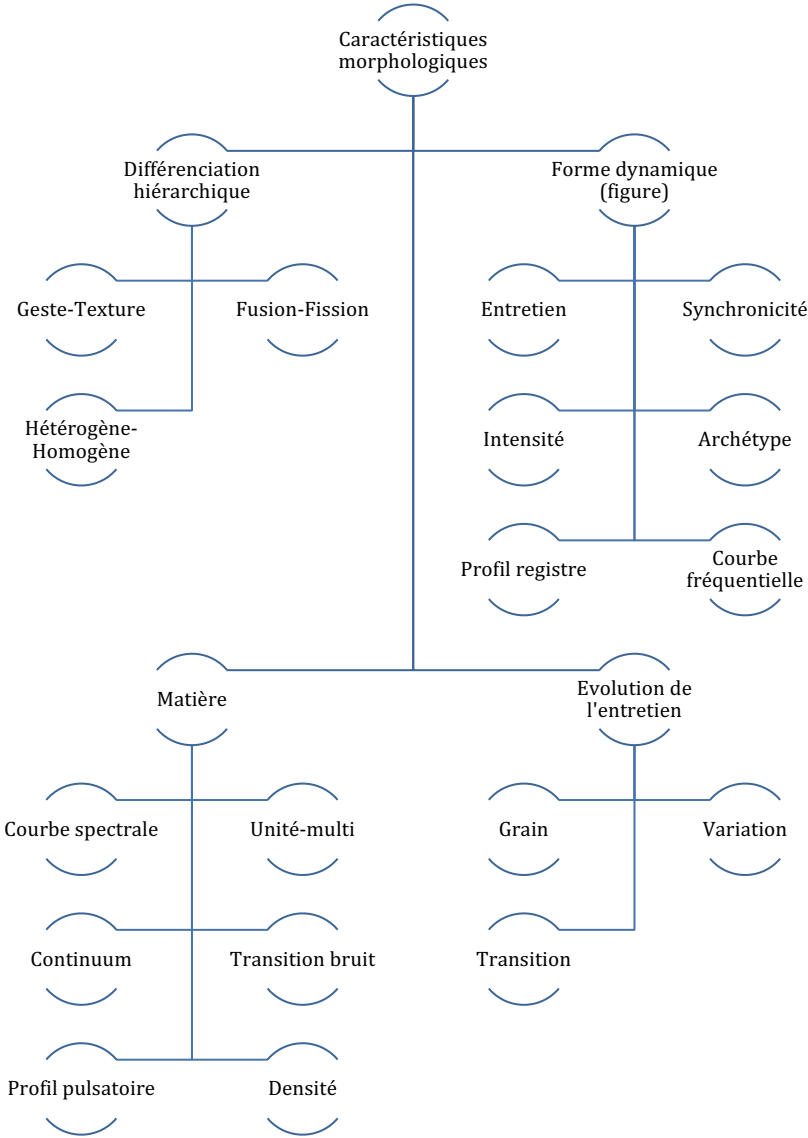
Finalement, on peut décrire l'évolution de l'entretien de manière schaefferienne en décrivant le grain (ou texture) de surface et sa stabilité, la variation périodique de l'intensité, la hauteur ou le spectre lors de son entretien (par tremolo et par vibrato) et la façon donc chacun de ces éléments fait la transition entre les unités différentes (par crescendo, glissando, transformation du timbre etc.). La description du grain sera également importante pour son lien analogique avec le domaine des sensations tactiles et visuelles de texture dans l'étude des effets transmodaux.

Les unités de la mésoforme seront mises en évidence par une série de tableaux qui résument les indices de groupement local et les caractéristiques morphologiques des méso-

⁴⁰² Dans EMMERSON (éd.), *The Language of electroacoustic music, op. cit.*, 1986, p. 70.

unités. Les empreintes formées par de multiples écoutes de l'œuvre en temps réel sont résumées après chaque tableau. On voit émerger, à partir de ces informations, les hiérarchies morphologiques et finalement l'organisation structurelle qui contrôle la forme et la genèse musicale de l'œuvre.

L'organisation des hiérarchies morphologiques



II.2.4. Notre investigation de la mésoforme

Phase I : mésoformes

Groupement	IA	IB	IC	ID	IE
Indices des frontières					
Rupture	Harmonique Registre Timbre	Harmonique Temporelle Densité	Harmonique Registre Temporelle	Harmonique Timbre Vitesse	Harmonique Temporelle Spatiale
Durée	1m06s	1m28s	1m50s	2m12s	2m34s
Indices morphologiques					
Continuité	Harmonique, De la pédale	Harmonique, De la pédale	Harmonique, De la pédale	Harmonique, De la pédale	Harmonique, De la pédale
Proximité	Temporelle	Temporelle	Temporelle	Temporelle	Temporelle
Similitude	Transformation du timbre	Attaques	Intensités	Rythmique	Registre
Destin commun	Croissance	Décroissance	Croissance	Décroissance	Statique
Fermeture	Abrupte	Progressive	Abrupte	Par itérations progressives	Binaire, par divergence
Enveloppe d'intensité globale	Crescendo	Diminuendo	Crescendo	Diminuendo	Crescendo

La texture de base de la Phase I est homophonique : cinq « harmonies », que nous allons nommer « agrégats sonores », sont construits sur une ligne de basse fondamentale, une sorte de *cantus firmus*. Chaque agrégat sonore est articulé différemment. Les cordes se comportent comme une unité liée par déclenchement (un corps vibratoire) – chacun des harmoniques est plus ou moins mise en valeur en émergeant de la texture ou en fusionnant avec le timbre général. La flûte reste toujours à l'écart en hauteur. Au sein de la texture générale, elle se distingue par une différenciation de hauteur, de timbre et de comportement. En même temps elle participe à un jeu de fusion et de fission : au fur et à mesure que la structure harmonique s'érige vers l'aiguë, la flûte est « absorbée » par le timbre qui devient de plus en plus complexe. Puis elle ré-émerge de la texture dans un mouvement de transformation gestuelle qui entretient une opposition geste-texture de nature hétérogène-homogène. L'agrégat IA et IB sont liés par leur mouvement opposé d'ouverture et de fermeture. La flûte dessine une mélodie disjointe, au-dessus des blocs harmoniques des cordes. Le groupement IC est caractérisé par la nature synchrone des violons avec la flûte et leur opposition avec les voix inférieures. Le mouvement mélodique disparaît au service de la sonorité générale.

Caractéristiques des unités : critères morphologiques					
Différenciation hiérarchique					
Geste/texture	G - T - G	G - T - G	G + T, G + G	G + G - T	Multi-niveau gestes
Fusion/fission	Convergent	Divergent	Contrastes fission/fusion	Cyclique convergent	Fission
Hétérogène/homogène	Transformation Hétéro-Homo	Transformation Homo-Hétéro	Hétéro	Transformation hétéro-homo	Hétérogène
Forme dynamique (figure)					
Durée / entretien Flûte : Cordes :	Discontinu continu	Discontinu continu	Discontinu	Discontinu	Discontinu continu
A/synchrone	Asynchrone	Asynchrone	Synchrone	Synchrone	Asynchrone
Courbe d'intensité	Stable <	Stable >	Instable ><><	Itérative 5 x sf>	Flûte <> Cordes —
Archétype Flûte : Cordes :	I> <I GC linéaire <	<I I> GC linéaire >	I> <I I> <I	I> <I I> <I	<I I> C linéaire
Profil registre	Discontinu continu-stable	Discontinu continu-stable	Discontinu discontinu-instable	Discontinu discontinu	Statique statique
Courbe de fréquence Flûte : Cordes :	En X descendant ascendant	Divergente en U descendant	Descendante	Ascendante	Statique
Matière (timbre, structure harmonique)					
Courbe de transformation spectrale	Fl : instable Cds : linéaire	Instable Linéaire	Instable Linéaire	Instable Stable	Instable Stable
Unité Multiplicité Fusion/fission du timbre	Multi - unité complexe	Unité complexe - multi - unité simple	Multi - unité	Multi complexe	Fission dualité
Continuum Note - bruit	Bruit+note Vers cluster	Cluster+bruit Vers note	Note+cluster vers bruit	Bruit - séries harmonique	Note-bruit
Transition du bruit	Ton coloré par bruit	Ton coloré par bruit	Continuum de bruit	Catastrophe	Catastrophe
Profil pulsatif	Ordonné vers chaotique	Chaotique vers ordonné	Chaotique	Chaotique vers ordonné	Ordonné
Densité	Croissante	Décroissante	Transitions lentes	Transitions successives	Stable
Évolution de l'entretien					
Grain de surface (Texture)	Lisse+ aérée vers rugueuse	Rugueuse + aérée vers lisse aéré	Rugueuse Bourdonnement + frottement d'air	Friction + lisse vers métallique (frottement)	Hétérogène
Variation périodique Tremolo Vibrato	Flûte et Vlc. tremolo lent	Multiplés couches de tremolo	Vln. vibrato articulé par tremolo	Vlc. vibrato lent	Variation rythmique de vibrato
Transition	Modulation de tremolo et de vibrato entre chaque unité				

Puis apparaît encore une construction en tuilage au-dessus d'une note tenue, mais cette fois avec plus de développement et d'extension vers les échelons supérieurs de l'agrégat sonore. L'agrégat ID est caractérisé par la répétition des attaques abruptes et un mouvement général vers l'aigu. La dernière harmonie, IE, parcourt les relations internes entre ses composants pendant que la flûte fluctue sur les micro-variations d'une même hauteur.

La forme du flux musical suit des courbes et des figures clairement différenciées qui sont caractérisées par leurs relations rythmiques instables. Les micro-flux sont en transformation continue : leur timbre oscille entre des états locaux différents. L'effet global de lutte renvoie à l'action de fusion et de fission entre les composants. Les caractéristiques de grain sont contrastées par leur champ de résistance : air chez la flûte et frottements d'archet chez les cordes. Cette interaction entre deux modes physiques de résistance fait émerger des rythmes complexes au sein de la sonorité, qui sont soulignés par l'interaction entre des vitesses de pulsation conflictuelles et leurs positions relatives dans l'espace. Chaque unité est donc différenciée par sa couleur, ses transformations et son comportement général.

Interlude I : Mésoformes

Groupement	1
Indices des frontières	
Rupture	Intensité, Spatial, Temporel, Harmonique, Registre
Durée	4m35s
Indices morphologiques	
Continuité	Texture, Caractéristiques comportementales et spatiales
Proximité	Temporelle
Similitude	Mouvement complexe, qualité diffus et granulaire dans l'espace Effet de délai et de réverbération
Destin commun	Croissance et décroissance énergétique
Fermeture	Progressive
Enveloppe d'intensité globale	Crescendo - <i>ff</i> - diminuendo

En termes de forme, l'Interlude I représente une extension, par récapitulation, de la première phase : l'organisation des structures harmoniques et des éléments temporels relatifs est invariante. Par contre, les éléments perceptuels tels que le timbre et les comportements spatiaux et temporels locaux sont modulés : le déroulement temporel est accéléré à une double vitesse. Les matériaux gestuels locaux sont transformés en texture globale par un processus évolutif de diffusion spatiale et de ce fait, de nouveaux éléments locaux apparaissent au niveau de la perception. Les transitions harmoniques des cinq agrégats harmoniques de la

Phase I se voient fusionnées, réunies par la similitude de leur comportement et par leurs nouvelles qualités sonores. Le flux sonore est caractérisé par sa nature instable et les mouvements aléatoires des fragments itérés par l'effet de délai et des transformations dynamiques des courbes d'enveloppe d'intensité.

Ce traitement de délai et de diffusion entre les huit haut-parleurs transforme le timbre initial, qui perd ses qualités agressives de rugosité bruiteuse au profit de bruits plus diffus et « arrondis ». Les sources singulières et fixes de la première phase sont ici multipliées en imitation sous l'effet de délai et éparpillées autour des huit haut-parleurs dans un processus de délocalisation spatiale. Ainsi, une seule forme musicale émerge du flux sonore, à la fois geste et texture, perçue comme une accumulation rétroactive générée par la partie précédente.

Caractéristiques des unités : critères morphologiques	
Différenciation hiérarchique	
Geste/texture	Texture
Fusion/fission	Fission complexe
Hétérogène/homogène	Hétérogène
Forme dynamique (figure)	
Durée / entretien	Discontinue
A/synchrone	Asynchrone
Courbe d'intensité	Instable
Archétype	Attaque > < + < >
Profil registre	Discontinu, instable
Courbe de fréquence	Aléatoire
Matière (timbre, structure harmonique)	
Courbe de transformation spectrale	Non linéaire
Unité Multiplicité Fusion/fission du timbre	Multi complexe
Continuum Note - bruit	Aléatoire
Transition du bruit	Non linéaire
Profil pulsatif	Chaotique
Densité	Instable - chaotique
Évolution de l'entretien	
Grain de surface (Texture)	Lisse+ aéré Vers rugueux Rugueux + aéré vers lisse aéré Rugueux Bourdonnement + frottement d'air Friction + lisse vers métallique (frottement) Hétérogène
Variation périodique	Accentuée et complexifiée par les couches de délai et la mobilité spatiale
Transition	Modulation spatiale, du timbre, des intensités Par délai et par réverbération granulaire

Phase II : Mésoformes

Groupement Temporel	IIA		IIB		IIC		IID		IIE	
Rupture	Pédale		Pédale		Pédale		Pédale		Pédale	
Durée	2m56s		3m21s		3m43s		4m01s		4m29s	
Groupement Spatial	Indices des frontières et indices morphologiques									
1	mélod.	répét.	répét.	répét.	répét.	répét.	répét.	répét.	répét.	répét.
	Continuité : mélodique, proximité : hauteur, similitude : rythmique, Destin commun : cyclique, fermeture : courbe mélodique									
2	Harmonique		Harmonique		Harmonique		Harmonique		Harmonique	
3	Courbe mélodique / répétition Décalage en contrepoint à 3 voix									
4	Pédale		Pédale		Pédale		Pédale		Pédale	
Indices morphologiques (groupes 1 + 3)										
Continuité	Harmonique, De la pédale		Harmonique, De la pédale		Harmonique, De la pédale		Harmonique, De la pédale		Harmonique, De la pédale	
Proximité	Temporel Registre		Temporel Registre		Temporel Registre		Temporel Registre		Temporel Registre	
Similitude	Intensité Registre		Intensité Registre		Intensité Registre		Intensité Registre		Intensité Registre	
Destin commun	Croissance		Décroissance		Croissance		Décroissance		Croissance	
Fermeture	Abrupte		Progressive		Abrupte		Progressive		Abrupte	
Enveloppe d'intensité globale	Crescendo x4		Diminuendo x5		Crescendo x6		Diminuendo x4		Crescendo x4	

Cette phase s'organise autour des éléments mélodiques en contrepoint (la flûte et les violoncelles) au-dessus d'un *cantus firmus* (Vlc. 4) qui est soutenu par des agrégats sonores des 4 violons. Il y a donc deux groupements spatiaux complémentaires qui sont à la fois érigés en opposition harmonique localement mais en coopération contrapuntique à un niveau structurel supérieur : la flûte et les trois violoncelles (groupement 1 et 3 sur le schéma) et puis les violons (2 sur le schéma). Le violoncelle 4 a une relation diagonale avec les deux groupes : en tant que ténor, il dirige la progression harmonique (verticale) en même temps qu'il transforme la ligne mélodique (horizontale) qui est imitée en contrepoint par les voix supérieures.

On remarque que le violoncelle qui tient les pédales dans la basse reste isolé par rapport aux autres lignes qui sont en mouvement continu entre des états de fusion et de fission. Le caractère homogène ou hétérogène des flux sonores est donc ambigu. Par contre, le matériau mélodique reste homogène dans son parcours de répétition cyclique de cinq hauteurs. Leur décalage temporel a pour effet de mettre en œuvre un jeu d'isorythmie qui transforme les relations entre les lignes de façon continue.

Caractéristiques des unités : critères morphologiques					
Différenciation hiérarchique					
Geste/texture	Geste Texture harmonique gestuelle Gestes qui se fondent en texture contrapontique Geste texturé				
Fusion/fission	Processus continu de fusion/fission des couches stratifiées Fission/fusion des gestes entre couches Non linéaire				
Hétérogène/homogène	Hétérogène et complexe				
Forme dynamique (figure)					
Durée / entretien	4 : Discontinue	Discontinue	Discontinue	Discontinue	Discontinue
	3 : Continue	Continue	Continue	Continue	Continue
	2 : Continu-discontinu				
	1 : Continue	Continue	Continue	Continue	Continue
A/synchrone	4 : Asynchrone	Asynchrone	Asynchrone	Asynchrone	Asynchrone
	3 : Synchrone	Synchrone	Synchrone	Synchrone	Synchrone
	2 : Asynchrone				
	1 : Synchrone	Synchrone	Synchrone	Synchrone	Synchrone
Courbe d'intensité	Instable Variable	Instable Variable	Instable Variable	Instable Variable	Instable Variable
Archétype					
Flûte :	<I I>	<I I>	<I I>	<I I>	<I I>
Cordes :	GC linéaire <	GC linéaire >	GC linéaire <	GC linéaire >	GC linéaire <
Profil registre	4 : Discontinu-stable				
	3 : Continu-stable	Continu-stable	Continu-stable	Continu-stable	Continu-stable
	2 : Discontinu-stable				
	1 : Continu-stable	Continu-stable	Continu-stable	Continu-stable	Continu-stable
Courbe de fréquence	4 : Cyclique-statique (descendant au niveau micro-formelle)				
	3 : Descendant	Descendant	Descendant	Descendant	Descendant
	2 : Cyclique-statique (descendant au niveau micro-formelle)				
	1 : Descendant				
Matière (timbre, structure harmonique)					
Courbe de transformation spectrale	Fl : instable Cds : linéaire Fusion du timbre : non linéaire				
Unité	Multi complexe				
Multiplicité	Fission en couches horizontales				
Fusion/fission	Fusion/fission non linéaire flûte-violons				
Continuum	Complexe superposition des continuums				
Note - bruit	Interaction non linéaire				
Transition du bruit	Ton coloré par bruit Catastrophe Contraste disjoncte, sonorités complexes faites de structures bruiteuses différentes				
Profil pulsatif	Désordonné				
Densité	Stable				
Évolution de l'entretien					
Grain de surface (Texture)	Turbulent, attraction-répulsion, auto-organisation				
Variation périodique	Multiples couches de vibrato et tremolo simultanées				
Tremolo	Variations rythmiques de vibrato				
Vibrato	Vibrato lent et large du violoncelle 4				
Transition	Transformation en crescendo qui souligne sa descente				
	Modulation continue de tremolo et de vibrato perçue en interaction complexe				

On aperçoit donc un changement constant de relations entre les hauteurs mélodiques par rapport à la ligne de basse et aux clusters qui se forment par l'interaction des voix des violons. La superposition des vitesses de mouvement croissant (de bas en haut) donne l'impression du temps ondulant entre l'expansion et la contraction temporelles.

Le rythme harmonique varie selon la couche harmonique suivie : le rythme interne est articulé par les transitions entre un agrégat sonore et le suivant, qui sont d'une part, synchrones, et d'autre part, en tuilage polyphonique. Les rôles différents des violons et violoncelles sont soulignés par un contraste de couleur et des formes d'amplitude d'enveloppe caractéristiques. Les courbes d'évolution de l'enveloppe d'intensité globale des violons suivent un plan de croissance et de décroissance mis en évidence dans le schéma.

L'insistance donnée aux hauteurs de la boucle mélodique dessinée par la flûte assure que sa forme reste gravée dans la mémoire par simple fait de sa répétition. Les transformations du timbre pendant ce parcours cyclique créent des ambiguïtés au niveau fonctionnel au sein de la mésoforme : tout en participant au jeu d'isorythmie des voix inférieures de la texture, cette boucle semble appartenir également aux clusters des violons et fusionner dans la complexité de leur timbre.

Le timbre général entre en contraste avec les transformations rugueuses et métalliques de la première partie. Ici, on constate des sonorités beaucoup plus riches et plus vocales chez les cordes. Les courbes d'intensités et de transformations de mode de jeu s'étirent dans le temps et les transitions de phase entre le ton et le bruit sont par nature plus subtiles. Les transitions d'ordre catastrophique de la Phase I donnent lieu aux transitions qui sont directement liées à l'expansion et à la contraction dynamique des gestes. Les sonorités semblent suivre un processus répété de mouvement par zone de couleur spectrale.

Il semble, à l'écoute, que cette phase obéisse à une organisation fractale : la mésoforme s'organise autour de cinq composants harmoniques et la microforme autour de cinq composants mélodiques. Considéré du point de vue d'un fonctionnement systémique, le rôle de chaque élément de la texture globale consiste à traverser les cinq positions d'un espace des phases prédéfini, chaque espace étant en relation proportionnelle avec celui du *cantus firmus* en ce qui concerne les valeurs de durée et de hauteur.

La mise en œuvre du fonctionnement du système fait émerger la forme fractale qui est perçue par un processus d'accumulation des souvenirs et de rétroaction qui les réorganisent au fur et à mesure de l'écoute en temps réel. Ce modèle nous renvoie aux œuvres de Ligeti telles que le quatrième mouvement du *Concerto pour piano* ou bien l'étude pour piano « *L'escalier du diable* » et encore au *Cantus in memoriam Benjamin Britten* d'Arvo Pärt.

Interlude II : Mésoformes

Groupement	1
Indices des frontières	
Rupture	Densité, spatiale, registre, comportement (glissandi)
Durée	6m11s
Indices morphologiques	
Continuité	Texture, caractéristiques comportementales et spatiales
Proximité	Registre
Similitude	Timbre, appartenance harmonique, qualité rugueuse Mouvement sinueux, densité, épaisseur dans l'espace Effet de réverbération
Destin commun	Intensité énergétique
Fermeture	Inattendue
Enveloppe d'intensité globale	<i>fff</i>
Caractéristiques des unités : critères morphologiques	
Différenciation hiérarchique	
Geste/texture	Texture
Fusion/fission	De multiples couches de fusion et fission, simultanées et complexes
Hétérogène/homogène	Homogène
Forme dynamique (figure)	
Durée / entretien	Continue
A/synchrone	Asynchrone
Courbe d'intensité	Instable
Archétype	Attaque $I > < I$
Profil registre	Continu, stable
Courbe de fréquence	Stable
Matière (timbre, structure harmonique)	
Courbe de transformation spectrale	Non linéaire
Unité multiplicité Fusion/fission du timbre	Multi complexe
Continuum Note - bruit	Cluster harmonique
Transition du bruit	Catastrophe
Profil pulsatif	Désordonné
Densité	Stable
Évolution de l'entretien	
Grain de surface (Texture)	Grogement, rugueux Bourdonnement Frottement Hétérogène
Variation périodique	Accentué et complexifié par les couches de délai et la mobilité spatiale
Transition	Modulation (vibrato et tremolo long, large, lent) Spatiale, du timbre, des intensités Réverbération granulaire

L'Interlude II se compose d'une texture homogène située dans les graves. Les identités individuelles des gestes instrumentaux sont effacées au profit d'une sonorité complexe et fusionnelle qui s'étale dans l'espace. Un très léger mouvement dans les aigus des violons se détache subtilement du fond, afin de créer un autre fond au second plan. Le timbre évoque parfois des sonorités des cuivres (trombone et tuba), parfois des résonances des cloches avec les partiels harmoniques et inharmoniques en opposition et coopération simultanées : ils émergent de la texture par leur mouvement oppositionnel dans l'espace, donnant l'impression de dessiner de grands mouvements circulaires.

A l'intérieur de ce macro-geste fait d'une texture épaisse et dense, des micro-gestes émergent par leur différenciation d'attaque ou d'intensité au sein de la texture générale ou par leurs transitions catastrophiques du ton au bruit au niveau des micro-transformations du timbre.

Phase III : Mésoformes

Groupement	IIIA	IIIB	IIIC
Indices des frontières			
Rupture	Gestuelle Harmonique De la pédale Du timbre	Temporelle Intensité Texture Timbre	<i>sfffz</i> - au silence
Durée	4m31s	5m31s	12m00s
Indices morphologiques			
Continuité	Rythmique Gestuelle Harmonique De la pédale	Rythmique Gestuelle Harmonique De la pédale	Registre (piccolo) Gestuelle
Proximité	Temporelle Harmonique	Temporelle Harmonique	Temporelle
Similitude	Transformation de la hauteur Attaques Comportement	Transformation de la durée Attaques Instabilité du timbre	Transformation de la hauteur et du timbre
Destin commun	Ouverture-fermeture	Instable	Croissance
Fermeture	Binaire, par convergence	Binaire, par divergence, Terminaison	Abrupte Par répétition gestuelle Par convergence
Enveloppe d'intensité globale	Crescendo	Désordonnée	Crescendo - diminuendo <i>sfffz</i> subito

La Phase III se distingue par la différenciation de ses trois unités qui se caractérisent par l'articulation de changement d'état et d'organisation au niveau de la mésostructure. La première séquence IIIA se caractérise par l'interaction de son contrepoint hétérophonique : les lignes en glissandi semblent indépendantes les unes des autres malgré leur appartenance au plan harmonique sous-jacent. La séquence IIIB s'approche plus d'une organisation homophonique par la coopération et l'interdépendance des parties, mais les décalages

rythmiques entre les parties font émerger une texture hétérophonique d'une nature qui contraste avec le premier groupement. Le groupement le plus important est donc la séquence IIC au sein de laquelle on constate l'indépendance des parties et un conflit local d'opposition de mouvements, tout en respectant la coopération globale de l'ensemble.

Caractéristiques des unités : critères morphologiques			
Différenciation hiérarchique			
Geste/texture	T = G + G	T = G + G	Multi-niveau gestes G=T
Fusion/fission	Fusion Divergent – convergent	Fusion Divergent	Contrastes fission/fusion Cyclique convergent-divergent
Hétérogène/ homogène	Transformation Homo-Hétéro	Transformation Homo-Hétéro	Hétéro (local) – homo (global)
Forme dynamique (figure)			
Durée / entretien Flûte : Cordes :	Discontinue Continue	Discontinue Continue	Discontinue Continue
A/synchrone	Synchrone – asynchrone	Asynchrone – synchrone	Asynchrone
Courbe d'intensité	Stable <	Instable <	<> + <i>sffz</i>
Archétype Flûte : Cordes :	I> I> GC linéaire <	I> I> GC linéaire <	I> <I ><> C linéaire <><> etc.
Profil registre	Continu-instable	Continu-instable	Continu-instable
Courbe de fréquence Flûte (+voix) : Cordes :	En opposition Stable + con/div Convergent – stable – divergent	Stable Divergent Divergent sur pédale	Ascendant
Matière (timbre, structure harmonique)			
Courbe de transformation spectrale	Fl : instable linéaire Cds : continu linéaire	Instable non linéaire Instable non linéaire	Instable non linéaire Continu linéaire
Unité multiplicité Timbre	Unité complexe – multi Fusion-fission	Unité complexe – multi complexe Fusion	Multi complexe Fission/dualité
Continuum Note - bruit	Cluster vers note	Série harmonique vers note	Bruit – série harmonique mobile Note-bruit
Transition du bruit	Catastrophe + ton coloré par bruit	Catastrophe + ton coloré par continuum de bruit	Catastrophe + ton coloré par continuum de bruit
Profil pulsatif	Ordonné	Désordonné	Chaotique
Densité	Croissante transitions successives	Croissante - stable	Croissante - décroissante
Évolution de l'entretien			
Grain de surface (Texture)	Rugueux vers grésillant + granuleux	Grésillant + granuleux	Rauque + crissant vers plus lisse, aéré et homogène
Variation périodique Tremolo Vibrato	Multiplés couches de tremolos lents + des plus vifs Vibrato instable	Multiplés couches de tremolo de plus en plus vigoureux Vibrato instable	Tremolo agressif Multiplés couches de tremolo de moins en moins vigoureux Contraste entre des glissandi et des vibratos
Transition	Modulation rapide de tremolo et de vibrato entre chaque geste		

Les figures en glissandi partagées entre les groupes de violons et de violoncelles se prêtent à un jeu d'imitation gestuelle et leur décalage temporel, souligné par la texture hétérophonique et les doubles-cordes, fait émerger des niveaux d'interaction rythmique complexes. Le timbre des cordes est très subtilement coloré par les transformations entre *Sul tasto* et *Sul ponticello*, ce qui fusionne en un timbre riche et sonore avec quelques éclats de modulation spectrale.

La flûte vient éclater brusquement cette texture avec ses attaques violentes et ses vocalises bruiteuses. Elle se distingue par son imitation de doubles-cordes (elle ajoute une deuxième couche mélodique par ses vocalises) et par la mobilité des glissandi qui sont effectués en une continuité fluide grâce au dispositif *glissando head-joint*. Elle joue un contrepoint qui met en opposition la stabilité d'une note tenue contre l'instabilité d'une ligne mobilisée par un jeu de glissandi. Les vocalises ajoutent une dimension quasi textuelle par des phrases exclamatoires. L'articulation des consonants-bruits (tch, sh, f) et de la transition entre les voyelles fait apparaître des multiphoniques de tons de second ordre et des paradoxes sonores comme par exemple les lignes qui semblent monter et descendre simultanément.

Le deuxième groupement désigne un état itératif en contraste avec la continuité des gestes de glissandi qui le précèdent. Des bandes de fréquences sont définies par les groupements de registre ainsi que par des mouvements instables et des rythmes itératifs et accentués. Les attaques sont hypertrophiées par des *sforzando*, des crachements de l'articulation de la flûte et des mouvements d'archet exagérés. Ici le timbre des cordes est en modulation continue entre degrés de *sul ponticello* et donc reste toujours d'ordre distordu et métallique. La densité et les caractéristiques du timbre général donnent lieu à une texture de bourdonnements qui est colorée par des zones de saturation et de contraste.

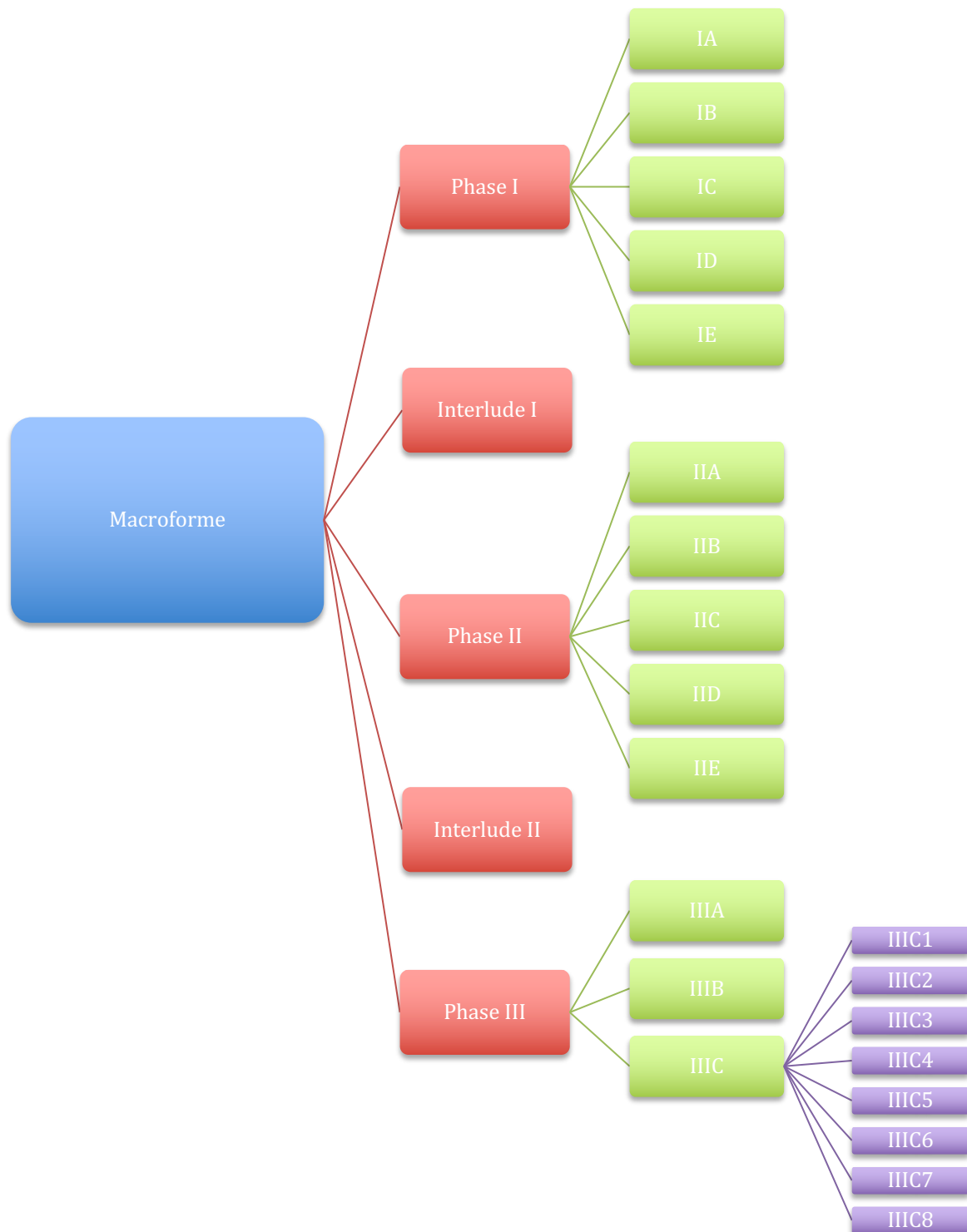
Le groupement de la flûte avec le premier violon s'effectue grâce aux échanges de registre à l'octave, les autres violons sont en imitation ainsi que des violoncelles, mais ceux-ci avec des vitesses proportionnellement plus lentes. Le violoncelle 4 tient son rôle structurel, ici avec une note de pédale tenue. On constate un mouvement canonique des rythmes dans l'espace et des transitions de fusion et de fission de timbre et de rythme entre les parties différentes. Soit on aperçoit les rythmes complexes, soit ils sont absorbés par le timbre.

Au final, le dernier groupement est marqué par le changement abrupt du rôle du violoncelle 4 et un changement de registre de la flûte qui est remplacée par le piccolo. Après l'immobilité des pédales tenues sur la longueur de l'évolution de l'œuvre par le violoncelle 4, finalement il se retrouve libre d'exprimer sa mobilité. Il démarre dans un mouvement vif qui monte en glissandi vers les aigus. Le piccolo se met en opposition de registre avec ses hauteurs vertigineuses, son timbre perçant et éolien et ses mouvements en opposition du

violoncelle. Ils entretiennent un contraste permanent jusqu'à l'extinction du violoncelle 4, qui passe le rôle à la voix supérieure, et ainsi de suite. Les instruments se retirent du bas jusqu'en haut en réduisant la densité et l'interaction des mouvements opposés. Ainsi, on suit une décomplexification structurelle au fur et à mesure que le registre passe des graves aux aigus.

L'évolution de la mésoforme se distingue par ses groupements en unités de cinq jusqu'à la dernière partie qui est marquée par une bifurcation structurelle à la suite des deux premières unités. Cette bifurcation apparaît comme un point critique au niveau structurel : une discontinuité de l'évolution de l'œuvre qui nous renvoie à la théorie des catastrophes de René Thom et de la morphogénèse de d'Arcy Thomson.

Résumé de l'organisation structurelle de la forme



II.3. *L'output II* : l'effet des phénomènes

Tout état global présente des qualités émergentes, [...] les qualités naissent des associations, des combinaisons.⁴⁰³

Edgar Morin

Maintenant que nous avons identifié les unités principales qui définissent la forme de l'œuvre, nous allons nous appuyer sur cette structure formelle afin de mieux décrire les phénomènes globaux et locaux qui la caractérisent. Ainsi, il sera possible de mettre en lumière les qualités différentes qui régissent la fonction dramatique au sein des processus musicaux et de prendre en compte son caractère spatio-temporel et énergétique. L'ensemble des données recueillies au cours de cette démarche est résumé dans des tableaux ci-joints en annexe.

II.3.1. Les macro-phénomènes : paradoxes et illusions

II.3.1.1. *Dimensions spatio-temporelles*

A la première écoute de cette œuvre, une particularité indéniable s'impose : celle de l'expérience du son dans l'espace. Tout au long de l'œuvre, nous constatons une transformation continue des dimensions spatiales du son. Ces dimensions sont définies par deux aspects complémentaires : le premier est constitué par la densité et la diffusion de matériaux musicaux caractérisés principalement par leur nature texturale (fond), le deuxième correspond à l'effet de localisation et de déplacement spatial des matériaux gestuels (forme) sur les quatre dimensions qui sont la hauteur, la largeur, la profondeur et le temps. Par contre, les caractéristiques spatio-temporelles du flux global sont souvent ambiguës, et elles peuvent être caractérisées à la fois en tant que geste et texture.

Les distances et les relations tissées sur le plan temporel sont inhérentes à la cohérence de la matière musicale, ainsi que les multiples couches de pulsations qui créent les enjeux dimensionnels dans l'espace vibratoire. Les interactions complexes entre les couches musicales sont perçues comme des sons qui agissent en interaction directe avec la substance de l'espace (l'air) et qui ont leur propre vie interne, leurs propres façons d'agir.

De plus, ces caractéristiques comportementales de la matière sonore définissent les formes musicales ainsi que les dimensions spatiales perçues et leurs transformations. C'est

⁴⁰³ MORIN, *La Nature de la nature*, op. cit., 1977, p. 107.

par ce processus d'interaction « son-espace-temps » que l'attention de l'auditeur est dirigée autour et finalement au-delà de la salle de concert. L'excitation des résonances de la salle ainsi que les pulsations vibratoires des cordes font émerger l'impression que la salle est « habitée » par le son, qu'il se déplace dedans et qu'il remplit la salle, qu'il enveloppe le spectateur, qu'il le transperce.

Ainsi l'espace est défini par le comportement sonore de la même manière qu'il est défini par l'aménagement de la scène : la spirale de Fibonacci se fait ressentir autant sur le plan auditif que sur le plan visuel. La musique semble émaner et tourner autour d'un point central et mobile sur l'axe vertical, qui, à la conclusion de l'œuvre, sera aspiré par une force émanant loin au-dessus de la salle.

Les changements d'état (texture, comportement, harmonie, comportement énergétique etc.) ainsi que les points de rupture et de contraste servent à articuler clairement les composants de la grande forme. Les parties instrumentales ont des durées progressivement plus conséquentes, mais leur mouvement interne semble de plus en plus actif au cours des transformations globales. Ce processus contradictoire de prolongement ou de ralentissement des grandes unités temporelles, associé à la perception d'une accélération interne au niveau inférieur, fait surgir l'impression d'un temps qui respire, qui est mobile et qui se transforme au gré du son.

La disposition des unités, qui sont définies par la présence ou l'absence du soliste sur le plan global, est reflétée au niveau local par le processus de dissimulation et de révélation des sonorités de la flûte. Ainsi, les plans spatiaux proches et lointains sont mis en évidence par les relations de distance horizontale (entre le soliste et les haut-parleurs), ce qui renforce encore l'impression d'un mouvement en spirale. Chacune des trois phases se distingue par ses formes, ses timbres et par les comportements globaux des composants qui semblent tracer des mouvements et des formes spirales différentes.

La Phase I est faite d'une succession de longs blocs harmoniques qui, par les notes tenues, tracent des lignes très stables sur le plan horizontal et sur le plan vertical par leur progression homogène. La ligne de la basse s'étire dans un lent mouvement ascendant : son point de départ est gravé dans la mémoire par sa stabilité initiale. La distance entre les deux extrêmes spatiaux est soulignée par l'articulation des premiers sons : la note grave et lointaine du violoncelle qui émerge du silence s'oppose à la violence de l'attaque très présente et centrale de la flûte. L'instabilité s'introduit plutôt sur le plan rythmique, dynamique et spectral : il y a transformation rapide et continue des sonorités locales.

Chaque agrégat sonore s'allonge progressivement mais nous constatons sur le plan global, une accélération rythmique interne. Le mouvement est perçu par un jeu de

changements de position : les transformations d'intensité accentuent les polyrythmes qui émergent par l'interaction des pulsations indépendantes à l'intérieur des lignes. Ainsi, on assiste à une dislocation rythmique dans l'espace – les rythmes semblent jaillir aléatoirement autour de l'espace et on constate des changements continus de position et de perspective à l'intérieur de cet espace.

L'interlude électroacoustique qui suit semble retracer à toute vitesse le terrain harmonique traversé par la première phase, mais le son est diffus et éparpillé dans l'espace avec l'énergie d'une tornade. On y rencontre une intensité typique de la musique de Pape – une énergie débridée qui contraste avec la délicatesse de Phase I. Le caractère individuel des neuf instruments est perdu par l'addition des effets de réverbération et des multi-délais, qui ensemble apportent une nouvelle dimension de distance virtuelle. La fragmentation et la mobilité des sonorités créent une ambiguïté entre la forme et le fond : les textures se fondent dans des grands gestes de mouvements globaux mais la nature diffuse du matériau et la désincarnation apparente des sonorités nous plongent dans un espace virtuel, ou comme Smalley le dirait, un espace imaginaire.

La Phase II se déploie en multiples couches horizontales qui progressent à des vitesses différentes. Les relations harmoniques sont en évolution constante dans un long processus de construction et de recontextualisation des intervalles perçus. La ligne de basse se détache par son éloignement vertical et semble tirer les couches supérieures dans un mouvement circulaire qui descend au ralenti en contraste avec la stabilité tracée par la boucle répétitive de la flûte qui tourne sur elle-même. Ainsi, de multiples couches en conflit intérieur sont mises en opposition temporelle dans une interaction complexe de boucles de longueurs variables, superposées les unes sur les autres. Leurs mouvements complexes et circulaires sont en opposition spatiale avec des lignes de fuite dans les graves et le ralenti général de la vitesse pulsatoire. L'effet de ce mouvement cyclique à grande échelle est que le temps semble passer en mode ralenti.

Ce deuxième interlude électroacoustique, en entrant dans la profondeur des graves, conclut la Phase II et installe une base pour la Phase III. Il soutient avec obstination cette zone harmonique qui, de façon paradoxale, est stable globalement et extrêmement instable localement. La même harmonie se prolonge dans un temps suspendu, mais la variation continue des fréquences internes crée l'illusion de modulations harmoniques. L'espace semble s'ouvrir en profondeur et il y a une forte « sensation » du son rampant sur le sol. La désincarnation et la forte saturation des voix graves provoquent un effet de délocalisation : les sources des sons sont effacées dans la fusion des flux en textures ondulatoires et mobiles.

C'est lorsqu'on sort de cet état de « nager sur place » que se crée la rupture vers Phase III, qui émerge comme une conséquence de l'interlude. Cette Phase se distingue par l'élargissement du champ de mouvement des hauteurs : elles deviennent abruptement mobiles sur le plan vertical dans un mouvement de rapides glissandi. L'intervention du flûtiste, avec deux lignes simultanées de glissandi fluides et indépendants, tisse un réseau complexe de paradoxes acoustiques et de glissandi de second ordre. C'est un moment sublime qui paraît annoncer un départ vers des états plus chaotiques.

L'action musicale semble agrandir peu à peu l'espace du son par un processus d'expansion et de contraction qui pousse les limites de l'espace tout azimut. On constate un ralenti général interne mais une accélération des mouvements globaux. La flûte laisse place au piccolo qui, avec les longues arches de son mouvement vertical cherche à briser le plafond et finalement à franchir les limites de l'espace et du temps. Globalement, ce mouvement d'expansion et de contraction fait apparaître l'illusion que le son « respire » et qu'il prend son élan pour un décollage imminent. L'horizontalité des dimensions du début de l'œuvre est transformée en expansion verticale : les mouvements circulaires de glissandi s'ouvrent petit à petit, poussant vers les aigus et vers le sommet de la spirale, loin au-dessus de la salle.

II.3.1.2. Dimensions transmodales

Dès la première écoute, l'image visuelle d'une spirale s'impose à la perception pendant l'évolution de l'œuvre. Les durées proportionnellement de plus en plus longues, ainsi que l'accélération et la complexification des pulsations rythmiques, donnent l'impression de spirales qui tournent vers l'extérieur et vers l'intérieur simultanément. Plus tard, de longs mouvements semblent tournoyer en descendant ou en remontant, et au final, mettant les axes horizontaux et verticaux en opposition dans un mouvement oscillatoire à grande échelle qui évoquent des mouvements planétaires autour du soleil et l'expansion pulsatoire des galaxies. De plus, à plusieurs reprises, les mouvements ondulatoires font apparaître une image de vagues ainsi que de fumée, d'échardes, de masses sinueuses ou encore, à la fin, d'éclats de lumière.

La lutte aux frontières des limites physiques et corporelles se manifeste par l'accentuation des effets haptiques : l'action physique qui articule chaque son est intensifiée au sein du fait sonore. La flûtiste semble avoir le souffle coupé par moments et lutte pour parvenir à une respiration aisée. L'amplification de la flûte a pour effet de mettre en valeur les limites entre le corps, le souffle et le son – la frontière entre la respiration et la production sonore est entendue comme un point de rupture entre la chair et le son.

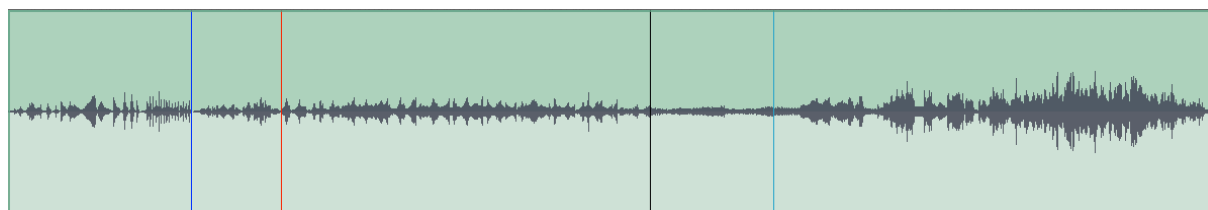
De la même façon, l'enregistrement dévoilé par les haut-parleurs met en évidence le détail de l'articulation des frottements insistants des archets sur les cordes. Ainsi l'action physique des gestes invisibles, de même que le son, désincarnés, se trouvent amplifiée. La mise en opposition des sensations tactiles évoquées par l'amplification des instruments (de la bouche et des mains), donne un aspect extrêmement intime à la perception de la production sonore. L'oreille de l'auditeur se trouve dans une extrême intimité avec les interprètes (corporels ou virtuels) ; cette sensation, portée par le son désincarné, est magnifiée aux dimensions immenses de l'espace de la salle de concert.

Les sensations tactiles perçues pendant l'écoute s'expriment par des frottements sur la peau, des enveloppements par le son, des vibrations qui semblent transpercer le corps (ressenties dans le crâne, la poitrine, le bassin), des bouffées d'air, ainsi que des sensations au niveau des chevilles et l'impression générale d'être tiré vers le haut. A certains moments, par exemple pendant le premier interlude, on ressent une forte pression sur les sens comme si les forces de la nature se déchaînaient et provoquaient un manque d'air et le besoin de respirer plus librement.

L'image des vagues est ressentie comme un mouvement de va et vient, de mobilité en profondeur latérale ; les mouvements oscillatoires, circulaires, suscitent des métaphores telles que « la marée qui se retire », « un bateau qui vogue sur l'océan », etc. Mais c'est peut-être le mouvement « respiratoire » qui aura l'impact le plus important au niveau corporel du spectateur : l'action cumulative d'expansion et de contraction cyclique qui devient de plus en plus chargée d'énergie et qui semble remplir l'espace et le temps jusqu'à le briser.

II.3.1.3. Dimensions énergétiques

L'énergie portée par le flux musical et perçue pendant l'écoute en temps réel, peut être décrite à partir de ses caractéristiques objectives ou subjectives. L'énergie acoustique est perçue par des variations d'intensité et de complexité spectrale ; l'énergie dynamique par les variations de densité des informations dynamiques. Les deux niveaux d'énergie sont objectifs et peuvent également être mis en évidence par une représentation temporelle de l'intensité.



Représentation temporelle de la macroforme de Harmonies of Time and Timbre.

En revanche, l'énergie portée par les progressions au sein du processus musical est de nature plus subjective tout comme l'énergie cumulative qui est ressentie par un processus rétroactif d'évaluation et de comparaison des niveaux énergétiques déjà rencontrés dans l'œuvre. La nature de ces types d'énergie semble être fortement liée au niveau de la complexité d'interaction entre les composants et aux effets spatio-temporels. On voit clairement sur l'image ci-dessus que les deux interludes semblent moins riches en énergie. Cependant, dans nos relevés empathiques et figuratifs (cf. « Relevé des métaphores » en annexe) on constate l'utilisation des métaphores comme « l'impression d'être dépassé par les forces de la nature », l'énergie « d'une tornade », l'énergie « débridée » ainsi que « de grosses vagues s'ouvrent dans l'espace et semblent couvrir le sol, rampant et ondulant comme une énorme bête mythique venue des profondeurs ». Donc il est évident que l'état énergétique doit prendre en compte les données d'ordre qualitatif autant que les données quantitatives.

Globalement, l'état énergétique se perçoit dans les transitions et les modulations de sa qualité plutôt que simplement dans les croissances ou décroissances de son niveau. On constate une intensité d'énergie tout au long de l'œuvre, qui semble se transformer en fonction des dimensions spatiales dessinées par le mouvement sonore. On peut ainsi parler des densités d'énergie et d'énergie diffuse, d'énergie potentielle qui est ressentie par exemple dans Interlude II, et d'énergie cinétique que l'on rencontre dans la Phase III. Il nous semble aussi qu'il y a un lien important entre le timbre et l'énergie perçue : les timbres plus sombres et complexes peuvent s'avérer chargés en énergie autant que les timbres plus simples et lumineux, tels que celui du piccolo. Mais en général, nous pouvons décrire une courbe énergétique en croissance permanente et qui ne semble atteindre une certaine stabilité que vers la fin de l'œuvre. En revanche, cette stabilité est contredite à la conclusion de l'œuvre : l'énergie alors qu'elle semble prête à se dissiper, dans une dernière décharge, vient « déchirer » le plafond. Et le silence qui suit n'est pas dépourvu d'énergie, mais plutôt chargé au maximum d'une énergie potentielle.

II.3.2. Les méso-phénomènes

Notre méthodologie pour l'observation des méso-phénomènes applique les trois conduites d'écoute de Delalande (*taxonomique*, *empathique* et *figurative*) à une fenêtre temporelle plus serrée mais en respectant toujours le cours de l'écoute en temps réel. A la place d'une observation générale des sensations globales, l'attention est maintenant portée sur une description locale des séquences de la mésoforme afin de mieux constater les différentes typologies phénoménologiques : les dimensions spatio-temporelles, transmodales et énergétiques.

II.3.2.1. Méso-dimensions spatio-temporelles

Pour chaque unité de la mésoforme, nous avons observé les dimensions tracées par le matériau sur le plan vertical (ce qui est une fonction de la verticalité spectrale), à l'intérieur du champ « perspective » (qui désigne l'image frontale) et le caractère de la distribution des plans sur ces axes. Les éléments de largeur d'ouverture des plans proches et lointains et de transformation spatiale sont pris en compte, ainsi que les caractéristiques des relations entre la fixité de la flûte et les sons désincarnés des cordes.

Dans le chapitre précédent, nous avons considéré le geste pour sa capacité à définir les indices de forme. Maintenant nous allons considérer comment le geste peut nous informer également sur les dimensions spatio-temporelles relatives au mouvement des événements sonores dans l'espace. Notre investigation des dimensions spatio-temporelles s'est inspirée des fonctions *spectro-morphologiques* de Smalley ainsi que des paramètres de distribution spatiale proposés par Erik Nyström dans son article « *Low-level Topology of Spatial Texture* »⁴⁰⁴. Ces paramètres définissent les observations de localisation des matériaux de nature gestuelle et la densité ou la diffusion des textures.

Comme les textures sont de nature à remplir l'espace, elles sont indicatives de la grandeur de l'espace perçu et sont donc plutôt associées à une perception d'immensité et de densité. De plus, il est possible de décrire le caractère de leur activité interne. Enfin, le style de mouvement est défini selon la nature et les caractéristiques du flux sonore et de sa transformation. Ensemble, ces éléments (geste et texture) nous informent sur l'état plutôt objectif des phénomènes spatiaux.

⁴⁰⁴ NYSTRÖM Erik, « Low-Level Topology of Spatial Texture », *International Computer Music Conference, CEMI, University of North Texas*, 2015. En ligne: <https://www.academia.edu/35805360/LowLevel_Topology_of_Spatial_Texture>.

La dimension que Smalley nomme le *circumspace* fait appel à une écoute plus subjective, afin de décrire les sensations relatives à l'espace autour de l'auditeur, par exemple la sensation d'être immergé, ou d'être de taille relativement grande ou petite par comparaison à l'état spatial de l'œuvre.

Le passage du temps perçu et les changements de vitesse au cours des méso unités relèvent également des données subjectives. Le tableau ci-dessous résume les outils d'investigation employés pour l'observation des dimensions spatio-temporelles.

Outils pour l'observation des dimensions spatio-temporelles

Dimensions Spatiales	
Orientation verticale	<ul style="list-style-type: none"> • Axe vertical : altitude/profondeur, écarté/concentré, tendance (ascendant/descendant) • Distribution : stratifiée/dispersée
Champ « perspective » (l'image sonore frontale)	<ul style="list-style-type: none"> • Image frontale : périphérique, centrique, ouverte • Ouverture/enclosure (latitude L/R) • Approche/récession : proche/lointain (longitude F/R), simultané, proche-fixe, et mouvant-approche. • Parallèle (polarisé/lié) • Périphérie (linéaire/annulaire) • Champ libre (points, vecteurs, continu) • Transformation dynamique spatiale : écartée/concentrée contiguë/isolée
« Circumspace »	Description de l'espace entourant l'auditeur
Dimensions Temporelles	
Perception du passage du temps :	Vitesse, accél./ralenti, suspendu
Comportement	<ul style="list-style-type: none"> • Geste : contour global (ascendant, descendant, plan) et caractère du mouvement local (cyclique, itératif, oscillatoire etc.) • Texture : caractère du mouvement interne (régulier, complexe, itérative, cyclique, réciproque, itératif, oscillatoire) • Unidirectionnel, bidirectionnel, réciproque, centrique/cyclique, excentrique/multidirectionnel
Motion style	<ul style="list-style-type: none"> • Indépendance : asynchrone/synchrone • Nature du flux : continu/discontinu • Contour : conjoint/disjoint • Transformation : apériodique/périodique • Typologie spatio-temporelle : simple ou multicouche (<i>flocked</i> : mouvement collectif, <i>streamed</i> : de flux, <i>contorted</i> : déformé)

II.3.2.2. Méso-dimensions transmodales

La verbalisation des plans-métaphores est l'outil principal pour l'observation des dimensions transmodales évoquées au cours de l'écoute focalisée sur les méso-unités de la forme. Nous avons pris en compte la présence de sensations corporelles ainsi que les images suscitées au cours de la progression musicale.

Effets visuels

- Perceptions imagées : formes (plasticité) visualisées.
- Dimensions qualitatives du matériau sonore (scintillement, éclat, transparence etc.).

Effets tactiles

- Sensations corporelles et kinesthésiques pendant l'audition (le mouvement gestuel et le ralenti) et perceptions tactiles (l'impression que le son me touche, transperce, frotte, gratte, etc.).
- Perceptions haptiques tactiles telles que les frottements, pressions ou autres sensations de toucher évoquées par l'action des interprètes (même virtuels).

II.3.2.3. Méso-dimensions énergétiques

La description des phénomènes énergétiques repose la plupart du temps sur la pensée analogique et les qualités énergétiques ressenties. Les différents états d'énergie et leurs transformations sont considérés selon la perception de leurs qualités acoustiques et comportementales (par exemple, l'intensité ou la densité d'informations dynamiques perçues). La perception de cumulation d'énergie est jugée selon les aspects rétroactifs, d'accumulation, de maintien ou de dissipation.

Les transformations d'énergie portées par la progression musicale et le niveau de conflit entre les matériaux peuvent être décrites selon une mise en relation binaire (croissance/décroissance) tandis que l'énergie cinétique provoquée par le mouvement du son dans l'espace relève plutôt d'une description métaphorique. C'est également le cas pour la force kinesthésique perçue via les mouvements de l'interprète, pour la perception d'une certaine pression haptique ainsi que les changements énergétiques ressentis dans le corps, comme cette « pression sur les sens » dont parle Artaud.

II.3.3. Notre investigation des méso-phénomènes

Phase I

Les différentes unités se distinguent sur le plan spatial principalement par la nature de leurs transformations verticales, latérales et longitudinales. L'effet de cette modulation spatiale est ressenti au niveau du *circumspace* : le son semble se plier autour de l'auditeur, l'enveloppant dans un dense nuage d'activité interne et complexe.

Les mouvements internes oscillatoires et leur décalage temporel provoquent des images de nuages faits de points actifs et bruyants. La métaphore d'un essaim d'abeilles résume bien l'impression créée par la complexité spatio-temporelle de ces mouvements et l'interaction de leurs timbres. Mais la métaphore d'un orage ou d'une tempête de sable renvoie à la même signification symbolique : celle des forces de la nature, des mouvements immenses de particules en agitation violente. C'est plutôt au niveau de la perception du timbre que la métaphore des abeilles prend son importance : les sonorités et leur interaction rythmique sont fortement évocatrices du son des abeilles.

En contraste, les sonorités de la flûte entrent en scène de façon explosive dans une déflagration d'énergie, introduisant ainsi, dès le début, la nature conflictuelle de son interaction avec les cordes. Sa position centrale et fixe dans l'espace fait que l'auditeur s'identifie dans l'espace en relation avec la flûte. Ainsi, comme la perception de la position spatiale de la flûte est compromise par la concentration des mouvements qui l'entourent et par la fusion spectrale des timbres, nous ressentons par sympathie, l'impression de traverser difficilement ce dense nuage sonore.

L'ambiguïté geste-texture est encore accentuée par la dislocation spatiale des composants de chaque agrégat sonore. La superposition des lents fondus en crescendo et diminuendo avec les attaques violentes et les itérations internes rapides a une forte incidence sur la perception de l'indépendance des flux. Leur nature asynchrone et leurs transformations a périodiques obscurcissent les identités individuelles des instruments.

La séparation entre la flûte et les cordes, si évidente au début, devient progressivement difficile à discerner : la flûte semble même disparaître pendant certains moments, son timbre englouti par la complexité harmonique. L'indépendance est regagnée quand les mouvements deviennent plus synchrones et les transformations périodiques. Le mouvement conjoint des cycles itératifs qui s'introduisent comme des perturbations violentes dans l'unité A4 rétablit l'indépendance de la flûte.

Dès le départ, la lumière s'impose comme image forte avec les subtiles vacillations de la flûte qui évoquent une flamme perturbée par la brise des légers frottements des cordes.

Mais la douce lumière des flammes donne lieu très vite à un nuage dense percé par des éclats de lumière intense. La complexité à l'intérieur du « nuage » provoque les sensations tactiles comme une multitude de légers froissements (probablement en réaction à l'amplification des frottements de l'archet et de l'air contre l'embouchure de la flûte). Au cours de cette première partie, la sonorité de la flûte semble subir une transformation allant de l'air à la lumière.

La conclusion est marquée par la répétition de décharges de lumière brillante. La flûte ressurgit avec force à la cinquième méso-unité, comme le feu d'un phare, éclairant le chemin de sortie. L'énergie transperce le corps, qui après avoir traversé la tempête vertigineuse des unités A3 et 4, est portée par l'inertie énergétique de cette sorte de résolution. L'instabilité de l'énergie interne est équilibrée par la stabilité des gestes plus intenses focalisés à la surface. L'apogée énergétique provoque une sensation de résolution, même d'apesanteur.

Interlude I

On constate un contraste marqué d'ordre spatial avec ce qui précède l'interlude. Nous percevons une forte expansion verticale et la dispersion multidirectionnelle du son. L'amplification et la multiplication par l'effet de délai accentuent les détails des attaques, telles l'articulation explosive des attaques de la flûte et la friction de l'archet contre la corde. Des fragments semblent tournoyer autour d'un point central, en dessinant des anneaux, comme les ondes qui sont déclenchées par une goutte d'eau et qui s'étalent en forme annulaire sur la surface de l'eau. L'espace, animé par une sorte de respiration étrange, vient nous entourer, nous envelopper dans un autre monde, irréel, fait de souvenirs lointains, d'espace virtuel. Les sons semblent d'une grandeur plus importante que précédemment, malgré leur caractère inconsistant et éphémère.

Les mouvements erratiques et leur accumulation par l'effet de délai fractionnent les gestes qui tourbillonnent et se contorsionnent. La perte de directivité est perçue également comme un détachement du fil temporel : nous avons l'impression d'une avance rapide, mais en perdant tout sens de direction temporelle. Pris par la distorsion temporelle, on se détache de la flèche du temps et on éprouve la forte sensation de chute libre dans le « hors temps » d'un trou noir.

Des images de tornade de fumée vaporeuse ou d'aube de lendemain de bataille sont évoquées par la translucidité des sonorités et par leur nature éphémère. Des sensations de friction d'air sur la peau, des contractions musculaires pour garder la stabilité et des frôlements furtifs des mouvements vifs dans l'air, s'accumulent au cours des minutes qui passent. Ces sensations de frottements et de contrastes entre la mobilité de l'espace et notre

fixité, font émerger une sorte d'inertie dynamique, proche de ce que l'on peut ressentir lors d'un lent freinage en voiture.

En contraste avec la violence de la Phase I, nous sommes bercés par les tourbillons chaotiques de cet interlude. Nous avons perdu la connexion des gestes instrumentaux : le son semble émaner d'une autre dimension où il ne reste que l'énergie de ces gestes. Malgré l'intense turbulence et la perte du sens de la direction perçue, l'auditeur se trouve au centre d'un paradoxe : la beauté déconcertante de l'orage et la sensation de passer continuellement à travers le son, tout en restant immobile.

Phase II

La transition de l'interlude à la Phase II contracte de nouveau l'espace autour du centre, autour de la flûte. Pendant l'évolution de cette phase de l'œuvre, nous constatons une mobilité en profondeur autour de l'axe vertical de l'espace. Les agrégats sonores forment des couches latérales qui sont aussi mobiles sur ce plan. Les flux se séparent entre les agrégats de cordes qui se déploient autour de l'espace et les boucles isorythmiques qui interagissent entre elles en créant des mélodies subtiles et des rythmes complexes qui s'éparpillent autour de l'espace. Les deux extrêmes du plan vertical sont fixés par la flûte en hauteur et par le violoncelle 4 en profondeur et en expansion descendante – le gouffre entre les deux s'ouvre lentement en un mouvement spiral.

Les couches sonores semblent tracer des anneaux dans le champ périphérique, s'étendant par extension vers l'extérieur. Les points statiques représentés par les positions fixes de la flûte et des huit enceintes sont reliés par les relations de proximité des hauteurs et des timbres afin de dessiner un réseau complexe d'interconnectivité entre les 3 dimensions spatiales qui modulent selon la quatrième dimension, le temps. L'espace semble donc gonfler vers l'extérieur en expansion continue.

La descente cyclique en boucles de cinq notes répétées retrace les mêmes contours à l'infini. L'intérieur de la texture qui émerge de leur interaction, oscille entre des états réguliers et complexes. La *convolution* qui résulte de l'interaction des sonorités fait émerger de nouveaux timbres : on y identifie des timbres percussifs de *woodblock*, une suggestion des cuivres dans le lointain et un accordéon qui semble avoir des qualités vocales.

Le temps semble infini. Après la reprise initiale d'un temps pulsé, on est perdu dans l'éternel déroulement des boucles : cela donne l'impression paradoxale d'avancer sans changer de position. La vitesse se transforme à l'intérieur par l'interaction des relations entre les couches, mais la surface paraît statique. Cependant, les mouvements internes entre les

strates de boucles donnent la sensation d'être pris dans du sable mouvant, leur mouvement de descente crée l'impression d'être aspiré doucement par les profondeurs.

Les images évoquées par l'interaction des couches renvoient à des structures complexes et obscures, telles qu'un labyrinthe ou une galaxie. Nous avons le sentiment de traverser l'espace, de *devoir* le traverser afin d'en sortir. La sensation de longue descente est très marquée, ainsi que le mouvement en spirale et le doux balancement ou flottement, comme si on était *porté* par le son. On a l'impression de ressentir le son contre la peau, en perpétuant une légère force d'inertie.

En dépit de l'accumulation d'énergie que l'on ressent, le lent déroulement des matériaux musicaux continue à charger l'état énergétique. L'ensemble provoque un sens d'éternelle prolongation : chaque changement harmonique signale à la fois une résolution et un recommencement. Ainsi, la spirale continue à s'élargir.

Interlude II

Le deuxième interlude électroacoustique est globalement stable sur le plan spatial – il s'étale sur deux axes horizontaux (L/R, F/R), par les violoncelles dont les couches de sonorités se chevauchent en profondeur. L'espace physique cède à un espace virtuel, immense et pénétrant. Les gestes ondulatoires s'étalent en mouvements réciproques et multidirectionnels. L'intérieur de la texture qui est formée de leur superposition, semble à la fois converger et diverger. Cette accumulation de mouvements donne l'impression d'une dilatation de l'intérieur même du son.

Les mouvements asynchrones, continus, disjoints et périodiques se comportent de façon collective : ils évoquent un temps statique et élastique, leurs cycles semblent sans direction. Du fait de ces mouvements saccadés dit *jitters*, la texture semble se détacher de la flèche du temps. Le son rampe sur le sol et s'enfonce dans l'obscurité. Tous ces mouvements de vibrations (interactions des battements, modulations d'amplitude et de fréquence, apparition des fréquences latérales...) font que le son est ressenti comme une substance élastique et animée.

En fort contraste avec le premier interlude, on imagine ici une présence solide, sombre, tactile et immense. Les sonorités se comportent comme un collectif, unifiées et interdépendantes. Ensemble, elles s'étalent comme un liquide épais, opaque et visqueux autour de l'auditeur, formant comme une sorte de couverture tiède et humide. De légères touches, venant des violons, émergent comme des points très localisés suspendus dans l'air au-dessus de nos têtes.

L'énergie qui émane de la masse semble évoquer une forme « vivante », une lente respiration. On ressent la sensation d'une force d'inertie, comme une douce poussée à laquelle on résiste. L'intimité de cette enveloppe sonore est accentuée par l'énergie produite par les gestes de l'archet contre les cordes ; elle semble entrer en contact avec le corps et donne une impression physique d'intimité. Aveugle dans cette obscurité, on ne peut que ressentir la sensation d'une eau tiède et obscure qui nous entoure. Il n'y a pas de *progression* : on ne peut pas former d'hypothèse sur la façon dont l'interlude va être conclu. Il ne reste que la sensation de l'énergie qui nous enveloppe.

Phase III

Le début de la Phase III est frappant par la beauté des vocalises de la flûte et la subtilité exquise des timbres. On constate une séparation des couches en glissandi bidirectionnels : le mouvement ascendant est caractérisé par une accélération et la descente par un ralenti. Ainsi, tiré en deux directions opposées, on tend à ressentir un effet de chute libre, le confort antérieur d'une couverture sécurisant est retiré. Cette illusion de mouvement est accompagnée par une sensation de mise à nu.

L'espace se contracte horizontalement mais les lignes de glissandi divergents s'ouvrent sur l'espace du plan vertical. La flûte regagne sa position centrale et les cordes entrent dans un mouvement d'approche progressive. Les cycles d'opposition de mouvements qui oscillent entre des comportements réguliers et irréguliers donnent l'impression de sautes d'accélération temporelle.

L'intensité du dernier interlude donne lieu ici à une sorte de résolution : le temps retrouve sa direction. L'accumulation de répétitions énergétiques porte la progression musicale vers une croissance, puis un déclin. C'est une phase contrastante de stabilisation et de déstabilisation au niveau énergétique : le son semble résonner à *l'intérieur du corps*, sensation accentuée par l'intense intimité des vocalises de la flûte.

L'épisode itératif qui suit se caractérise par l'imitation hétérophonique entre des couches séparées dans l'espace. Leur interaction produit une masse épaisse et rythmique, faite de crachements et de grattements d'attaques – en contraste avec les timbres soyeux qui les précèdent. On retrouve les sonorités cuivrées d'un aspect métallique mais chaleureux, évoquant le son des trompettes. Les bourdonnements sont aussi de retour, pris dans une sorte de paroxysme de secousses. Les cycles de mouvements saccadés interagissent de façon asynchrone et aperiodique : leur interaction produit l'illusion de flux de mouvements continus et conjoints. L'effet temporel est celui d'une sensation contradictoire : la lenteur voluptueuse de la texture des cordes s'oppose à l'urgence des gestes de la flûte.

La concentration des fréquences autour d'une hauteur répétée réunit les strates divergentes de l'épisode précédent, mais au fur et à mesure qu'elles s'éloignent l'une de l'autre, ils forment l'image spatiale d'un entonnoir renversé. Le son remplit ainsi l'espace autour de l'auditeur d'une couche épaisse faite de multiples vaguelettes superposées. En contraste, la flûte reste vive dans le champ proche, tandis que les cordes s'étalent et forment une texture autour de la flûte. On remarque ainsi que l'opposition des plans flûte-cordes crée une expansion de perspective.

Cet épisode est donc caractérisé par la complexité des tensions opposées. Ceci fait apparaître des ondes de choc acoustique, ressenties comme des sauts d'intensité, des attaques abruptes semblables à une agitation nerveuse. Les gestes répétitifs maintiennent une lente croissance qui tend vers une résolution, puis disparaît brusquement.

La conclusion de l'œuvre se caractérise par sa lumière et la brillance de son éclat ainsi que par une cumulation chaotique de mouvements bidirectionnels qui s'écartent et en même temps convergent sur l'axe vertical ascendant. Les différents fils de glissandi s'entrecroisent en des mouvements verticaux et créent une trame chaotique qui semble s'étendre éternellement vers les hauteurs. On constate des changements radicaux et aléatoires d'intensité alors que les vitesses varient en fonction de la hauteur.

De lents cycles de mouvements oscillatoires sur l'axe vertical transforment l'immensité profonde de l'espace en se dirigeant longuement vers un point très élevé, qui semble toujours s'éloigner au fur et à mesure que l'on s'en approche. En même temps, l'espace du plan horizontal oscille en mouvements opposés d'approche et de récession. Le temps s'étire donc en une prolongation infinie : comme si le point final est continuellement différé, jusqu'à son abrupte disparition.

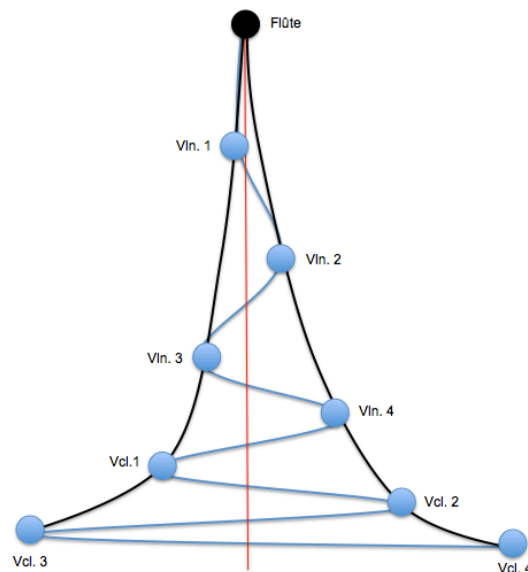
La mobilité des forces opposées suscite une sensation de balancement en avant et en arrière, mais l'intensité énergétique la rend plus proche d'un dérapage et d'une perte de contrôle. L'accumulation d'irrégularités maintient un état chaotique, dans lequel l'imprévisibilité du taux de changement et les pics d'énergie donnent une sensation d'incertitude : on entend bien le mouvement vers des points culminants, mais le changement de direction continue à paraître inattendu et surprenant. Ainsi, l'intense sensation d'attente et la puissance des forces d'inertie semblent retarder, à l'infini, l'effet de culmination dont l'élan a pourtant été pris. Quand l'œuvre finalement se termine, au lieu de s'éteindre doucement, elle s'enflamme soudainement, pour finir par se briser en une puissante déflagration.

II.4. L'output III : des relations particulières

Pour concevoir la dialogique de l'ordre et du désordre, il nous faut mettre en suspension le paradigme logique [...]. Il nous faut concevoir une relation fondamentalement complexe, c'est-à-dire à la fois complémentaire, concurrente, antagoniste et incertaine entre ces deux notions.⁴⁰⁵

Edgar Morin

Comme le suggère son titre, *Harmonies of Time and Timbre* explore les relations du temps et du timbre ainsi que les relations au sein des interactions à de multiples niveaux, afin de dégager un sens *harmonique*⁴⁰⁶ dans l'interconnectivité et la progression des matériaux sonores. Considérons, maintenant, les relations principales observées pendant l'écoute en temps réel. Comme nous l'avons déjà constaté, pendant la réception de *Harmonies of Time and Timbre*, on entretient une relation particulière avec les dimensions spatiales du son qui semblent entourer et même transpercer l'auditeur. Cette relation découle, dans un premier temps, de la disposition des instruments : la flûte soliste en position centrale et élevée, entourée par les huit haut-parleurs en une spirale de Fibonacci descendante. La configuration multicanale provoque des relations dynamiques complexes et des mouvements spatiaux canoniques qui évoluent rapidement.



Disposition des instruments en une spirale de Fibonacci.

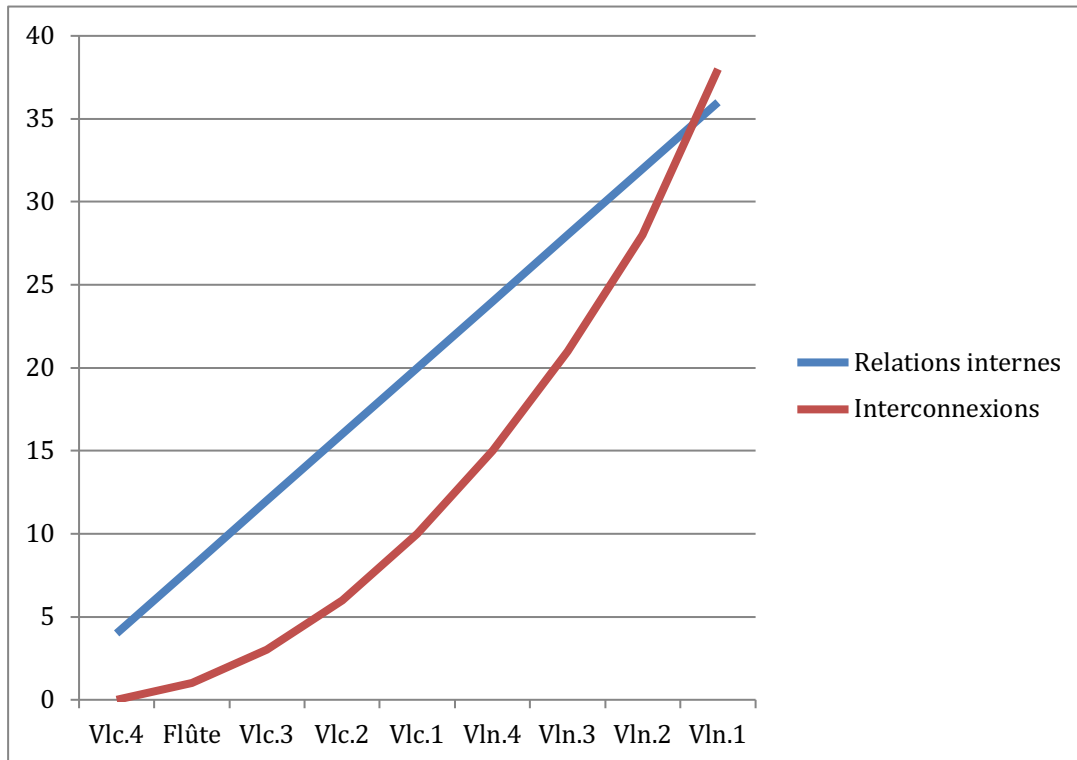
⁴⁰⁵ MORIN, *La Nature de la nature, op. cit.*, 1977, p. 80.

⁴⁰⁶ D'après la signification de l'harmonie de Pape. Nous allons approfondir cette définition dans le chapitre III.3.

Au cours de la progression de l'œuvre, la mise en relation des distances horizontales et verticales va renforcer l'impression d'un mouvement réciproque en spirale qui semble à la fois émaner du point central et confluer vers lui. Les positions relatives des sources sonores sont fixes, donc, dès le déferlement du premier agrégat harmonique, on perçoit avec une clarté linéaire les relations spatiales.

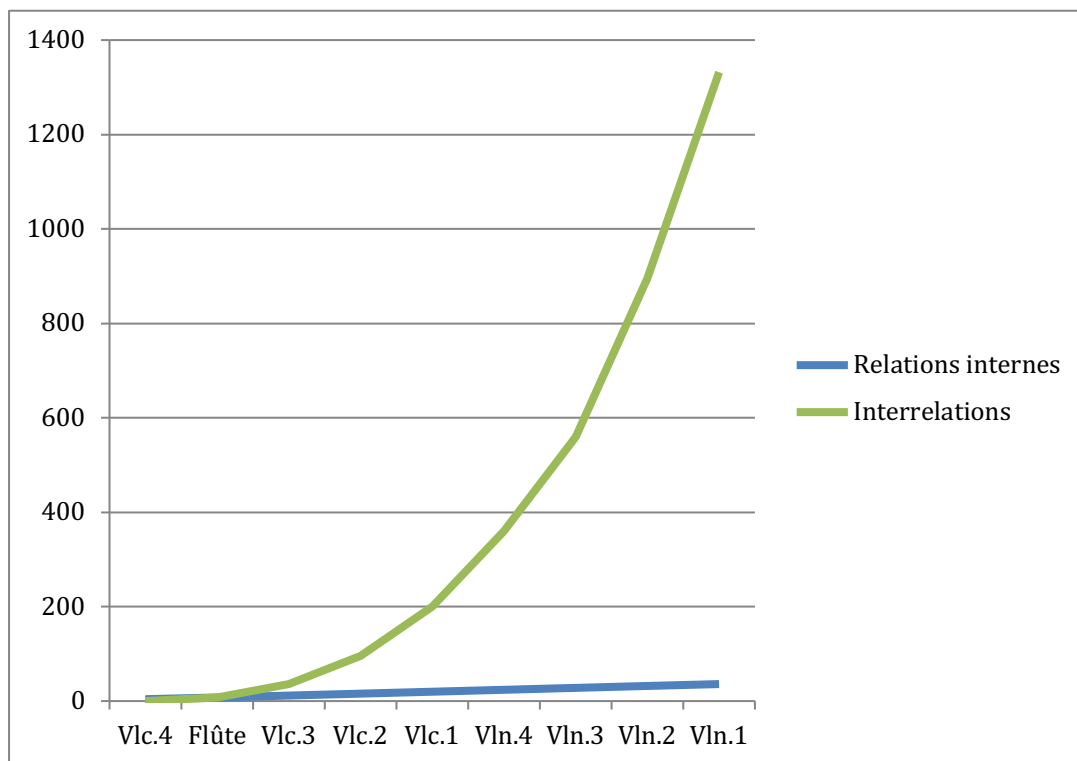
Ainsi, la relation entre les plans spatiaux, qu'ils soient proches ou lointains, profonds ou élevés, maintient un état cohérent entre l'expansion et la contraction autour de cet axe. Le dépliement des composants harmoniques depuis la note fondamentale, tenue par le quatrième violoncelle, crée une relation de dépendance structurelle entre la ligne du *cantus firmus* (extrêmement étendue) et toutes les autres parties instrumentales.

Les relations d'interaction et d'interconnexion entre les neuf « voix » harmoniques entretiennent un état évolutif. Le premier geste harmonique se déplie de façon régulière, selon les rapports temporels qui semblent inversement proportionnels à la hauteur. A l'addition de chaque nouvelle voix, le nombre de relations internes entre les méso-paramètres : hauteur, intensité, durée, timbre suit une croissance linéaire, tandis que le nombre d'interconnexions entre les instruments se multiplie de façon exponentielle, comme en témoigne le schéma ci-dessous :



Croissance des relations entre méso-paramètres et interconnexions entre les instruments.

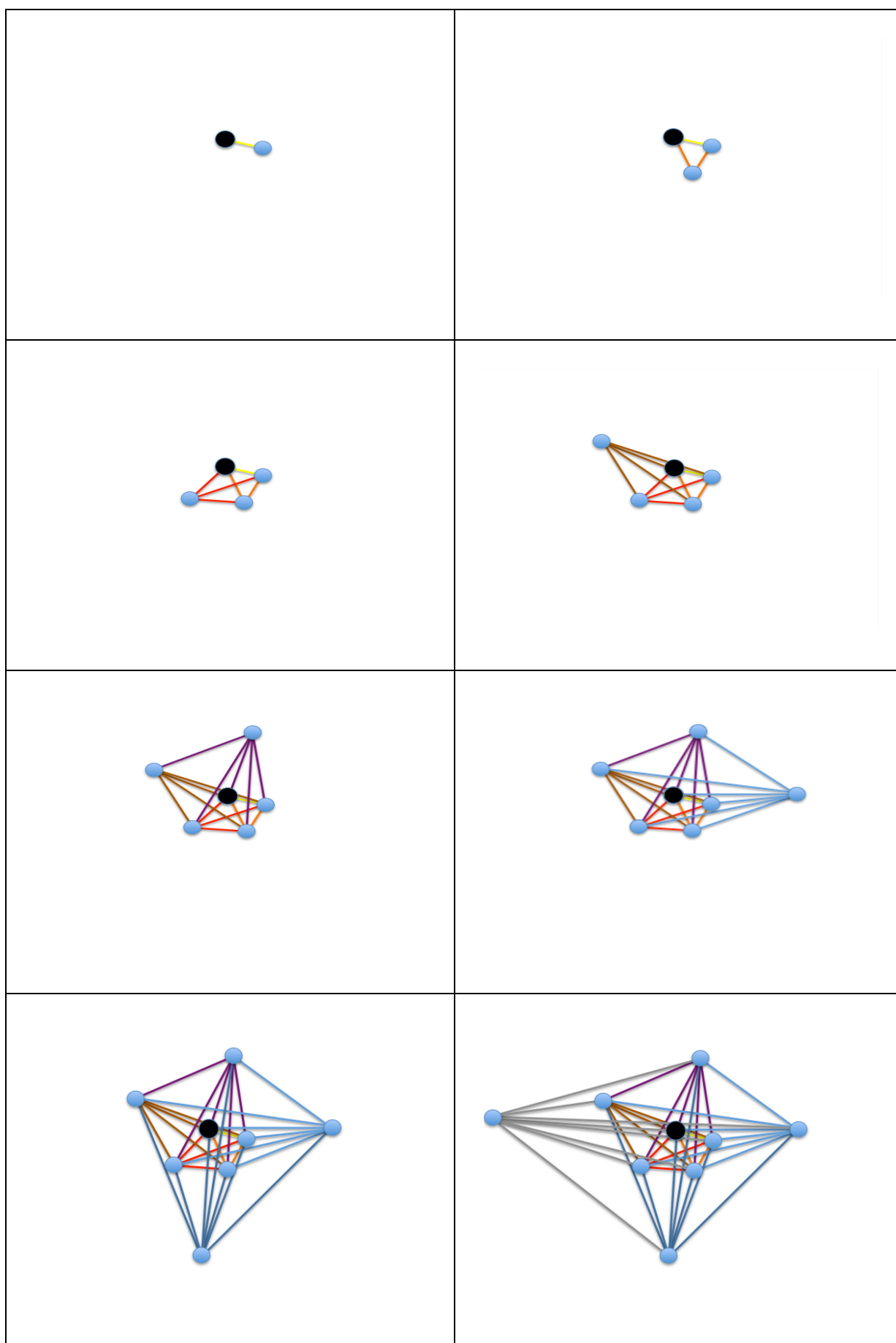
On constate dans le second schéma, qu'à l'ajout de chaque nouvel instrument, le nombre d'interrelations possibles entre les paramètres se complexifie très rapidement :



Complexification des interrelations entre les méso-paramètres.

Ainsi, il devient facile de comprendre d'où vient la métaphore du *labyrinthe* quand on considère l'évolution de la complexité des relations entre les neuf instruments. La complexité croissante des relations qui émergent selon l'organisation structurale en une suite de Fibonacci est résumée dans le tableau ci-dessous.

L'évolution des relations des instruments selon l'organisation structurelle en une suite de Fibonacci



Maintenant on peut considérer les multiples relations dans l'œuvre : les relations spatio-temporelles, les relations harmoniques, les relations de timbre et d'intensités, la relation forme-fond et l'organisation hiérarchique avant d'analyser le fonctionnement global.

II.4.1. Les relations spatio-temporelles

On constate un prolongement progressif et proportionnel de la durée de chaque agrégat sonore au cours de la Phase I et II, puis une contraction progressive et proportionnelle dans la Phase III. Cette relation macro-rythmique contraste avec les relations micro-rythmiques, qui marquent une accélération progressive des vitesses des pulsations internes des sonorités au cours du déploiement de l'œuvre. Chaque interlude entretient une relation proportionnelle de durée avec la Phase qui le précède : on a l'impression que la temporalité du premier interlude est diminuée de moitié par rapport à celle de la Phase I. Ces macro-changements de rapport de durée donnent l'impression d'un processus de dilatation et de contraction à grande échelle.

Les méso-relations rythmiques semblent émerger de l'interaction complexe des pulsations fluctuantes qui s'éparpillent dans l'espace. On constate alors que selon le mode d'écoute, ou plutôt, en fonction de la profondeur d'attention pendant l'écoute, il est possible de suivre, soit la pulsation d'une seule sonorité, soit les poly-rythmes qui émergent de l'interaction combinée des sonorités, soit le rythme interne hautement complexe de la texture émergente à la surface de la macrostructure.

Les deux interludes s'opposent rythmiquement par la discontinuité des flux éparpillés du premier et la continuité et la compression des flux du deuxième. Chaque phase est caractérisée par les relations rythmiques qui émergent de l'interaction aux niveaux inférieurs. La première phase se caractérise par l'instabilité des relations entre les couches de pulsations, la deuxième, par la superposition des vitesses proportionnelles dans une structure isorythmique, et la troisième, d'abord par l'imitation hétérophonique des rythmes, puis par le comportement progressivement plus chaotique des éléments rythmiques, jusqu'à l'effacement de la segmentation des durées individuelles par la continuité des mouvements de glissando. La vitesse et la durée de la contraction et l'expansion des couches superposées sont proportionnelles à la hauteur : les sonorités graves évoluent plus lentement, les plus aiguës oscillent plus vite et de façon angulaire.

Les relations entre des points fixes dans l'espace font apparaître des lignes de connexion harmonique, entendues comme des intervalles dont les composants se détachent et se rejoignent en formant d'autres configurations, et changeant ainsi leur qualité harmonique et

leur perspective linéaire dans l'espace. Les changements progressifs d'intensités provoquent un contrepoint de relations spatiales qui émerge comme une formation faite de multiples plans verticaux qui oscillent entre proche et lointain.

On entend émerger aussi des relations spatio-temporelles caractérisant chaque unité principale de l'œuvre. Le caractère vertical et stable des dimensions spatiales se trouve déstabilisé par les mouvements diffus du premier interlude. Ensuite, l'espace s'érige dans une horizontalité stratifiée, avant d'être compressé vers l'extrême profondeur du deuxième interlude. Finalement, l'espace va se transformer simultanément sur les deux axes, verticaux et horizontaux, en une expansion sphérique poussée à l'extrême. Ce changement de perception des relations spatiales pendant la progression de l'œuvre, produit l'effet d'un gonflement de l'espace par le son, dans un processus de dislocation des dimensions spatiales.

Les relations linéaires entre les couches du début s'effondrent au fur et à mesure que les lignes de relations s'entrecroisent, et tissent un réseau complexe autour du point central. Le premier violon entretient une relation particulière avec le soliste par sa proximité spatiale en même temps que par la proximité de registre des composants harmoniques. Ces relations de proximité de registre vont devenir centrales à la conclusion de l'œuvre : les instruments semblent « se passer le flambeau » avant de s'éteindre. En partant du registre grave, chaque instrument grimpe vers le registre de son voisin et s'éteint. Le son semble monter verticalement à la fois en hauteur de fréquence, mais aussi dans l'espace physique.

II.4.2. Les relations harmoniques

L'évolution progressive des agrégats sonores suit, au cours de l'œuvre, un continuum allant de la stabilité à l'instabilité. Les premiers agrégats entretiennent des relations d'intervalles stables, à l'exception de légers écarts venant du vibrato, jusqu'à la fin de la Phase I. Dans cette partie, en effet, l'harmonie parcourt les relations internes différentes entre ses composants en contraste avec la flûte, qui fluctue sur des micro-variations autour d'une même hauteur. La Phase II se caractérise par les changements constants des relations harmoniques : la tension créée par le décalage de lents cycles mélodiques, dirige l'attention sans cesse vers une nouvelle relation d'intervalles. Ce changement continu d'un état de tension à un autre, maintient l'attente d'une résolution harmonique à venir. Le violoncelle 4 entretient une relation *diagonale*⁴⁰⁷ avec les deux groupes : en tant que ténor, il dirige la progression harmonique (verticale) en même temps qu'il transforme la ligne mélodique

⁴⁰⁷ Nous reprenons le terme de Boulez afin de décrire cette double relation, cf. BOULEZ et SAMUEL, *Pierre Boulez, Éclats 2002*, op. cit., 2002, p. 302 à 303.

(horizontale), imitée en contrepoint par les voix supérieures. Leur décalage temporel a pour effet de mettre en œuvre un jeu d'isorythmie qui transforme les relations entre les lignes de façon continue. On aperçoit donc un changement constant de relations entre les hauteurs mélodiques par rapport à la ligne de basse et aux clusters formés par l'interaction des voix des violons.

La rupture harmonique du deuxième interlude nous plonge dans un agrégat dense et complexe, fait de lignes fluctuantes superposées. La mobilité des hauteurs est restreinte à de larges champs de vibrato, ce qui provoque un réseau de relations harmoniques globalement stables (il n'y a ni *progression* ni alternation d'agrégat) mais localement chaotique. L'oscillation entre les positions extrêmes provoque un changement de qualité des intervalles : on entend à la fois un accord de sol majeur-mineur et un renversement de l'accord de mi^b majeur. L'introduction des hauteurs de *fa* et de *do* par les violons contribue à confondre encore les interprétations harmoniques possibles. Ainsi, les larges vibratos entretiennent des relations verticales d'une extrême ambiguïté – la répétition cyclique des mouvements autour des hauteurs principales plongent l'intérieur de l'harmonie dans une modulation chaotique.

Cet état chaotique des relations harmoniques atteint un paroxysme dans la conclusion de l'œuvre. Les oscillations en vibrato sont élargies à l'échelle des très larges glissandi. Leur superposition conduit à une perte totale de repères harmoniques. Comme chaque voix est mobile, seule les attaques et les chutes en *fff* sont entendues comme des points de références harmoniques.

II.4.3. Les relations de timbre et d'intensité

Les changements d'intensité semblent entretenir une relation particulière avec les transformations du timbre : les intensités fortes sont caractérisées par des timbres plus métalliques et distordus (sons saturés, *sul ponticello*) tandis que les intensités faibles se caractérisent par l'état plus aéré du timbre (sons éoliens, *flautando*). On entend un continuum de couleurs de bruits différents et des changements de timbre provoqués par leur combinaison.

Ainsi, les trois phases principales sont caractérisées par l'évolution de la couleur des bruits explorés, et par la façon dont ces bruits sont excités. Dans la première, le bruit est déclenché abruptement. Cette discontinuité du timbre met en relation l'état précédent du timbre avec l'état suivant et la rupture apparaît comme une bifurcation ou une *catastrophe*⁴⁰⁸.

⁴⁰⁸ Dans le sens décrit par René Thom dans sa *Théorie des catastrophes*.

Dans la Phase II, la transition vers les timbres de bruit s'effectue de manière progressive. Les relations de contraste de timbre sont explorées par les oppositions de registre. La distance entre la basse et les autres voix est mise en valeur par les courbes d'intensité des violons dans leur registre aigu. La conclusion de l'œuvre est remarquable par la variation des couleurs du bruit *sul ponticello*. Ces spectres de bruit contrastent violemment avec les autres unités de l'œuvre. On entend donc un changement de perspective sur le son, allant des bruits abrasifs présents ou des bruits agressifs focalisés, aux bruits très diffus et lointains. Les couleurs sont aussi caractérisées par l'utilisation de registres extrêmes, par exemple les sons éoliens de la flûte couplés avec les suraiguës des violoncelles.

II.4.4. La relation forme-fond

La relation de coopération ou d'opposition des sonorités de la flûte et des cordes est perçue comme un conflit entre les sonorités. Ce conflit relationnel est reproduit dans l'opposition forme-fond au niveau des matériaux musicaux. De plus, les métamorphoses des relations de mouvement (geste) et de densité ou de diffusion (texture) au sein du continuum espace-temps entretiennent un état d'ambiguïté entre forme et fond. Parfois les sonorités de la flûte semblent disparaître : elles fusionnent dans un méta-timbre *combinatoire*, pour réapparaître ensuite sous un aspect différent. Le même processus s'applique à la différenciation de geste et de texture. Par la densification et l'unification progressive des sonorités, une texture peut se transformer en geste. Également, un geste peut être fissionné en de multiples flux indépendants, et ainsi se transformer en texture complexe et diffuse.

La relation d'interaction entre les dimensions fixes de l'espace physique, les transitions et les transformations du timbre et les comportements sonores dans cet espace provoquent, sans cesse, une réévaluation et une réinterprétation des attributions forme-fond. La relation entre le geste et la texture perçus demeure donc très instable : elle se module au gré de la perception instantanée de l'auditeur.

II.4.5. L'organisation hiérarchique

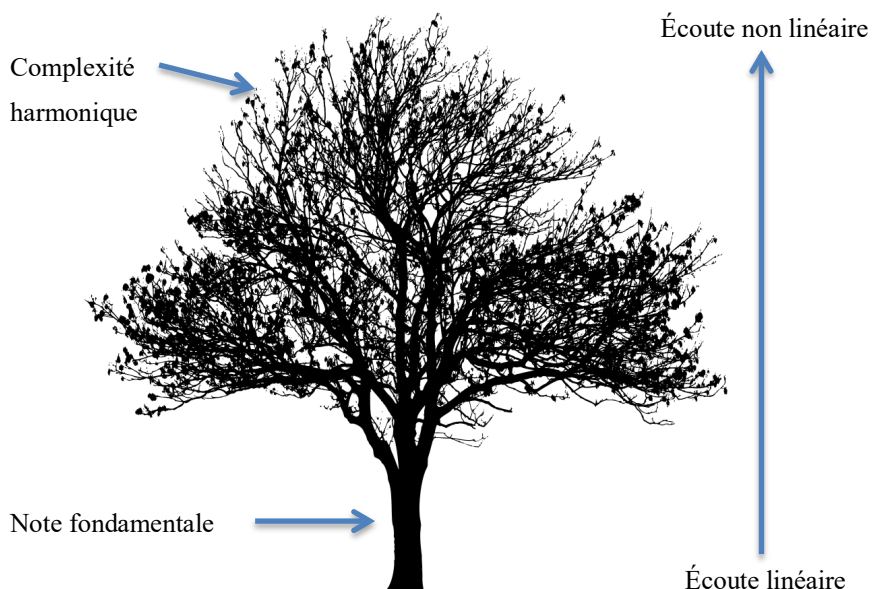
Dès l'ouverture de *Harmonies of Time and Timbre*, le dépliement des matériaux établit une organisation hiérarchique entre les différentes parties de la texture. Les deux extrémités de registre (et de la spirale) définissent des points de référence hiérarchique : le violoncelle 4 qui dirige la progression harmonique et la flûte située au point central autour duquel cette progression se développe. Cependant, la nature morphogénétique de l'évolution des matériaux musicaux est telle qu'il est difficile d'arriver à définir ailleurs des niveaux hiérarchiques

stables. Même la position de la flûte se trouve compromise par la fusion de son timbre avec les voix inférieures.

Les relations entre les niveaux temporels de la structure forment un réseau arborescent : de multiples branchages harmoniques émergent à partir de la note fondamentale. Ainsi on est en mesure de constater une croissance de la densification de relations harmoniques au cours de l'évolution de chaque agrégat harmonique. Au fur et à mesure que les relations se complexifient, l'écoute est amenée à se détacher du mode linéaire et à parcourir la structure harmonique de façon non linéaire.

Ces mêmes relations se retrouvent, au niveau de la perception, dans un rapport forme-fond : les gestes se distinguent en tant que branches tandis que les textures s'entremêlent du fait de la complexité et du mouvement interne des couches superposées qui interagissent. L'analogie de l'arbre sert de modèle intéressant pour démontrer la relation hiérarchique des niveaux de perception des mouvements. Considéré globalement, on peut voir le mouvement général d'un arbre dans le vent, mais si l'on regarde de près, on remarque que chaque feuille vacille indépendamment : l'ensemble de mouvements est chaotique.

Hiérarchie de relations en arborescence



Les unités principales entretiennent entre elles des relations de proportions temporelles. On notera que la durée de l'Interlude I est en rapport 2 : 1 avec celle de la Phase I et dans le cas de l'Interlude II, 3 : 1 par rapport à la Phase II. La relation entre les trois phases est une relation d'extension temporelle, de développement harmonique, d'équilibre des

mouvements structuraux et de contraste organisationnel, comme nous avons pu le montrer en détail dans le chapitre précédent.

II.4.6. Le fonctionnement global

Les modulations des structures harmoniques, des états de texture et de timbre, des états comportementaux (d'accumulation ou de dissipation d'énergie, de changements de vitesse de pulsation et de vibrato et de hauteur fixe ou mobile) font émerger un réseau complexe de relations qui, ensemble, gouvernent les forces génératrices et la cohésion de l'œuvre.

Les principes de consonance-attraction et de dissonance-répulsion s'intègrent simultanément sur des différents niveaux structurels et ainsi, entretiennent le conflit local et global ressenti par l'auditeur ainsi que l'ambiguïté de la relation soliste-ensemble. L'opposition des états de stabilité et d'instabilité s'opère selon les mêmes principes : la stabilité harmonique globale est assurée par des modulations extrêmement lentes tandis que, localement, le taux de changement que l'on perçoit est caractéristique d'un haut niveau d'instabilité interne.

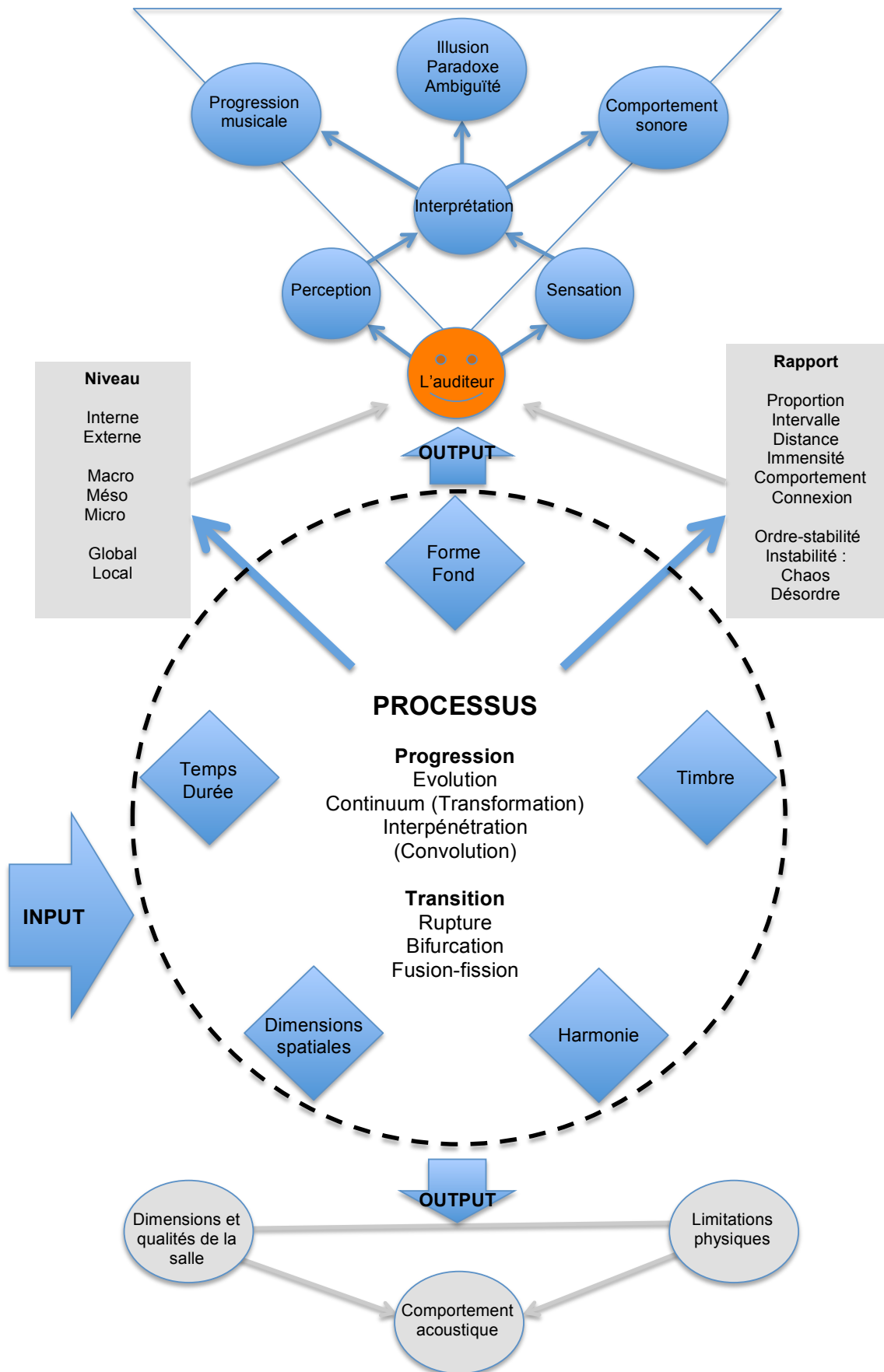
On constate également, une relation ambiguë entre la stabilité de la tension locale, (générée par la complexité de l'interaction harmonique des composants) et la croissance de la tension globale, alimentée par la lenteur des changements. L'évolution en lenteur permet à l'auditeur de porter son attention sur les détails locaux, tout en formant des hypothèses globales lors de l'écoute en cours. Globalement, la tension se construit en arrière-plan par la lente accumulation des changements, ainsi que par le mouvement harmonique dirigé par la ligne fondamentale qui part du point le plus grave de l'œuvre jusqu'à son apogée. Au final, on peut affirmer que la macroforme émerge comme « un mouvement architectural à grande échelle »⁴⁰⁹.

⁴⁰⁹ PAPE, *MusiPoéSci*, *op. cit.*, 2015, p. 134.

Relations des caractéristiques générales des macro-unités

Macro-unité	Phase I	Interlude I	Phase II	Interlude II	Phase III
Progression harmonique	Verticale	Verticale : chaotique	Linéaire et verticale	Linéaire : chaotique	Stable puis chaotique
Texture	Homophonique	Fragmentée	Polyphonique (isorythmique)	Dense	Hétérophonique
Espace	Strates verticales	Diffusion	Strates horizontales	Expansion horizontale en profondeur	Annulaire : expansion verticale et contraction horizontale
Temps	Ralenti	Accélération	Cyclique	Hors temps	Ralenti et prolongement
Durées	Progressivement plus longues	Chaotiques et rapides	Progressivement plus longues	Étendues à l'infini	Progressivement plus courtes
Timbre	Perçant et agressif, métallique			Riche et résonnant	
Intensités	En lente transformation (cresc./decresc.)	Erratiques et éphémères		Fort et pulsant	

L'émergence de relations dans Harmonies of Time and Timbre



II.5. L'identification de l'œuvre système⁴¹⁰

Qu'ont en commun architecture et musique ? Le calcul de proportion. L'architecte et le compositeur doivent diviser un ensemble en plusieurs parties afin de créer une forme appropriée.⁴¹¹

Gérard Pape

Dans son ouvrage *Musicologie générale et sémiologie* Jean-Jacques Nattiez définit l'analyse de la partition comme l'analyse du niveau neutre (ANN). Il qualifie ce niveau d'analyse de *descriptif* tandis que l'analyse des dimensions esthétiques et poïétiques constitue une démarche *explicative*. L'approche systémique que nous avons choisie comme méthodologie, nous permet de renverser les rôles ainsi définis par Nattiez afin que l'investigation de la partition nous fournisse plutôt une explication qui renvoie à la description de l'œuvre saisie au moment de sa réception en temps-réel, c'est-à-dire, au niveau esthétique.

L'explication analytique est précisée par Lewes dans son étude des 'Principes de la certitude' comme « la décomposition des faits de l'expérience en leurs composants et l'assignation d'une place à chacun ; ainsi, rendre compte des phénomènes renvoie à une représentation imagée ou symbolique, de ce qui n'est pas mais qui, sous d'autres conditions *pourrait être* »⁴¹². On peut dire alors que les informations dans la partition symbolisent ce qui *pourrait être*, et qui ne viendra à être qu'à l'instant de la réalisation musicale.

La finalité de notre investigation de la partition est de dégager les lois d'organisation globale afin de découvrir les mécanismes d'émergence responsables de l'apparition des formes, des phénomènes et des relations saisies par la perception et décrites lors de l'investigation esthético-cognitive de l'output. Nous chercherons donc à comprendre la partition à la fois comme construction formatrice (qui fait apparaître l'œuvre) et comme source d'information portant sur un système qui la transcende (l'attracteur ou la cause conceptuelle).

Cette démarche nous permettra de définir les composants de l'œuvre et de les caractériser à partir des informations objectives contenues dans la partition afin de dégager les

⁴¹⁰ Ce chapitre porte sur la partition de *Harmonies of Time and Timbre* que l'on peut consulter en annexe.

⁴¹¹ PAPE, *MusiPoéSci*, *op. cit.*, 2015, p. 197.

⁴¹² LEWES, *Problems of Life and Mind*, *op. cit.*, 1875, p. 3, "the decomposition of the facts of Experience into their components, and the assigning to each its place ; so that what is called accounting for a phenomenon is the pictured, or symbolosed, representation of what is not, but what under other conditions might be", notre traduction.

règles qui gouvernent leurs comportements. Ainsi, il sera possible de mettre en relief *l'attracteur* qui est tracé par la partition. Roy nous rappelle :

Comme dans un jeu, les règles constituent des contraintes à l'intérieur desquelles le compositeur met en application diverses stratégies pour atteindre un but esthétique. L'auditeur participe *a posteriori* à cette dialectique entre stratégie et règles : il la retrace consciemment ou inconsciemment à travers l'œuvre, il développe ainsi une « compétence » spécifique à l'œuvre, l'autorisant à émettre, au cours d'une audition en temps réel, ses propres hypothèses sur les voies que l'évolution musicale peut emprunter.⁴¹³

Il fait ainsi apparaître clairement que la compétence de l'auditeur est une condition essentielle à la formation des hypothèses. La connaissance, l'appréciation et l'évaluation ne dépendent que de la perception de ce qui se passe réellement dans un jeu ou une œuvre d'art – Meyer affirme qu'elles dépendent aussi de l'habileté de l'observateur à imaginer ce qui aurait pu se passer et à évoquer des hypothèses à partir des règles.⁴¹⁴

II.5.1. L'organisation structurelle de l'input

Afin de dégager la structure complexe et hiérarchique de *Harmonies of Time and Timbre*, nous allons fixer les frontières spatio-temporelles de notre investigation aux niveaux structuraux décrits par Pape dans son ouvrage *MusiPoéSci*. Le niveau global ou macro prend en compte les groupements temporels qui définissent les grandes sections de la forme ; les niveaux locaux dont méso et micro : des groupements des événements locaux aux microstructures telles que l'événement sonore.

Les frontières des comportements seront définies par l'espace des phases, ce qui détermine les limites des champs d'action au sein des processus dynamiques. Sur le plan de la macroforme, l'espace des phases comprend les *états* généraux ou l'évolution des macro-textures. C'est-à-dire le continuum des formes spatio-temporelles : de la polyphonie à la complexité, au chaos et au désordre. Les méso-comportements prennent en compte l'évolution du timbre général qui est décrit par le continuum de complexité harmonique et de densité texturale de la note, la série harmonique, le cluster et le bruit. Finalement, l'espace des phases des micro-paramètres comprend le contrepoint des micro-paramètres tels que la durée, la vitesse de pulsation (tremolo), la fréquence (hauteur), le vibrato et la vitesse de vibrato, l'intensité (dynamique), le timbre et le mode de jeu instrumental.

⁴¹³ ROY, *L'analyse des musiques électroacoustiques, modèles et propositions*, op. cit., 2003, p. 491.

⁴¹⁴ Dans *ibid.*

En ce qui concerne l'articulation des durées et des hauteurs, les éléments décrits au préalable par le compositeur dans les notes de la partition portent sur le micro-comportement des paramètres d'intensité et de hauteur. Pape explique que les durées générales sont définies en secondes et que chaque partie instrumentale suit des vitesses de pulsation et de vibrato indépendantes et variables dans le temps. Ensemble, elles créeront un effet de multiples couches de vitesses en interaction complexe. Les deux micro-vitesses décrites sont indépendantes l'une de l'autre :

- La vitesse de pulsation : l'entretien de chaque son intègre une variation rythmique interne. Ce concept est emprunté à la musique électronique où l'amplitude du son est modulée par un LFO⁴¹⁵ afin de produire un effet de tremolo : une micro-modulation de l'intensité du son.
- La vitesse de vibrato : la hauteur de l'entretien du son subit des micro-modulations entre un quart de ton et un demi ton autour d'une hauteur centrale dans une figure de *gruppetto* dont la vitesse est variable.

On trouve aussi dans les notes de la partition une description des « chemins de timbre » : c'est-à-dire des continuums pour la modulation du timbre de chaque instrument par des variations du mode de jeu. Ce principe caractérise les partitions de Pape qui introduit un paramètre supplémentaire de variation continue des composants spectraux, pendant l'entretien du son.

Enfin, le placement des haut-parleurs et la mise en scène du soliste sont soigneusement décrits afin d'assurer une spatialisation spécifique en forme de spirale de Fibonacci qui émane d'un point central en hauteur où se trouve la flutiste. Le placement et l'élévation des haut-parleurs autour du point central sont indiqués avec une grande précision (comme le montre le tableau ci-dessous). Le placement d'une table de mixage pour la projection sonore et l'amplification du soliste sont aussi décrits.⁴¹⁶

⁴¹⁵ Low Frequency Oscillator : oscillateur à fréquence basse

⁴¹⁶ Cf. en annexe, *Harmonies of Time and Timbre*, partition annotée.

Placement et élévation des instruments et des haut-parleurs⁴¹⁷

Angle de l'arc	Longueur du rayon	Proportion	Instrument	Hauteur 1	Hauteur 2
0°	18 cm	1/1	Flûte	89 cm	144 cm
10°	30 cm	2/1	Violon 1	55 cm	89 cm
20°	48 cm	3/1	Violon 2	34 cm	55 cm
30°	78 cm	5/1	Violon 3	21 cm	34 cm
50°	126 cm	8/1	Violon 4	13 cm	21 cm
80°	204 cm	13/1	Violoncelle 1	8 cm	13 cm
130°	330 cm	21/1	Violoncelle 2	5 cm	8 cm
210°	534 cm	34/1	Violoncelle 3	3 cm	5 cm
340°	864 cm	55/1	Violoncelle 4	2 cm	3 cm

Les hauteurs des notes détaillées dans la partition sont accompagnées par un chiffrage de leurs fréquences exactes. La raison en est que l'échelle des douze tons a été remplacée par une échelle micro-tonale. De plus, l'octave semble être divisée en au moins 54 micro-tons. La distance entre deux tons peut être exprimée selon huit positions intermédiaires, chacune avec une distance approximative de 22 cents (le demi-ton étant 100 cents et l'octave 1200 cents).



Il y a donc 9 positions micro-tonales qui séparent le ton, ainsi que neuf sources sonores jouées par neuf instruments et diffusées par neuf haut-parleurs.

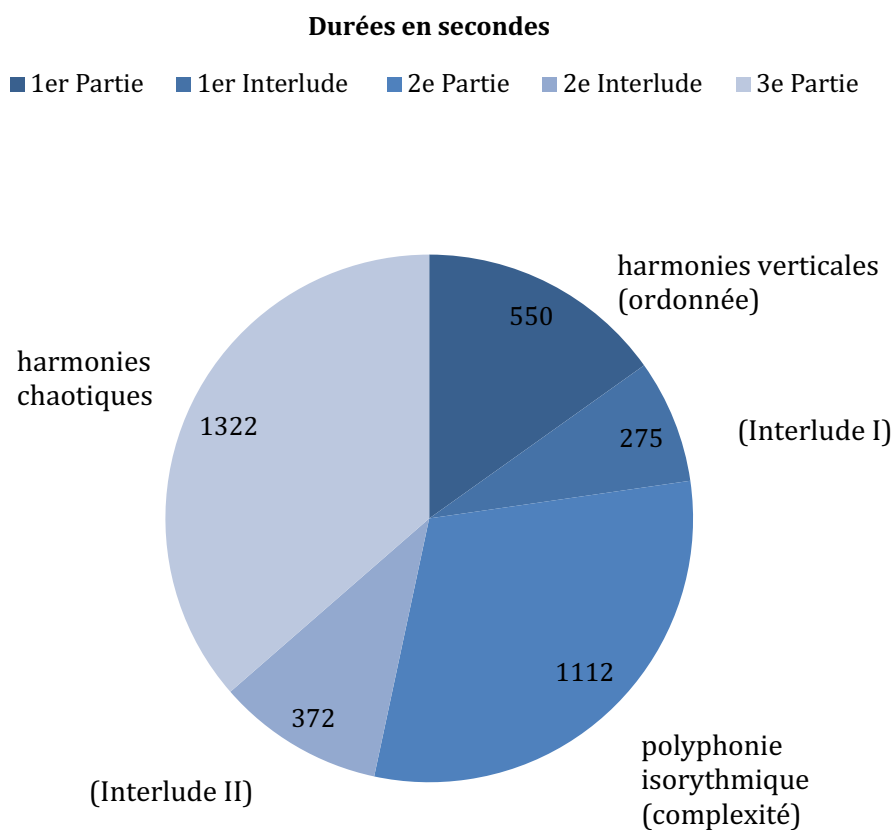
⁴¹⁷ Selon les dimensions de la salle de concert, il y a deux choix pour l'élévation des instruments et des haut-parleurs (Hauteurs 1 et 2). Trad. fr.

II.5.2. L'identification typologique des éléments

II.5.2.1. Les éléments globaux

La partition est essentiellement découpée en trois macro-unités intercalées par des interludes électroacoustiques. L'œuvre-système traverse donc cinq états généraux qui forment ensemble le macro-système. Chaque phase se distingue par l'organisation des structures harmoniques basées sur des groupements de fréquences et de durées fondamentales et par le comportement des 9 composants sonores qui sont représentés par la flûte et les huit cordes. La fréquence-durée fondamentale de chaque structure est jouée par le violoncelle 4, lui conférant ainsi un rôle structurant au sein de l'organisation globale (*cantus firmus*).

La structure temporelle globale



Les trois phases principales se caractérisent par leur structure harmonique qui transforme l'architecture à grande échelle allant des harmonies verticales et ordonnées à une structure isorythmique qui fait apparaître la complexité harmonique, et finalement jusqu'aux structures chaotiques faites des mouvements de glissandi asynchrones.

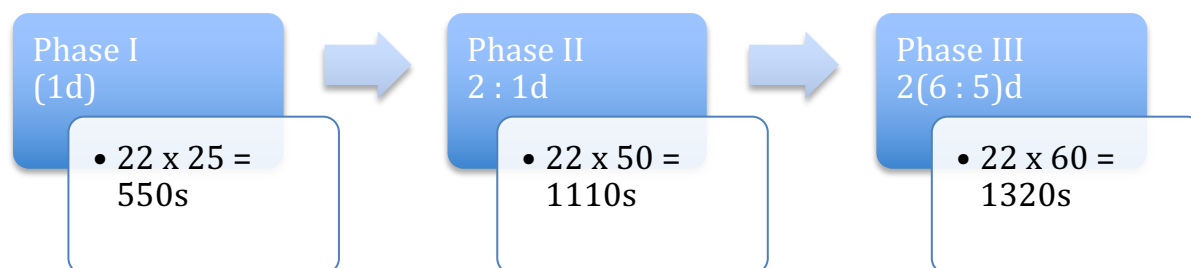
Les mouvements harmoniques globaux et leurs durées peuvent être mis en évidence par les ratios suivants :



Phase I + Interlude I		Phase II + Interlude II		Phase III	
550s	275s	1112s	372s	1322s	
				600,75s	721s
550 X 3/2 = 825 550/2 = 275		1112 x 4/3 = 1482 550X2 = 1110 1112/3 = 371		600,75 x 6/5 = 721 600,75 + 721 = 1322 1110 x 6/5 = 1320	

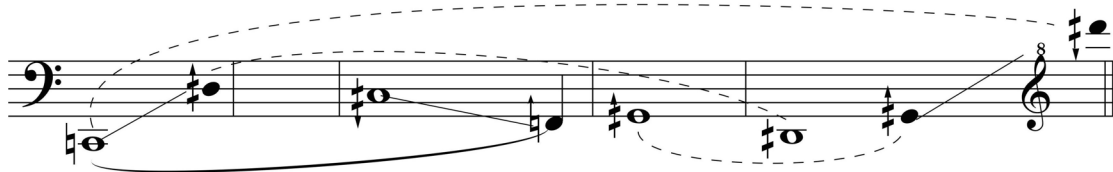
Les proportions des macro-durées sont ainsi définies par les relations « harmoniques » qui représentent une contraction d' « intervalle » au sein de la structure interne. On voit émerger une relation entre les macro-durées qui correspondent aux ratios des intervalles d'une quinte (3 : 2), puis d'une quarte (4 : 3) et finalement d'une tierce mineure (6 : 5). C'est à dire que les relations entre les parties principales et les interludes sont régies par un processus de contraction « harmonique » sous-jacente à grande échelle. De plus, le rapport de 6 : 5 qui définit la durée de la partie finale par rapport à la deuxième partie, s'applique également aux proportions internes de l'organisation des durées au niveau inférieur.

En même temps, on constate un processus d'expansion entre les proportions des trois parties principales : les durées principales partagent un dénominateur commun de 22, ce qui peut être considéré comme la valeur fondamentale de l'organisation des durées. On verra plus tard que cette valeur est, en fait, *la valeur fondamentale* qui génère toutes les autres relations au sein de l'œuvre. Cette relation met encore en valeur les ratios fondamentaux entre les trois phases principales :



Les fréquences fondamentales tracent un cheminement global avec un premier mouvement ascendant partant de la note la plus grave du violoncelle, *Do*₂, jusqu'à *Ré*₃^{(3/9)#} suivi par un mouvement descendant qui arrive sur un *Sol*₂^{(3/9)#} qui sera prolongé pendant la totalité du deuxième interlude, et qui sera ensuite le point de départ du grand mouvement

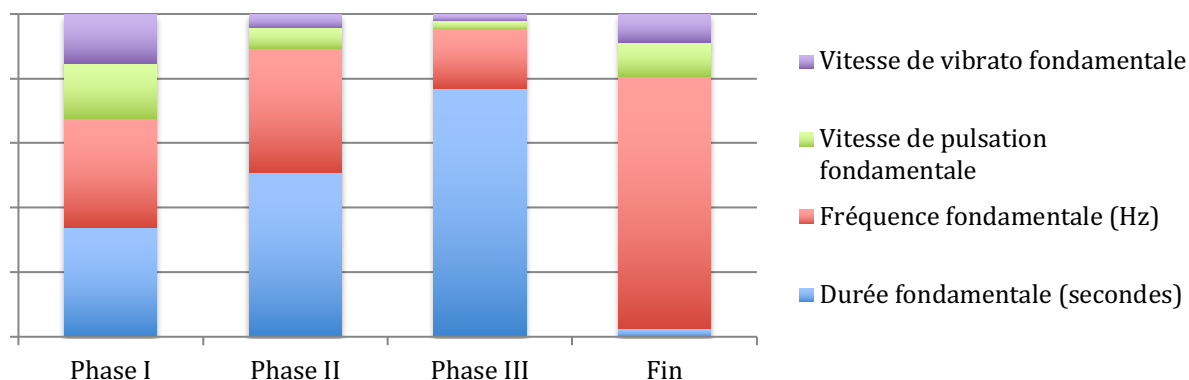
dissipatif qui traverse l'étendue du registre disponible jusqu'à la limite de l'extrême aigu à la fin de l'œuvre.



L'espace des phases est formé par les valeurs fondamentales (de fréquence, de durée, de vitesse de pulsation et de vitesse de vibrato) et par leur transformation selon des relations gérées par les ratios des nombres entiers. Le tableau suivant nous montre l'évolution globale de l'espace des phases des valeurs fondamentales :

	Phase I	Phase II	Phase III
Durée fondamentale (secondes)	66 à 154	176 à 267	311 à 10
Fréquence fondamentale (Hz)	65,4 à 152,6	133,53 à 88	75,46 à 2400
Vitesse de pulsation fondamentale	33 à 19,11	22 à 11,66	10 à 318
Vitesse de vibrato fondamentale	30 à 15	15 à 9,88	8,57 à 272

A partir de ces données on constate d'abord une croissance progressive des durées fondamentales suivie par une décroissance dans la Phase III. L'évolution des fréquences fondamentales est en expansion dans la Phase I, en contraction dans la Phase II jusqu'au début de la Phase III, où l'on remarque une croissance extrêmement importante. Il y a un ralentissement général des vitesses de pulsation et de vibrato jusqu'à la dernière partie où une croissance rapide des vitesses des micro-transformations est évidente. Un schéma nous permet de montrer le changement de rapport entre les valeurs fondamentales au début de chaque phase principale :



II.5.2.2. Les méso-séquences

Les transitions entre les composants harmoniques de fréquence, de durée et de vitesse de modulation nous semblent les plus pertinents pour les méso-groupements, le temps jouant un rôle primordial dans la construction du timbre et de l'espace multidimensionnel.

Phase I

La structure ordonnée de la première partie, Phase I, est articulée par une séquence de cinq structures harmoniques qui donnent lieu à un groupement IA, IB, IC, ID, et IE. Chaque événement comprend la construction d'une seule structure harmonique qui prend forme à partir d'un ton fondamental et de ses partiels qui évoluent au cours d'une durée fondamentale. Les huit cordes construisent ce spectre harmonique verticalement, tandis que le soliste le dépeint horizontalement par son mouvement mélodique.

Chacune de ces structures est régie par une fréquence fondamentale (fF), une durée fondamentale (dF) et une vitesse de pulsation fondamentale (V_{pulsF}), ces trois éléments étant liés par un ratio fondamental qui détermine ses composants spectraux et qui gouverne l'évolution de son contenu harmonique et son timbre. Les ratios et valeurs fondamentaux des cinq structures qui constituent la Phase I sont mis en évidence dans le tableau suivant qui décrit son évolution globale :

Phase I	IA	IB	IC	ID	IE
Ratio	$P_n=(n+2)/2$ 3 : 2	$P_n=(n+3)/3$ 4 : 3	$P_n=(n+4)/4$ 5 : 4	$P_n=(n+5)/5$ 6 : 5	$P_n=(n+6)/6$ 7 : 6
Intervalle musical	5 ^{te} juste	4 ^{te} juste	3 ^{ce} Majeur	3 ^{ce} mineur 6/5	3 ^{ce} mineur 7/6
Fréquence fF	65,4 Hz	87,2 Hz	109 Hz	130,8 Hz	152,6 Hz
Durée dF	66 sec	88 sec	110 sec	132 sec	154 sec
Vitesse de pulsation V_{pulsF}	33 ppm	22 ppm	27,3 ppm	16,36 ppm	19,11 ppm
Relation entre Durée et Vitesse	$66/33$ = 2	$88/22$ = 4	$110/27,3$ = 4	$132/16,36$ = 8	$54/19,11$ = 8
Nombre total de pulsations	$33/60 \times 66$ = 36	$22/60 \times 88$ = 32	$7,3/60 \times 110$ = 50	$16,36/60 \times 132$ = 36	$19,11/60 \times 154$ = 49
Vitesse de vibrato V_{vibrF}	(30)	(15)	(15)	(15)	(15)

L'organisation structurelle de la Phase II

Les ratios sont appliqués à la fréquence, à la durée et à la vitesse relative de pulsation pour chaque partiel. La durée relative de chaque partiel harmonique est inversement proportionnelle à sa fréquence. Appliqués à la durée fondamentale, on trouve donc les partiels de longueur décroissante et de vitesse croissante. La vitesse de pulsation des partiels (VpP) est donc inversement proportionnelle à la durée des partiels (dP).

Par exemple, dans la structure IA, il y a une fréquence fondamentale de 65,4 Hertz, une durée fondamentale de 66 secondes et une vitesse de pulsation fondamentale de 33 pulsations par minute (ppm). On note que la vitesse égale la durée divisée par 2. Chaque instrument effectue un total de 36 pulsations, on peut donc constater que le nombre de pulsations est égal à la vitesse multipliée par la durée :

$$\begin{aligned} n^{\circ}Puls &= VpF \times dF \\ 36 &= 33/60 \times 66 \end{aligned}$$

Cette relation donne un nombre fixe de pulsations pour chaque structure harmonique qui comprend le spectre total de chaque groupement. Le nombre de pulsations ($n^{\circ}Puls$) est alors une constante.

Une série de partiels est construite sur la fréquence fondamentale selon des proportions données par le ratio fondamental. Pour la structure IA on trouve les ratios $3/2$, $5/2$, $7/2$, $9/2$, $11/2$, $13/2$ et $15/2$, c'est-à-dire, les partiels impairs. La fréquence du partiel 1 = $3/2 \times fF$, du partiel 3 = $5/2 \times fF$ et ainsi de suite. On peut donc décrire cette relation par la formule suivante :

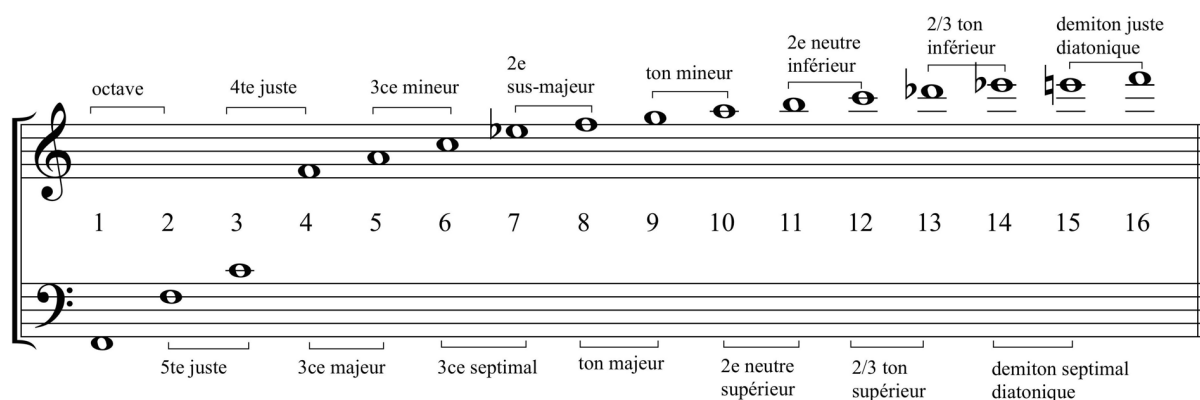
$$FP_n = (n + 2)/2 \times fF$$

Afin de comprendre le système structurel qui génère les données pour la première phase, nous avons résumé la première structure harmonique IA dans le tableau ci-dessous. Ce tableau représente donc une liste de données pour la construction du premier événement sonore.

Composant du spectre	Ratio $P_n = (n + 2)/2$	Fréquence $fF \times P_n$	Durée $dF \times 1/P_n$	Vitesse de pulsation $V_{puls}F \times P_n$	Vitesse de vibrato $V_{vibr}F \times P_n$
F		65,4	66	33	(30)
P1	3/2	98,1	44	50	45
P3	5/2	163,5	26,4	83	75
P5	7/2	228,9	18,9	116	105
P7	9/2	294,3	14,7	149	135
P9	11/2	359,7	12	182,5	165
P11	13/2	425,1	10	219	195
P13	15/2	490,5	8,8	249	225

Détail de la structure du premier événement sonore

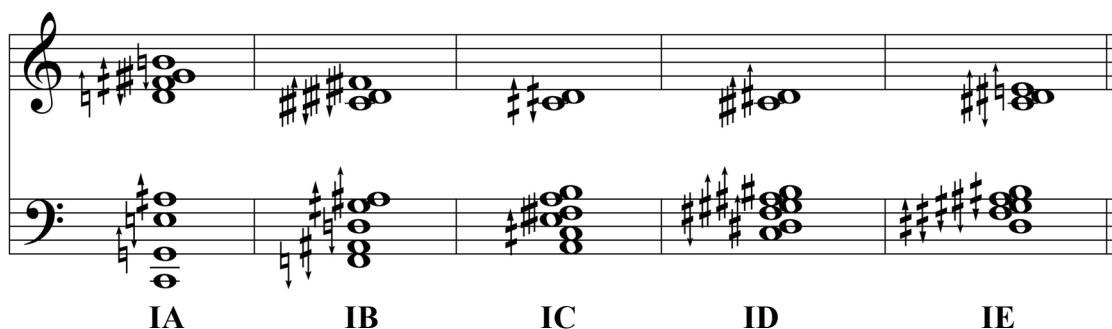
On remarque dans ce tableau que la progression des ratios sur lesquels sont construites les structures harmoniques et qui détermine les intervalles entre les composants, suit un processus de transformation par lequel les rapports entre les composants diminuent de structure en structure. On constate une contraction des distances sur l'axe vertical (des hauteurs) à grande échelle en même temps qu'une expansion des durées fondamentales. Il s'agit, en fait, de la suite des ratios entre les partiels de la série harmonique :



L'acoustique définit une série harmonique comme une série de partiels dont les fréquences sont des multiples entiers du son fondamental. Les partiels qui seront produits à partir des ratios des nombres qui ne sont pas des multiples les uns des autres seront donc considérés « inharmoniques ». C'est-à-dire que la structure de chacun des agrégats sonores allant de IA à IE aura un spectre qui deviendra de plus en plus « inharmonique. »

Afin de mettre ce processus en lumière, nous avons ci-dessous reconstruit les cinq structures de base à partir des 7 premiers partiels de chaque note fondamentale. Cette représentation simplifiée montre clairement le processus de contraction progressive des

intervalles verticaux et la densification des séries qui deviennent plutôt des agrégats-clusters pour finalement se rapprocher des spectres de bruit. On voit alors que la contraction progressive des intervalles dessine un continuum entre la fondamentale et la série harmonique construite sur ce ton, et que progressivement il devient plus inharmonique en allant vers le bruit.



Les agrégats harmoniques de la Phase I

Cependant, le système structurel de *Harmonies of Time and Timbre* n'est pas limité aux premiers huit partiels des séries inharmoniques mais s'étend jusqu'aux lointains extrêmes de la série. Dès le deuxième agrégat sonore on trouve les 31^e, 34^e et 35^e partiels dans la ligne de flûte. Elle va élargir sa portée aux partiels de plus en plus lointains – elle s'attarde sur les 105^e et 106^e partiels au-dessus de la fondamentale pour toute la durée du cinquième agrégat. A ce point, seuls quelques micro-tons séparent ces deux sonorités de l'extrême registre de la flûte.

Comme le comportement de la ligne supérieure est plutôt d'ordre linéaire que vertical, on pourrait supposer que la flûte a un rôle mélodique au-dessus des agrégats *inharmoniques*. Mais, en fait, elle dessine plutôt des tons isolés les uns des autres, plus liés par leurs caractéristiques de timbre et par leur appartenance à la structure fondamentale que par une cohérence de mouvement mélodique. Les intervalles qui séparent la ligne de flûte des autres parties montrent clairement une action binaire de séparation et d'intégration (fission et fusion) de cette ligne dans l'architecture spectrale des agrégats sonores.

De plus, on relève une relation intéressante entre les durées et les vitesses : cette relation suit un « chemin vers le chaos » :

Doublement de période					
Phase I	IA	IB	IC	ID	IE
Relation entre	66/33	88/22	110/27,3	132/16,36	54/19,11
Durée et Vitesse	= 2	= 4	= 4	= 8	= 8

Ce chemin d'une bifurcation vers le chaos par le *doublement de période*, est une des particularités de l'œuvre de Pape : on le retrouve notamment dans *Makbénach, Le fleuve du désir* et *Battle*⁴¹⁸. L'interlude qui suit directement cette première phase montre des comportements chaotiques sur le plan spatio-temporel sous-lignés par les sauts erratiques d'intensité. Cependant, il apparaît que ceux-ci ne sont pas mis en évidence dans la partition.

En résumé, au niveau des mésostructures, au fur et à mesure que la ligne fait son mouvement d'ascension, on remarque une croissance de la durée fondamentale en même temps que la vitesse de pulsation fondamentale suit une évolution décroissante. Au niveau des microstructures, on constate une contraction des intervalles entre les composants du spectre et de leurs durées respectives ainsi qu'une vitesse de pulsation croissante au niveau de la microstructure, allant du bas de l'agrégat vers le haut.

Interlude I

Les deux interludes pour dispositif électroacoustique à huit canaux sont résumés sur la partition par leurs durées et par leurs transformations temporelles de niveau général (à transformer par les mouvements de fondu sur la table de mixage). La partition suggère un grand mouvement de vague allant de *pppp* à *ffff* puis de nouveau à *pppp*.

<i>Structure Interlude I</i>				
Vln. 4 : 91,66s (<i>dF</i> x 1/3)	81/64	32/27	3/2	Vln. 3 : 91,66s (<i>dF</i> x 1/3)
Vln. 2 : 116s			32/27	Vlc. 1 : 116s
Vlc. 2 : 137,5s (<i>dF</i> x 1/2)			Vln. 1 : 137,5s (<i>dF</i> x 1/2)	
	Vlc. 3 : 183,33s (<i>dF</i> x 2/3)			
Vlc. 4 : <i>dF</i> = 275s				

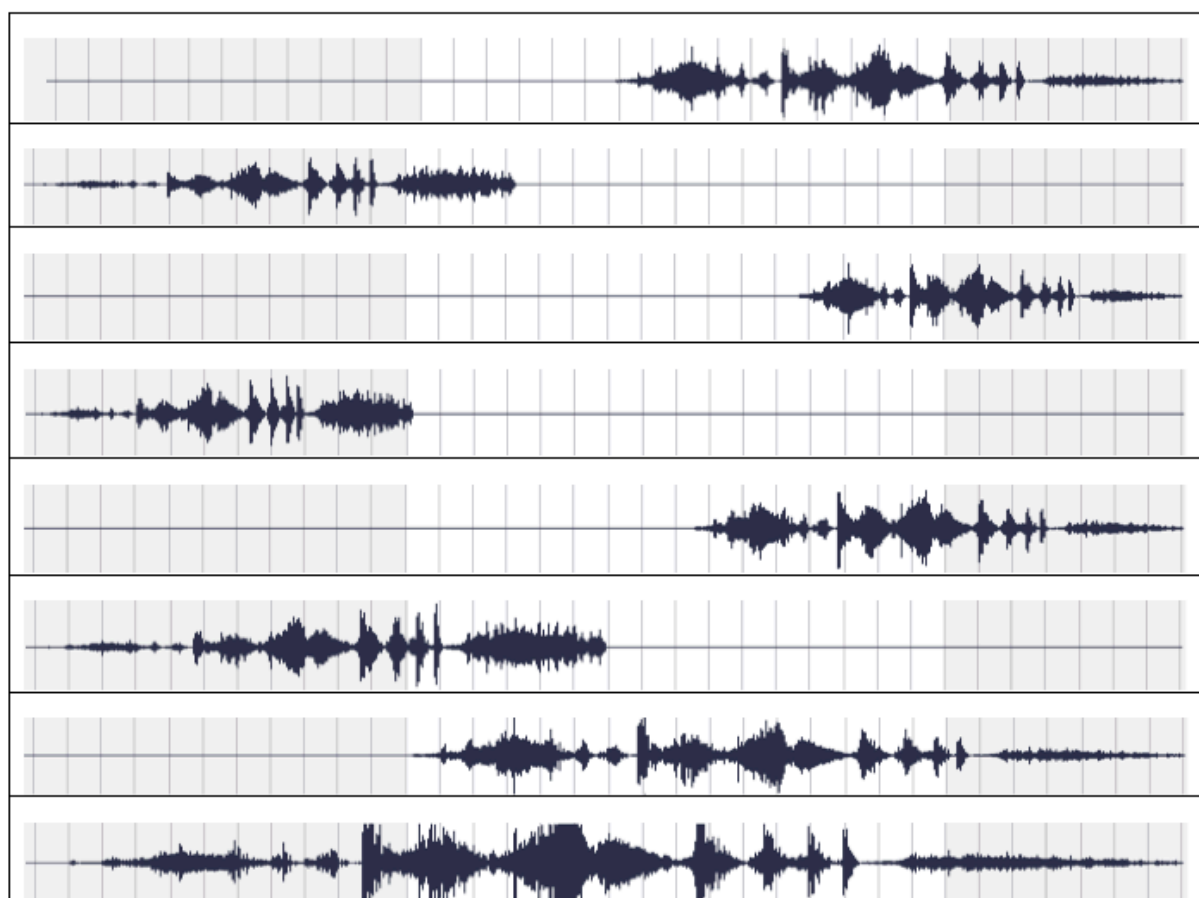
Les durées des séquences différentes et leurs positions spatiales sont aménagées selon le plan ci-dessus. Le haut-parleur du violoncelle 4 tient toujours le rôle structurant au-dessus duquel les autres s'érigent dans un mouvement qui semble d'abord « se vider » vers le bas et puis « se remplir » de nouveau vers les hauteurs. Les relations entre les durées respectives relèvent encore des rapports de ratios de la série harmonique qui correspondent aux intervalles de la quinte juste, de l'octave, puis à l'intersection de la quinte juste qui tombe entre le diton de Pythagore 81 : 64 et la tierce mineure de Pythagore 32 : 27.

⁴¹⁸ Cf. DARBON Nicolas, *Les musiques du chaos*, Paris, Harmattan, 2006, p. 112 à 123.

On peut imaginer en lisant la partition qu'il va y avoir un mouvement correspondant depuis les aigus vers les graves et puis un retour progressif vers l'aigu. Au contraire, les canaux 1 et 2 (qui correspondent aux violons 1 et 2) ne sont plus limités à leurs registres aigus comme ils le sont dans la première partie. Les informations pour la mise en œuvre des interludes relèvent plutôt de la transformation de densité sonore et du niveau d'intensité relatif entre les haut-parleurs. Elles portent surtout sur la gestion sonore dans l'espace de diffusion.

Résumé des transformations d'intensité et de mouvement spatial

Interlude I



Phase II

La deuxième phase est encore organisée autour d'une séquence de cinq structures harmoniques, IIA, IIB, IIC, IID, IIE, à la différence que les « voix » indépendantes sont organisées selon une forme isorythmique et cette séquence représente en même temps le *talea*. La relation fondamentale entre les instruments est conservée et donc, la « voix » de la fondamentale génère toutes les parties supérieures, soit sous forme mélodique, soit sous forme harmonique. Le « ténor » est donné par le violoncelle 4, qui représente aussi les valeurs

fondamentales qui génèrent toutes les structures harmoniques. Il présente en une fois le *talea* et le *color* qui sont synchrones (IIA, IIB, IIC, IID, IIE) et qui définissent la durée totale de cette partie.

En contraste avec la première partie, ici toutes les structures de base sont *harmoniques*, c'est-à-dire, leurs partiels sont des multiples d'une fréquence fondamentale. Comme les composants harmoniques ne sont pas ajustés afin de se conformer à la gamme de tempérament égal, les structures harmoniques restent fidèles aux fréquences exactes déterminées par les ratios fondamentaux et donc comprennent des intervalles micro-tonaux.

Les ratios et les valeurs fondamentaux des cinq structures qui constituent la deuxième partie sont mis en évidence dans le tableau suivant qui décrit son évolution globale :

	IIA	IIB	IIC	IID	IIE
Ratio spectral	$P_n=(n+1)/1$	$P_n=(n+1)/1$	$P_n=(n+1)/1$	$P_n=(n+1)/1$	$P_n=(n+1)/1$
Intervalle musicale	7 : 8 2 ^e sus-majeur	8 : 9 ton majeur	9 : 10 ton mineur	10 : 11 2 ^e neutre supérieur	11 : 12 ¾ ton (2 ^e neutre supérieur)
Intervalle musicale	Série harmonique	Série harmonique	Série harmonique	Série harmonique	Série harmonique
Fréquence fF	133,53 Hz	116,92 Hz	105,39 Hz	95,93 Hz	88,03 Hz
Durée dF	176 sec	201 sec	223 sec	245 sec	267 sec
Vitesse de pulsation $V_{puls}F$	16,72 ppm	14,64 ppm	13,96 ppm	12,71 ppm	11,66 ppm
Relation entre Durée et Vitesse	$176/16,72 = 10,5$	$201/14,64 = 13,7$	$223/13,96 = 16$	$245/12,71 = 19,2$	$267/11,66 = 22,9$
Nombre total de pulsations	$16,72/60 \times 176 = 49$	$14,64/60 \times 201 = 49$	$13,96/60 \times 223 = 52$	$12,71/60 \times 245 = 52$	$11,66/60 \times 267 = 52$
Vitesse de vibrato $V_{vibr}F$	(15)	(13,136)	(11,84)	(10,77)	(9,883)

L'organisation structurelle de la Phase II

Le tableau ci-dessous résume les relations entre le contenu harmonique et les durées/vitesses respectives de la structure IIA. On remarque que les 2^e et 4^e harmoniques sont exclues afin d'éviter le doublement des octaves au sein des structures, ce qui permet de garder une richesse harmonique naturelle.

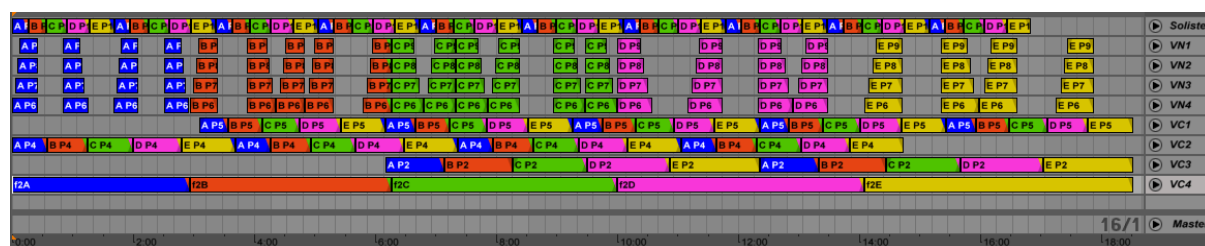
Composant du spectre	Ratio $P_n = (n + 1)/1$	Fréquence $fF \times P_n$	Durée $dF \times 1/P_n$	Vitesse de pulsation $V_{puls}F \times P_n$	Vitesse de vibrato $V_{vibr}F \times P_n$
F		133,53	176	16,72	(15)
P2	3/1	400,58	58,67	50,15	45
P4	5/1	667,65	35,20	83,6	75
P5	6/1	801,18	29,30	100,32	90
P6	7/1	934,71	25,14	117,04	105
P7	8/1	1068,24	22	133,76	120
P8	9/1	1201,77	19,56	150,48	135
P9	10/1	1335,30	17,60	167,20	150
P10	11/1	1468,83	16	183,92	165

A la différence des formes isorythmiques traditionnelles, ici, le *talea* et le *color* sont transformés selon le ratio fondamental, sur lequel repose la construction de chaque structure harmonique. La progression sous-jacente des cinq séries harmoniques est résumée ici :

Les agrégats harmoniques de la Phase II

Les violoncelles et la flûte suivent donc la forme isorythmique et répète le « *talea-color* » en boucle à des vitesses et des fréquences déterminées par les ratios fondamentaux. Ainsi la structure comprend simultanément une texture harmonique et une texture polyphonique, l'une imbriquée dans l'autre. Les quatre violons sont groupés avec le ténor et forment les piliers harmoniques verticaux. Il y a un mouvement général vers le bas : le ténor traverse l'intervalle d'une quinte entre do et fa.

Un aperçu global de l'organisation de la Phase II



Le nombre de cycles répétés par chaque instrumentiste correspond à son partiel (P_n) :

- 2 cycles de P2, (Vlc. 3)
- 4 cycles de P4, (Vlc. 2)
- 5 cycles de P5, (Vlc. 1)
- 10 cycles de P10, (Fl.)

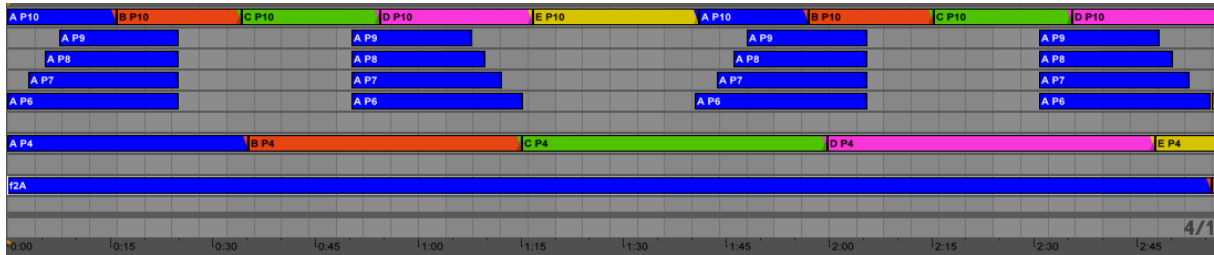
En revanche, les violons qui portent les partiels P6, 7, 8 et 9 sont groupés en fonction de leur note fondamentale respective.

On constate que, pendant la durée de chaque structure fondamentale, il y a des composants harmoniques qui appartiennent à la structure fondamentale (ceux des quatre violons) et d'autres qui lui sont étrangers (ceux des trois autres violoncelles et celui de la flûte). De ce fait, l'ordre harmonique vertical est perturbé par les tons « étrangers » en progression linéaire qui introduisent ainsi des éléments de rupture avec l'ordre établi et des éléments de tension harmonique en transformation dynamique. De plus, les groupements verticaux partagent des points de synchronisation, soit par attaque, soit par désinence.

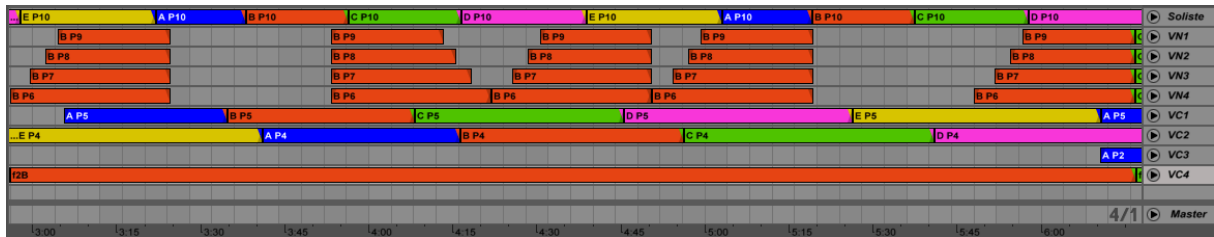
La relation entre les valeurs des durées et des fréquences fondamentales n'est pas conforme avec celle de la première partie où $dF = fF$. Ici, tandis que les durées continuent dans leur schéma de croissance selon le modèle des partiels de la série harmonique, les fréquences suivent un processus de décroissance selon l'inverse des ratios. Ainsi, cette partie est articulée par un *talea* qui consiste en durées qui se rallongent et en fréquences qui diminuent : une ligne mélodique qui se rallonge en s'étirant vers les profondeurs.

Aperçu des cinq structures harmoniques groupées selon les valeurs fondamentales

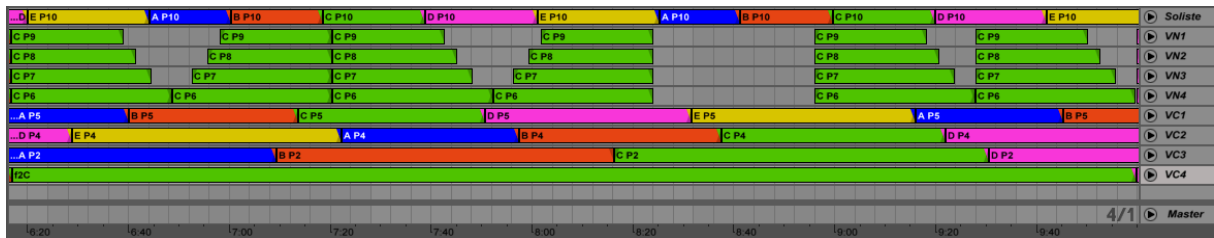
IIA



IIB



IIC



IID



IIE



Interlude II

La partition nous offre peu d'indices sur l'organisation méso- et micro-structurelle du deuxième interlude. Les valeurs représentées relèvent encore de la transformation des intensités et définissent des mouvements de decrescendo et de crescendo qui suggèrent une série de fermetures et d'ouvertures dynamiques. Afin de mieux comprendre l'organisation des éléments de cet interlude, nous avons relevé, à partir des 8 pistes individuelles de l'enregistrement, quelques informations à propos des composants fréquentiels et de leurs comportements.

Contrairement au premier interlude, ici les sonorités de la flûte ne participent pas à la texture sonore. Les huit pistes s'organisent autour de la transformation des sonorités des cordes à environs 98Hz (fréquence principale du *sol*²). Il n'y a pas de pointes de synchronisation précises entre les huit pistes, mais elles semblent être groupées en paires selon leurs caractéristiques de timbre et de fréquence. Chaque canal a une courbe d'intensité indépendante des autres.

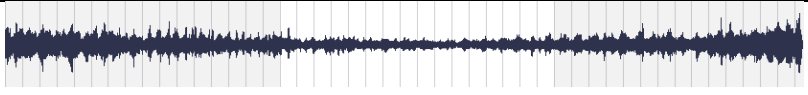

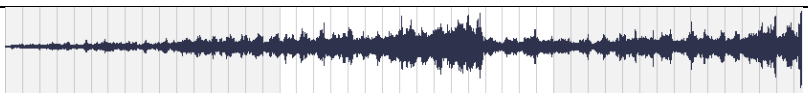
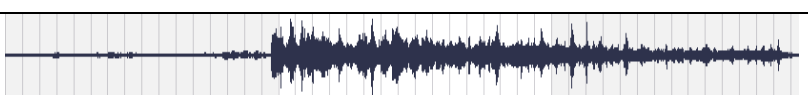


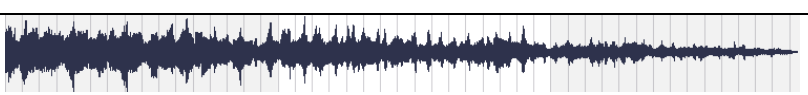

La structure harmonique est extrêmement ambiguë à cause des transformations asynchrones de la hauteur et du timbre, simultanément dans les huit pistes. Chaque piste n'est pas limitée à une seule sonorité à la fois et parfois on trouve plusieurs couches de sonorités superposées dans une seule piste. Chaque fréquence est modulée par un mouvement de vibrato très large et des vitesses de vibrato et de pulsation en transformation continue, ainsi que les chemins de timbre qui suivent encore la courbe d'intensité, allant de *molto ponticello fortissimo* à *molto tasto pianissimo*.

Ensemble, ils forment un cluster ondulant autour de la fréquence principale et qui module cette fréquence d'un intervalle allant jusqu'à une tierce mineure dans chaque direction (*Mi* à *La*[#]). A cette bande de fréquences s'ajoute des partiels supérieurs *Sol* 4 et 5 et puis *Do* 3, 4, 5 et *Fa* 5. Les sonorités aiguës restent cependant à un niveau d'intensité bien moins important que les sonorités graves : elles laissent simplement des traces subtiles d'activité harmonique dans la zone des fréquences aiguës.

Les modulations de vibrato à l'intervalle d'un demi-ton soulignent une relation de résolution harmonique qui ne cesse pas de changer d'appui – d'abord vers la note supérieure, puis vers l'inférieure. Ainsi, les multiples couches de vibrato soulignent des relations de résolution qui sont en interaction complexe : non seulement les hauteurs sont instables, mais la direction de l'appui de résolution harmonique semble basculer d'un côté vers l'autre, et ceci à de multiples couches superposées.

Résumé des transformations de la hauteur et de l'intensité

Interlude II

Piste	Hauteur	Courbe d'intensité
1	<i>La2 – Sol#2</i>	
2	<i>Do3+ Sol/#4</i> <i>Sol2</i>	
3	<i>Do5 – Do4</i> <i>Sol/#2 – Fa/#2</i>	
4	<i>Do4 – Sol2</i>	
5	<i>Sol 2</i>	
6	<i>Sol/# 2 + Do5</i>	
7	<i>La/#2</i>	
8	<i>Ré/#3</i>	

Phase III

La Phase III est marquée par l'introduction des glissandi et par des ruptures structurelles et comportementales qui articulent trois séquences différentes. Les deux premières séquences semblent suivre l'évolution de la suite des durées et des fréquences fondamentales désignées dans les premières deux phases, à la différence que l'ordre des valeurs fondamentales est inversé. Puis on remarque une bifurcation abrupte de l'organisation initiale vers des groupements de durées décroissants qui semblent suivre une suite de Fibonacci négative avec de légers écarts des valeurs. Ces écarts introduisent des « événements exceptionnels »⁴¹⁹ dans l'organisation structurelle, éléments qui perturbent la stabilité et viennent bousculer l'ordre en provoquant des comportements chaotiques au niveau temporel. La dernière phase se divise en trois séquences, comme le montre le tableau suivant.

⁴¹⁹ Cf. XENAKIS, « Musiques formelles », *art. cit.*, 1963, p. 37.

	IIIA + IIIB		IIIC							
	600,75s		721s							
Ratio	13/14	12/13	4/3	10/7	3/2	8/5	5/3	7/4	9/5	25/24
Fréquence fF	75,46 Hz	84 Hz	100	136	190,47	285,7	457,13	761,88	1333,3	2399,94
Durée dF	311,5s	289,25s	200	205	123	82	52	31	18	10
Vitesse de pulsation $VpulsF$	10	10,76	13,45	17,93	25,33	37,9	60	99,73	174,04	218,16
Relation entre Durée et Vitesse	311,5s/ 10 = 31,15	289,25s/ 10,76 = 26,88	14,87	11,43	4,83	2,16	0,86	0,31	0,1	0,05
Nombre total de pulsations	52	52	45	39	52	52	52	52	52	36
Vitesse de vibrato $VvibrF$	8,57	9,23	11,54	15,39	21,75	32,54	51,38	85,4	149,03	272,44

L'organisation structurelle de la Phase III

La première séquence se distingue d'abord parce qu'elle surgit de l'intérieur de l'interlude II, puis par son jeu de glissandi en doubles-cordes : une corde est soutenue tandis que l'autre suit un trajet mobile depuis un point de départ commun. Toujours sur une note fondamentale au violoncelle 4, les partiels se déploient horizontalement et en imitation linéaire avec un décalage temporel, faisant ainsi apparaître une texture hétérophonique :

Harmonies of Time and Timbre, extrait p. 32.

La flûte mène le même jeu « en double » que les cordes par l'addition d'un contrepoint vocal, mais en y ajoutant l'articulation des consonants et des voyelles. Les éléments vocaux complexifient le spectre en introduisant des transitions harmoniques et rythmiques par les changements de formants et d'articulation bruiteuse (*tsà – shé-fi –yo* etc.) Les glissandi animent ainsi des continuums mobiles sur le plan fréquentiel d'abord dans les cordes, puis la voix, et finalement la flûte, qui peut produire les transitions continues entre deux hauteurs grâce à son dispositif télescopique.⁴²⁰

La deuxième séquence, encore en imitation hétérophonique, développe plutôt la discontinuité par son jeu d'articulation en tremolo rapide et variable. Une ligne de transitions par glissandi micro-tonaux est centralisée autour d'une bande de fréquences très serrée, doublée à l'octave.

521
Flute

52 pulsations: 48,27" (♩ = 64,56)
vibr. = 0,92osc./s. +/- 1/21 (♩ = 55,38)

43'59,4"

ord. → ord.

44'47,6"

vibr. = 1,85osc./s. +/- 1/2 (♩ = 110,76)

45'08,9"

45'33"

ffffz > fffz < fffffz > fffz

ffffz > fffz < fffffz > fffz

Harmonies of Time and Timbre, extrait p. 33.

La flûte semble « déclencher » chez les violons un processus d'imitation qui se propage dans deux directions simultanément : du bas en haut et de haut en bas. Les violoncelles transforment une série harmonique en glissandi au-dessus de la fondamentale, tenue encore par le violoncelle 4.

La troisième séquence est caractérisée par son instabilité et son organisation complexe : chaque partie suit un trajet oscillatoire en glissandi entre deux partiels de la « série inharmonique », aux durées, vibrato et vitesses rythmiques relatifs. Cette séquence terminale de l'œuvre traverse huit « transitions de phases harmoniques », selon un plan de densité et de complexité décroissant. Chaque spectre est construit sur une fondamentale qui s'éteint à sa terminaison, passant ainsi son rôle structurel à la partie instrumentale supérieure. Ce jeu de « passer le flambeau » conduit l'œuvre inévitablement à son destin ultime : son extinction totale. Le tableau suivant résume les huit « transitions de phases harmoniques ».

⁴²⁰ Cf. « glissando head-joint ».

III C : a b c d e f g h

Les agrégats harmoniques de la Phase III C

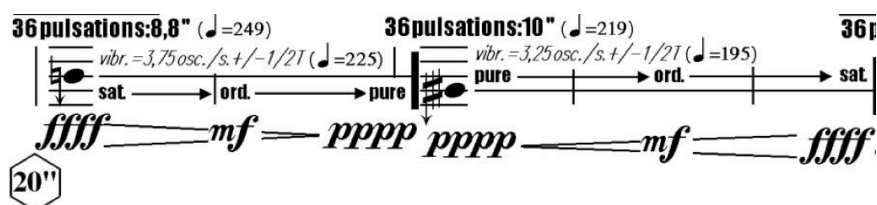
La partition met en évidence un réseau complexe de mouvements interdépendants et de structures harmoniques extrêmement instables, ainsi qu'un mouvement général d'accélération, de dé-densification et de transformation de la tessiture allant des graves jusqu'aux extrémités aiguës des registres des instruments.

Harmonies of Time and Timbre, p. 35.

L'extinction progressive des parties, du bas jusqu'en haut, désigne en même temps une contraction spatiale des sources sonores qui disparaissent de façon à souligner l'organisation en spirale des haut-parleurs. L'espace sonore se rétrécit en allant de l'extérieur vers un point central et du bas vers les hauteurs.

II.5.2.3. Les éléments locaux : des micro-événements

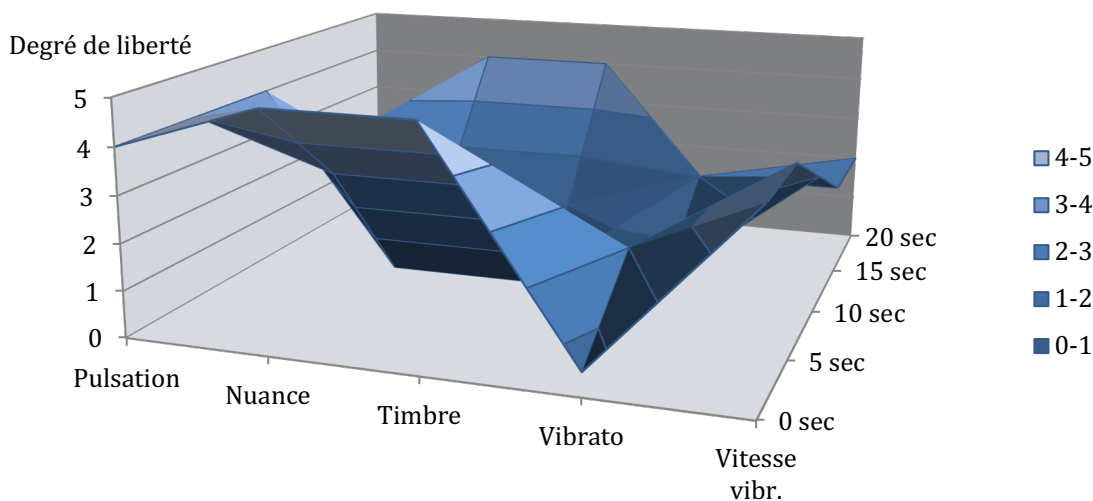
Sur l'échelle des micro-paramètres, on constate que de mesure en mesure, l'état instantané de chaque structure suit un continuum de transformation de la hauteur (par les variations de l'intervalle de vibrato et de sa vitesse), de la micro-intensité (les pulsations), de la méso-intensité (les transformations de nuance), du timbre (par le mode de jeu) pour aller vers une complexité grandissante selon le nombre de voix actives à un instant donné. De structure en structure, on suit des changements de densité et de complexité, qui sont marqués par leur mode de transformation : soit de manière continue, soit par les bifurcations abruptes, soit de manière chaotique. Plus l'agrégat devient *inharmonique* en allant vers le bruit, plus les modes de transformation et les macro-comportements des éléments se complexifient.



Harmonies of Time and Timbre, extrait (flûte) p.1.


Un diagramme de phase démontre l'interaction complexe et dynamique entre les micro-paramètres de la flûte ici sur une évolution paramétrique de 20 secondes. Notons que ceci ne représente qu'un seul élément de la texture et que chaque instrument trace simultanément des trajectoires aussi complexes. Le degré de liberté pour chaque paramètre est simplifié à une échelle entre 0 (pas de transformation) et 5 (transformation importante).

Diagramme de phase des micro-paramètres (partie flûte)



Les micro-changements de timbre sont transformés selon le *chemin de timbre* allant de « pur » à « saturé » pour la flûte et de *molto tasto* à *molto ponticello* pour les cordes. Les chemins de timbre sont directement liés avec le continuum d'intensité. De plus, les caractéristiques du timbre des instruments à cordes sont nuancées par la corde particulière employée pour la production des sonorités. Les premiers deux agrégats sont distingués par l'instruction de produire toutes les fréquences sur la corde inférieure de l'instrument (*do* pour les violoncelles et *sol* pour les violons).

Lien entre les chemins de timbre et le continuum des intensités



Cordes	<i>pppp</i> <i>molto tasto</i>	<i>pp</i> <i>poco tasto</i>	<i>mf</i> <i>ordinario</i>	<i>ff</i> <i>poco ponticello</i>	<i>fff</i> <i>molto ponticello</i>
Flûte	<i>pppp</i> <i>pur</i>		<i>mf</i> <i>ordinario</i>	<i>fff</i> <i>saturé</i>	

On constate alors que tous les paramètres du son sont transformés, soit sur le plan des mésostructures afin de créer les macrostructures, soit sur le plan des microstructures dont la transformation reste dans les limites définies par les mésostructures. Considérées sous l'optique des structures dynamiques, ces transformations représentent le comportement des éléments à tous les niveaux de l'œuvre-système.

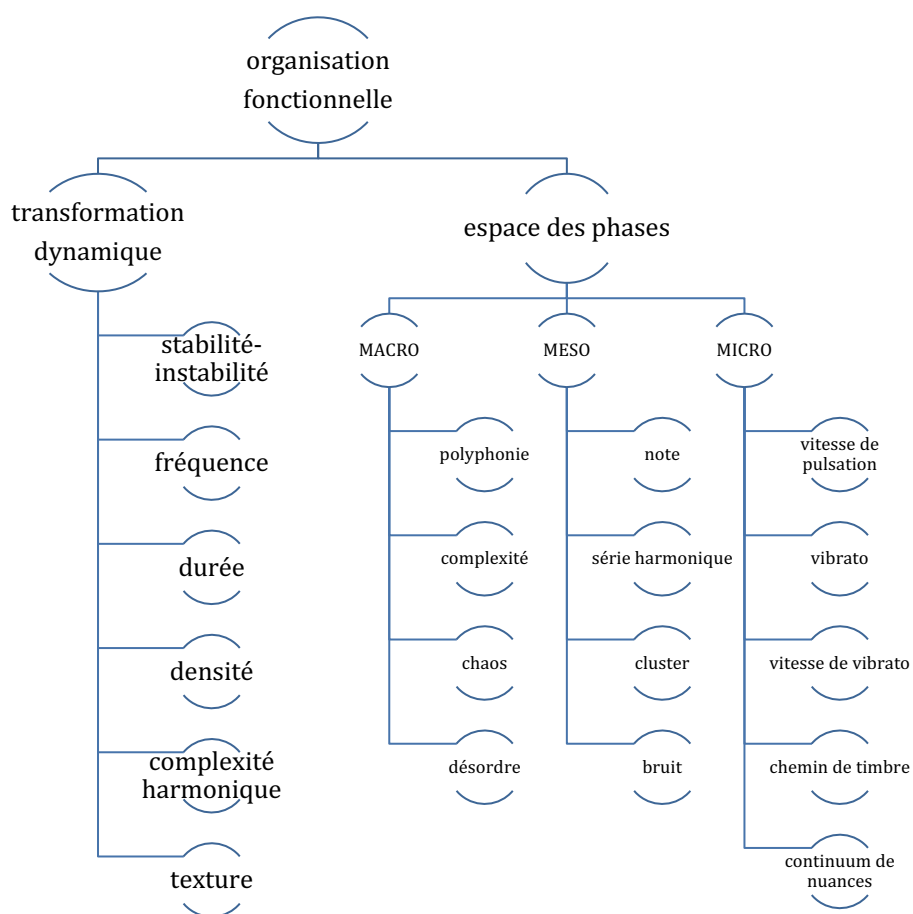
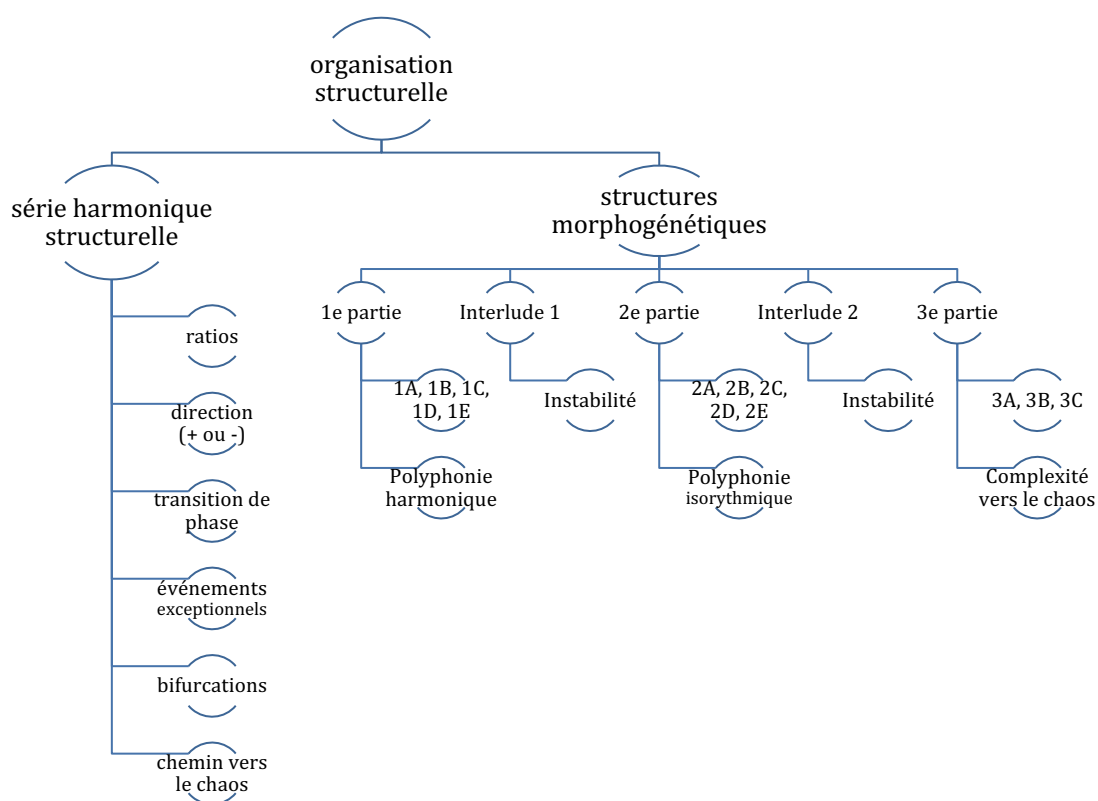
Plan de méso-relations des durées fondamentales

22	x 2/1	= Fréquence fondamentale
44	x 3/2	(Octave éliminée)
Phase I		
66	x 4/3	
88	x 5/4	+22
110	x 6/5	+22
132	x 7/6	+22
154	x 8/7	+22
Phase II		
176	x 9/8	+22
198 (+3)	x 10/9	+25 (événement exceptionnel)
220 (+3)	x 11/10	+22
242 (+3)	x 12/11	+22
264 (+3)	x 13/12	+22
Phase III		
308 (+3.5)	x 15/14	+ 44
286 (+3.25)	x 14/13	(L'ordre est inversé) -22
Bifurcation		
200 (194+6) (308 + 200 = 508)	314 + 194 = 508	Élément de transition
205 (194+9)	194 + 74 = 314	Série de Fibonacci décroissante
123 (120+3)	74 + 46 = 194	(+ événements exceptionnels)
82 (74+8)	46 + 28 = 74	
52 (46+4)	28 + 18 = 46	
31 (28+3)	18 + 10 = 28	
18 (16+2)	10 + 6 = 16	
10 (9+1)	3 + 6 = 9	

Plan de méso-relations des fréquences fondamentales

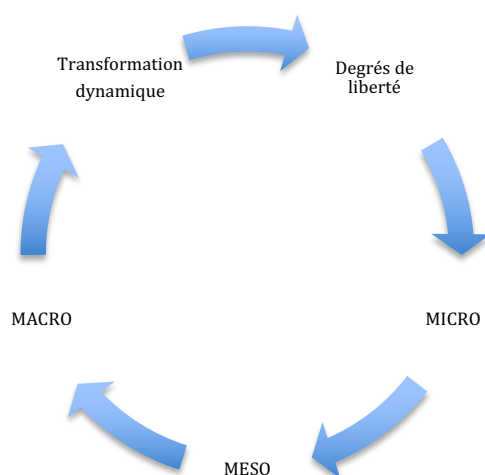
Relation des ratios : les intervalles supérieurs (mouvement ascendant) Relation Durée-Fréquence : proportionnelle		
Phase I	65,4 Hz (C2ETT)	x 4/3
+ 4 ^e juste	87,2 Hz (F2ETT)	x 5/4
+ 3 ^e majeur	109 Hz (A2ETT)	x 6/5
+ 3 ^e mineur 6/5	130,8 Hz (C3ETT)	x 7/6
+ 3 ^e mineur 7/6	152,6 Hz (D3ETT + 66 cents)	x 8/7
Relation des ratios inversée : les intervalles inférieurs (mouvement descendant) Relation Durée-Fréquence (inversement proportionnelle)		
Phase II	133,53 Hz (C3ETT + 36 cents)	152,6 x 7/8 = 133,53 Hz
- 2 ^e sus-majeur (230cents) le ton ETT = 200 cents	116,92 Hz (A#2ETT -25 cents)	133,53 x 8/9 = 118,69 Hz
- ton majeur (180 cents)	105,39 Hz (G#2ETT + 25 cents)	118,69 x 9/10 = 106,82 Hz (-25 cents)
- ton mineur (163 cents)	95,93 Hz (F#2ETT + 63 cents)	106,82 x 10/11 = 97,11 Hz (-20 cents)
- ¾ ton (149 cents)	88,03 Hz (F2ETT + 14 cents)	97,11 x 11/12 = 89,01 Hz (-20 cents)
Relation des ratios : les intervalles supérieurs (mouvement ascendant) Relation Durée-Fréquence : inversement proportionnelle		
Phase III Ordre renversé (-266 cents)	75,46 Hz (D2ETT + 47 cents)	82,16 x 13/14 = 76,29 Hz (-23 cents)
(138 cents) puis 128 cents (demi-ton = 100 cents)	84 Hz (F#2ETT + 33 cents)	89,01 x 12/13 = 82,16 Hz (+38 cents)
Bifurcation		
4 ^e juste	100 Hz (Durée x 2/1)	100 x 4/3 = 136 Hz
Triton 10/7	136 Hz C3 + plus d'un 1/4T	136 x 10/7 = 190,47 Hz
5 ^e juste	190,47 Hz	190,47 x 3/2 = 285,7 Hz
6 ^e mineur	285,7 Hz	285,7 x 8/5 = 457,13 Hz
6 ^e majeur	457,13 Hz	457,13 x 5/3 = 761,88 Hz
7 ^e mineur 7/4	761,88 Hz	761,88 x 7/4 = 1333,3 Hz
7 ^e mineur 9/5	1333,3 Hz	1333,3 x 9/5 = 2399,94 Hz
	2399,94 Hz	

Modèle de l'œuvre-système



II.5.3. L'organisation fonctionnelle : le processus de mise en œuvre

Si l'organisation structurelle définit les composants et leur mise en forme, c'est l'organisation fonctionnelle qui détermine leurs comportements à tous les niveaux de la hiérarchie structurelle. Par le processus de mise en œuvre, c'est-à-dire, la transformation dynamique et temporelle des composants, les fonctions de progression musicale sont activées et ainsi les aspects morphologiques des gestes et des textures musicales apparaissent.



L'organisation fonctionnelle : un processus

Le processus de mise en œuvre musicale est géré par les instructions ou les données dans la partition (le centre de contrôle) pour l'activation du système. Les interprètes vont agir selon deux types d'informations : les informations sur les composants (input des données spatiales) et les informations de contrôle qui maintiennent le processus musical en équilibre (processus qui génère les données temporelles). Le processus de transformation dynamique des composants de l'œuvre est donc rétroactif : les transformations effectuées au niveau micro vont générer les transformations des séquences au niveau méso et l'architecture de la texture de surface au niveau macro, ce qui à son tour aura une action sur les futures transformations au niveau micro et ainsi de suite. Le centre de contrôle agit donc à travers tous les niveaux de la hiérarchie afin de gérer aussi bien les micro-comportements sonores que les méso-comportements de progression et finalement les macro-comportements de l'œuvre.

Dans la partition de *Harmonies of Time and Timbre*, nous avons déjà identifié quelques éléments d'organisation fonctionnelle, tels que les continums de transformation des intensités et des chemins du timbre, ainsi que le système de contrôle des micro-

transformations de la hauteur (les variations de vibrato) et les méso transformations de la hauteur (les relations des ratios de la série harmonique). Maintenant, nous allons définir les invariants, les contraintes et les variables de l'organisation fonctionnelle qui se trouvent au cœur du processus dynamique de l'œuvre, à l'instant de sa création.

II.5.3.1. Les invariants

Les invariants du système sont les éléments qui ne sont pas susceptibles de transformation, des éléments stables. Dans la partition de *Harmonies of Time and Timbre*, ces éléments comprennent le nombre de sources sonores ou d'instruments et leur positionnement dans l'espace de la salle de concert. Ce positionnement est défini par les coordonnées de distance, d'angle et d'élévation qui décrivent une spirale de Fibonacci et qui sont détaillés en début de la partition. La configuration d'une flûte soliste avec huit instruments à cordes reste inchangée. Par contre, un changement d'instrumentation sera tout à fait envisageable et ne changera pas l'essence de l'œuvre ni le trajet défini par son attracteur.

L'élément qui est la série harmonique est un invariant structurel. Comme principal élément conceptuel de l'œuvre, elle n'est pas susceptible de transformation. Elle est à la fois génératrice de structures et composant structurel. Ses ratios et leur ordre au sein de sa propre organisation relève d'une hiérarchie interne qui est invariable : les relations des intervalles et leur hiérarchie sont des invariants définis par les règles même de l'acoustique.

La fréquence-durée fondamentale de l'œuvre (22, ce qui correspond à *Fa0*) est celle qui génère tous les autres composants fréquentiels et leurs durées respectives. Elle est invariable aussi dans cette instance, mais d'autres valeurs pourraient aussi bien générer une transposition de l'œuvre sans nuire à sa structure ni à ses caractéristiques internes. Bien sûr, une telle transposition changerait toutes les valeurs y compris la durée totale, mais les relations entre les composants seraient constantes et l'identité de l'œuvre sera conservée.

II.5.3.2. Les contraintes

Les contraintes de l'œuvre-système comprennent les limitations internes ou externes qui définissent les frontières comportementales des composants. Ces contraintes sont pour la plupart des contraintes physiques liées aux capacités physiques des instruments (internes) et des interprètes (externes). Par exemple, les contraintes instrumentales comprennent les limites de registre de l'instrument, de sa capacité d'intensité, des modes de jeu etc. Les contraintes physiques des interprètes porteront sur les vitesses maximales de production des tremolos et de vibrato, l'agilité dans la tessiture suraiguë de l'instrument, l'endurance (due à la fatigue

liée aux gestes répétitifs ou difficiles), et l'habilité à transformer plusieurs micro-paramètres simultanément de façon asynchrone.

D'autres contraintes externes seront liées aux conditions de réalisation, aux dimensions et la forme de la salle de concert et à ses caractéristiques acoustiques, aux dispositifs de diffusion électroacoustique et à leurs qualités techniques, à la position des auditeurs par rapport à la scène, à la capacité d'écoute et à la culture musicale des auditeurs etc.

II.5.3.3. Les variables

Les variables sont les éléments qui peuvent introduire des changements aléatoires externes au système ou du fait d'une décision des « modélisateurs » qui, dans ce cas, sont les interprètes. Comme nous avons déjà constaté, le contrepoint des micro-paramètres en action complexe est variable d'instant en instant, selon les limites imposées par l'espace des phases de chaque micro-paramètre :

- vitesse de pulsation : entre 10 et 218 ppm
- vibrato (entre $\frac{1}{4}$ de ton et $\frac{3}{4}$ de ton)
- vitesse de vibrato : entre 8 et 272 vpm⁴²¹
- chemin de timbre : pour la flûte, entre son pur et saturé, pour les cordes, entre *molto sul tasto* et *molto sul ponticello*.
- continuum d'intensités : entre *pppp* et *ffff*.

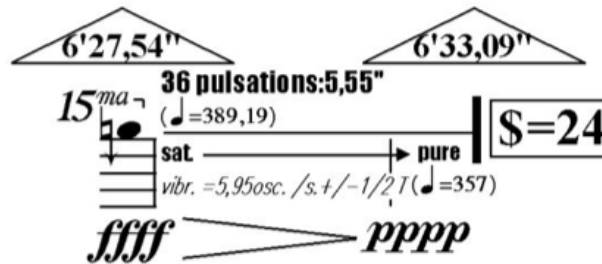
La complexité des gestes de contrôle des micro-paramètres, qu'il revient à l'interprète d'exécuter à chaque instant, ouvre de nombreuses possibilités à l'introduction des changements aléatoires : des petits écarts d'erreur, des réactions physiques, soit par l'instrument, soit de la part de l'interprète, soit dans le système de diffusion sonore.

De plus, l'interprète apportera sa propre « interprétation » des données de la partition, ce qui peut éventuellement donner lieu encore à de légers écarts comportementaux. L'interaction entre les interprètes ou entre le soliste et le dispositif électroacoustique offre aussi un terrain pour des micro-variations de comportement au sein des structures.

Un autre niveau du processus provient des éléments qui seront ajoutés aux matériaux sonores par l'effet haptique du processus de l'interprétation : les gestes effectués par l'interprète pendant la réalisation de chaque élément vont colorer le timbre et aussi transmettre de l'énergie aux sonorités. Le son apparaît, après tout, grâce à la transduction

⁴²¹ Variations par minute.

d'énergie cinétique, électrique, ou autre en énergie acoustique. Ces éléments seront perceptibles au niveau de l'écoute en tant qu'informations qui décrivent le mouvement et la direction du geste, ainsi que les quantités d'énergie qui y sont dépensées. Par exemple, dans l'exemple suivant pour la flûte :



Harmonies of Time and Timbre, extrait p. 8, (flûte).

L'attaque de cette note sera chargée d'une grande quantité d'énergie, vue l'intensité extrêmement élevée et sa position dans la tessiture très aiguë de l'instrument. Les vitesses de pulsation et de vibrato sont aussi très rapides, et la hauteur doit être modulée d'un demi-ton de chaque côté de la fréquence principale, assurant ainsi une grande instabilité dans le geste. Le mode de jeu demande de transformer progressivement le timbre selon un continuum allant d'une note saturée, donc bruiteuse, à une note pure mais avec une intensité très faible. On peut donc constater que cet événement sonore aura une attaque très agressive, voire distordue, suivie par des fluctuations énergétiques d'intensité et de hauteur qui vont perdre globalement leur intensité pendant la durée de l'événement. Cependant, l'énergie du geste sera maintenue jusqu'à son extinction du fait des vitesses très élevées qui persistent jusqu'à sa chute.

A la sonorité de la flûte sera mêlé le son de l'air, chargé d'énergie, qui frotte violemment l'embouchure de l'instrument, ainsi que les sons qui proviennent de l'articulation de l'interprète (l'explosion d'air qui passe les dents, la langue et les lèvres). En temps normal, ces sons font partie du timbre naturel de l'instrument, mais ici ils vont se trouver hypertrophiés par l'effort qui doit être fourni afin de produire les sonorités qui se trouvent aux limites de la capacité physique de l'instrument et de l'interprète.

II.5.3.4. Les caractéristiques comportementales

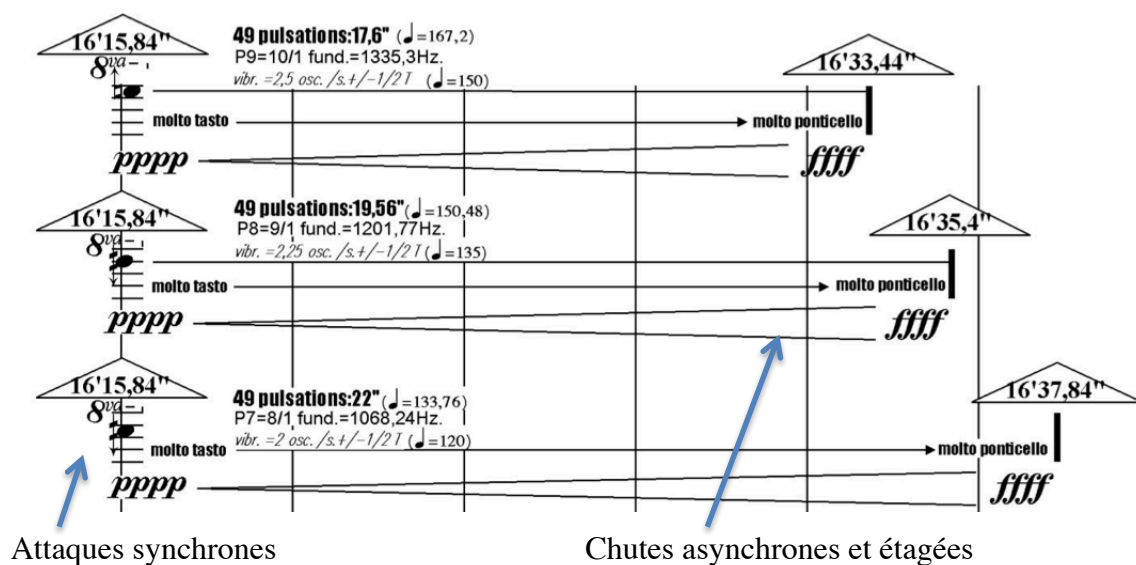
Les types de transition définis dans la partition sont soit d'ordre progressif (par exemple une courbe de crescendo ou de glissando) soit par rupture abrupte (comme un changement de hauteur ou l'extinction de durée). Il y a donc essentiellement deux typologies

comportementales pour chaque paramètre : la transition par continuum et la transition par rupture.

Les caractéristiques comportementales sont mises en évidence lors des transitions de phase, par exemple, au niveau macro entre deux états ou textures, au niveau méso par un changement de structure harmonique, et au niveau micro lors des transformations des caractéristiques des flux sonores (par la transformation simultanée de plusieurs micro-paramètres).

Au niveau des méso-paramètres, nous remarquons une échelle qui décrit les transitions de complexité harmonique (entre la note, la série harmonique, le cluster et le bruit). Les transitions des méso-paramètres suivent les mêmes typologies comportementales que les micro-paramètres : la transition entre deux notes ou entre deux états harmoniques est effectuée soit par rupture (vers une autre fréquence ou le silence) soit par transition continue (par glissando ou par l'addition progressive d'autres composants harmoniques).

Les caractéristiques des flux sonores sont, quant à eux, soit synchrones, soit asynchrones. Au niveau des micro-comportements, les flux sont toujours asynchrones du fait de la complexité des interactions de leurs vitesses de pulsation et de vibrato respectives. Au niveau des méso-comportements, les flux asynchrones sont pour la plupart étagés afin de souligner la transition continue. Les flux synchrones s'organisent soit autour de leur initiation (attaque) soit de leur extinction (chute). Voici un exemple des méso-comportements synchrones et asynchrones des flux :



Harmonies of Time and Timbre, extrait p. 14, (violons).

Au cours de l'œuvre, on constate que par les procédés de macro-transition, des flux de structures harmoniques (sur le plan fréquentiel ainsi que pour les paramètres du timbre et de la durée), sont transformés en flux de structures ayant des comportements complexes ou chaotiques. Les sonorités bruiteuses qui émergent des structures complexes suivent les mêmes typologies de transition : soit par addition progressive des composants de bruit, soit par rupture (ou catastrophe) qui provoque une transition de phase vers des comportements désordonnés ou chaotiques.

II.5.4. L'interprétation

A partir d'une série harmonique construite sur une valeur *fondamentale*, on discerne la forme de la ligne *fondamentale* et le déploiement des ratios qui gèrent l'ensemble de l'organisation de l'œuvre. La série harmonique représente à la fois une seule note et un continuum de relations allant des intervalles justes et harmoniques aux intervalles dissonants et *inharmoniques*. On voit donc apparaître au sein d'une seule note, un continuum allant de l'harmonie au chaos. Cette organisation se déploie à tous les niveaux de l'œuvre : de la microstructure à la macrostructure, des micro-comportements aux macro-comportements, autrement dit, de l'input au processus.

Une vue globale de l'organisation structurelle et fonctionnelle de l'œuvre met en lumière « l'ensemble des mécanismes expliquant l'apparition reproductible de structures et contrôlant leur forme »⁴²², c'est-à-dire la morphogénèse. L'organisation ainsi définie désigne un système de relations entre les composants ainsi que l'étendue de leurs comportements respectifs. La finalité de l'œuvre-système est bien la mise en fonctionnement des structures morphogénétiques qui contrôlent la croissance et la disparition de l'œuvre musicale, de l'harmonie au chaos.

La transition entre l'harmonie et le chaos s'effectue à travers les niveaux hiérarchiques de la structure : par les micro-transitions au sein de chaque partie instrumentale et dans leur interaction avec toutes les autres parties, par les méso-transitions constatées dans les séquences au cœur de chaque structure harmonique (ou *inharmonique*) et finalement, au niveau global de l'architecture musicale et des changements d'état.

Les limites imposées au processus de morphogénèse sont les durées de 'vie' de chaque phase d'évolution, les ratios d'organisation entre les composants et les limites de leur champ d'action, c'est-à-dire l'espace des phases. Les règles de comportement de chaque partie structurelle et à chaque niveau, déterminent leur action dynamique dans l'espace musical. Ces

⁴²² BOURGINE Paul et LESNE Annick, *Morphogénèse: l'origine des formes*, Paris, Belin, 2006 (Échelles), p. 13.

comportements tracent ensemble une trajectoire autour de l'attracteur, ici représenté par la partition.

Il semble ainsi évident que les procédés musicaux de Pape relèvent du désir de créer une harmonie à grande échelle qui gouverne tous les aspects de l'œuvre selon un modèle morphogénétique : c'est-à-dire, une approche qui fonctionne simultanément de *top-down* et de *bottom-up*.

Tout comme la vie d'un organisme peut naître à partir d'une seule cellule qui contient toutes les informations génétiques pour sa genèse, *Harmonies of Time and Timbre* est une œuvre qui se déploie depuis une valeur unique contenant toutes les informations pour la genèse structurelle de l'œuvre.

En considérant la formalisation globale des paramètres musicaux, *Harmonies of Time and Timbre* se trouve donc dans le prolongement historique des œuvres telles que *Mode de valeurs et d'intensités* pour piano (1949) de Messiaen, qui formalise les hauteurs, les durées, les attaques et les intensités, et de *Kreuzspiel* (1952) de Stockhausen qui applique ce même principe à la musique sérielle. Ici, Pape mène à bien le travail que Stockhausen détaille dans son article « Comment passe le temps... » de 1957 où il montre la relation fondamentale entre la durée et la hauteur et les possibilités structurelles au sein de la série harmonique.

Stockhausen pose la question : « Qu'en est-il d'une telle série de proportions : 1/1, 1/2, 1/3 ... 1/12^e..., lorsqu'on la rapporte à des phases de temps ? »⁴²³. En 1975 Jonathan Harvey apporte une réflexion supplémentaire sur le sujet quand il remarque qu'il est tout à fait logique, surtout pour le compositeur de musique électronique, que l'on applique les mêmes proportions à l'organisation des durées qu'à celles des hauteurs. Il propose que l'étape suivante dans cette logique compositionnelle, soit « de trouver l'équivalent rythmique de la série des partiels d'un ton fondamental, ce qui constituerait évidemment un élément important dans la tentative de définir la musique, ou dans ce cas *la couleur*, comme temps »⁴²⁴.

L'écriture de Pape dans *Harmonies of Time and Timbre* explore le fond de ce problème d'unité musicale, en centralisant les relations entre la durée et la hauteur, entre le rythme et le timbre, ainsi que les règles qui contrôlent le processus des comportements dynamiques à tous les niveaux organisationnels. La pensée de Pape nous invite à parcourir l'évolution sonore des structures complexes par la voie des transitions et par la métamorphose des états globaux de stabilité et d'instabilité au sein des macro-textures. Son organisation

⁴²³ STOCKHAUSEN, « Comment passe le temps », *art. cit.*, 1988, p. 34.

⁴²⁴ HARVEY Jonathan, *The Music of Stockhausen, an introduction*, London, Faber & Faber, 1975, p. 31, "If one is aware, as electronic composers must be, that one's pitches are proportionally related vibration speeds, then it seems quite logical that any proportions a piece uses relating durations one to another could also be applied to pitches. [...] The next step is to find the rhythmic equivalent of the overtones of fundamental pitches, obviously an important factor in the attempt to define music, or in this case 'colour', as time", notre traduction.

fonctionnelle fait apparaître une progression harmonique à grande échelle et à tous les niveaux structuraux de l'architecture de l'œuvre. Ainsi cette œuvre, se positionne donc à la fois entre les lignées structuralistes comme la *Formel-Komposition*⁴²⁵ de Stockhausen et l'approche micro-compositionnelle des Spectralistes.

⁴²⁵ Composition par « super-formule ».

III. Troisième Partie

Synthèse

III.1. Émergence et Forme

La forme est par essence déformable. Elle paraît échapper à toute définition... La forme est, en fait, et c'est bien là tout le problème, une notion fondamentalement *qualitative*.⁴²⁶

Alain Boutot

Notre investigation de l'œuvre *Harmonies of Time and Timbre* nous a permis de relever de nombreuses données relatives à la perception et à la construction des formes musicales. De ce fait, nous avons fait apparaître l'organisation des composants musicaux et décrit leurs traits morphologiques au travers des divers niveaux formels et perceptuels. En appliquant les principes de la systématique à l'œuvre musicale, nous avons pu considérer à la fois son aspect structurel et son aspect fonctionnel et mettre en relief l'ensemble des mécanismes qui expliquent l'apparition reproductible de sa structure et qui contrôlent sa forme musicale. Maintenant nous voulons considérer la question de l'émergence de la forme musicale, afin de déterminer si elle est véritablement émergente, ou simplement une forme résultante.

Considérer la forme comme un *émergent*, selon Bertalanffy, serait prendre en compte « les entités déterminées par la perception parce qu'elles sont distinctes dans l'espace et dans le temps »⁴²⁷. Cependant, il admet que la perception est trompeuse : la physique nous montre que tout objet est en réalité fait de minuscules centres d'énergie dispersés dans l'espace vide. Les limites spatiales des objets et des organismes sont en effet indistinctes – elles sont maintenues dans un flux de mouvement moléculaire continu. Par conséquent, toute limite est essentiellement de nature dynamique.

De ce fait, Bertalanffy propose que l'*objet* puisse être défini seulement à partir de « sa cohésion générale » et par les relations et les interactions de ses composants.⁴²⁸ Bourguine et Lesne confirment cette position : ils affirment que la structure *émerge* d'un phénomène d'ensemble qui est produit par les interactions entre les composants, ce qui explique son apparition *et sa forme*. Ils précisent : « Les formes émergentes résultent typiquement de la conjonction de processus locaux [...] et de couplages entre les régions voisines »⁴²⁹.

⁴²⁶ BOUTOT, *L'invention des formes*, *op. cit.*, 1993, p. 22 à 23.

⁴²⁷ VON BERTALANFFY, « The History and Status of General Systems Theory », *art. cit.*, 1972, p. 422, "Apart from philosophical interpretation ... we would consider as « objects » [...] entities given by perception because they are discrete in space and time", notre traduction.

⁴²⁸ Ibid. "Hence an object (and in particular a system) is definable only by its cohesion in a broad sense, that is, the interactions of the component elements".

⁴²⁹ BOURGUINE et LESNE, *Morphogenèse*, *op. cit.*, 2006, p. 20.

Nous précisons ici que l'interaction s'effectue en *temps réel* et de ce fait, elle est irréversible. Dans son article « *Chaos and Creativity : The Dynamic Systems Approach to Musical Composition* », Peter Beyls note qu'effectivement, « l'émergence des formes musicales dans ce processus abstrait de dialogues peut être pris au sens littéral, à la lumière des propriétés émergentes des systèmes dynamiques complexes »⁴³⁰.

Le domaine de l'informatique musicale nous apporte une précision supplémentaire : les formes sonores et musicales y sont construites selon les règles qui gouvernent tout un système de relations. Curtis Roads remarque, dans son ouvrage *Microsound*, que la conception d'un système de relations implique nécessairement un processus d'évaluation, qui donne lieu à une forme.⁴³¹ On constate ce même type de conception dans la musique *spectrale* : Dufourt souligne qu'elle « développe des formes entièrement fondées sur des relations mouvantes de textures et de timbres »⁴³².

La forme est ainsi déterminée par sa perception et caractérisée par sa cohésion générale et par la conception de ses interactions et interrelations. Ces dernières sont définies par Bertalanffy comme des *constructions conceptuelles*. Elles ne sont pas directement perceptibles mais elles font partie des constructions qui sont élaborées à partir des « catégories innées ou apprises, la concordance des différents sens, des expériences antérieures, des processus d'apprentissage, des processus symboliques »⁴³³. Relier donc l'expérience perceptuelle avec la construction conceptuelle revient à mettre en lumière les mécanismes générateurs de formes. C'est l'ensemble de ces éléments qui détermine notre appréhension globale de la forme musicale.

En nous appuyant sur la description de Bertalanffy ainsi que sur la *Gestalttheorie* qui affirme « l'existence de totalités dont le caractère d'organisation est une propriété irréductible de l'objet »⁴³⁴, nous pouvons dorénavant considérer que la forme musicale peut *émerger* de ses éléments constituants en tant que groupement perceptif structuré. Le caractère irréductible de la forme ainsi appréhendée, nous permet de discerner entre une forme simplement résultante des composants synchrones ou séquentiels et des formes *émergentes* de l'interaction complexe de ses éléments de base.

⁴³⁰ BEYLS, « Chaos and Creativity », *art. cit.*, 1991, p. 33, "the emergence of musical shapes in this abstract, conversational process may be taken literally in the light of emergent properties in complex dynamic systems", notre traduction.

⁴³¹ ROADS, *Microsound, op. cit.*, 2004, p. 14, "A set of relationships implies a process of evaluation that results in a form", notre traduction.

⁴³² DUFORT, *La musique spectrale, op. cit.*, 2014, p. 22.

⁴³³ VON BERTALANFFY, « The History and Status of General Systems Theory », *art. cit.*, 1972, p. 422, "constructs based on innate or learned categories, the concordance of different senses, previous experience, learning processes, naming (i.e., symbolic processes), etc.", notre traduction.

⁴³⁴ DUFORT, *La musique spectrale, op. cit.*, 2014, p. 56.

III.1.1. L'appréhension de la forme

III.1.1.1. Un groupement perceptif

Dans son article « L'organisation perceptive de l'environnement sonore », Stephen McAdams identifie les mécanismes de représentation sensorielle qui déterminent des groupements synchrones et séquentiels des sources sonores. Ce n'est qu'à partir de ces groupements d'éléments que la perception discernera des attributs perceptifs. La construction mentale de la forme musicale fait partie d'un processus d'organisation perceptif des flux auditifs. Mais, c'est par le processus d'intégration et de ségrégation des informations perçues, que les données sensorielles sont organisées en images auditives cohérentes.

Le groupement auditif des sources sonores s'effectue en fonction des caractéristiques spatiales (directivité, résonances, réverbération), des qualités de texture et de structure harmonique, et de la cohérence des modulations d'amplitude et de fréquence. McAdams remarque qu'il doit exister « une phase d'analyse périphérique des données sensorielles suivie d'un processus de groupements qui tentent d'affecter les données 'primitives' aux sources basées sur le comportement cohérent des sous-groupes »⁴³⁵. Nous avons distingué les sous-groupes (de la mésoforme) par une segmentation qui relève de la perception des changements *qualitatifs* au sein du flux musical.

Nous reconnaissons donc que l'œuvre musicale forme *un tout* – les fragments perdent leur fonction par rapport à la totalité musicale s'ils sont considérés à part. « Il s'agit d'une totalité de parties saisies ensemble par une intuition figurative »⁴³⁶. Chaque geste, mouvement et sonorité doivent être évalués selon sa fonction et son affectation perceptive au sein d'une figure d'ensemble.

III.1.1.2. Une totalité complexe

Nous avons constaté que les techniques de composition des structures sonores complexes, telles que celles inspirées par la synthèse numérique, font apparaître des sonorités qui manifestent des paramètres « corrompus » malgré leur cohérence sur le plan perceptif. Ces structures défient la nature du son et provoquent parfois des formes sonores inattendues.

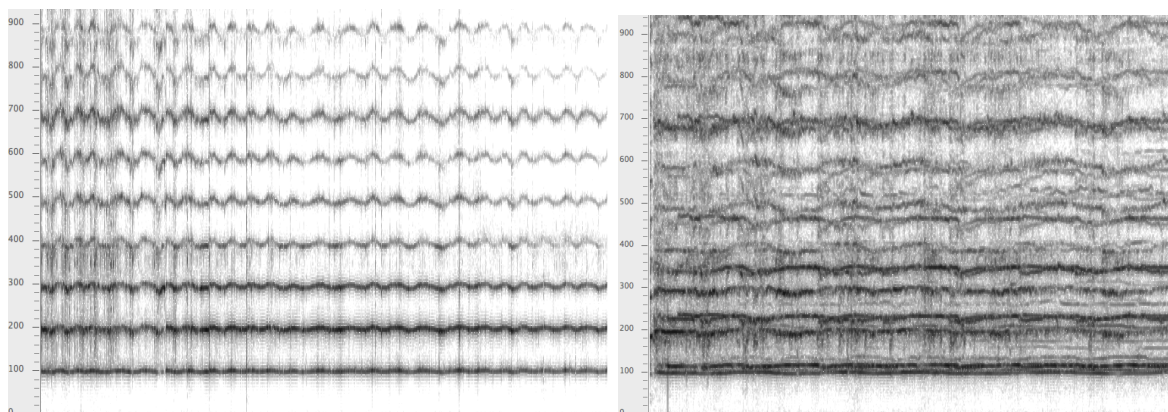
Nous avons rencontré ce genre de conflit d'affectation dans le deuxième interlude de *Harmonies of Time and Timbre* : les sonorités très instables qui modulent au-dessus du cluster autour de Sol créent des ambiguïtés de perception. Ce conflit provoque une ambiguïté du rôle

⁴³⁵ MCADAMS, « L'organisation perceptive de l'environnement sonore », *art. cit.*, 1997, p. 2.

⁴³⁶ DUFOURT, *La musique spectrale, op. cit.*, 2014, p. 56.

fonctionnel de l'interlude : est-il la conclusion harmonique de la partie précédente ou bien la préparation harmonique pour la suite ? Les fluctuations de groupement perceptuel font apparaître parfois un accord mineur (*sol-si^b-ré*), parfois un accord renversé (*sol-si^b-mi^b*) et parfois simplement un cluster qui se développe autour du *sol*, ce qui nous laisse voguer dans l'incertitude.

De plus, la superposition de multiples couches en transformation constante fait apparaître une forme sonore avec des caractéristiques comportementales très éloignées de celles des composants considérés indépendamment :



Morphologie de la forme sonore : Piste singulière, puis multipiste.

McAdams a trouvé que le fait de détecter des incompatibilités (des conflits ou des ambiguïtés d'affectation de données sensorielles, repérées pendant l'écoute), provoque une réévaluation des décisions de groupement. Ce réflexe de réaffectation est en partie responsable de la perception des formes virtuelles ou des illusions telles que les paradoxes auditifs et les formes émergentes.

III.1.1.3. Une dynamique

Pour qu'il y ait forme, selon Dufourt, « il faut que les composantes d'une totalité soient dans un rapport de solidarité interne et de convenance – une sorte de solidarité existentielle. La musique peut ainsi se concevoir comme *une articulation en puissance* de mouvements, de qualités, de masses, qui sont soumises à des formules tectoniques, plastiques, rythmiques, harmoniques »⁴³⁷. Pape rejoint Dufourt dans sa conception des formes en mouvement dynamique. La totalité de la structure sonore est considérée par Pape comme une

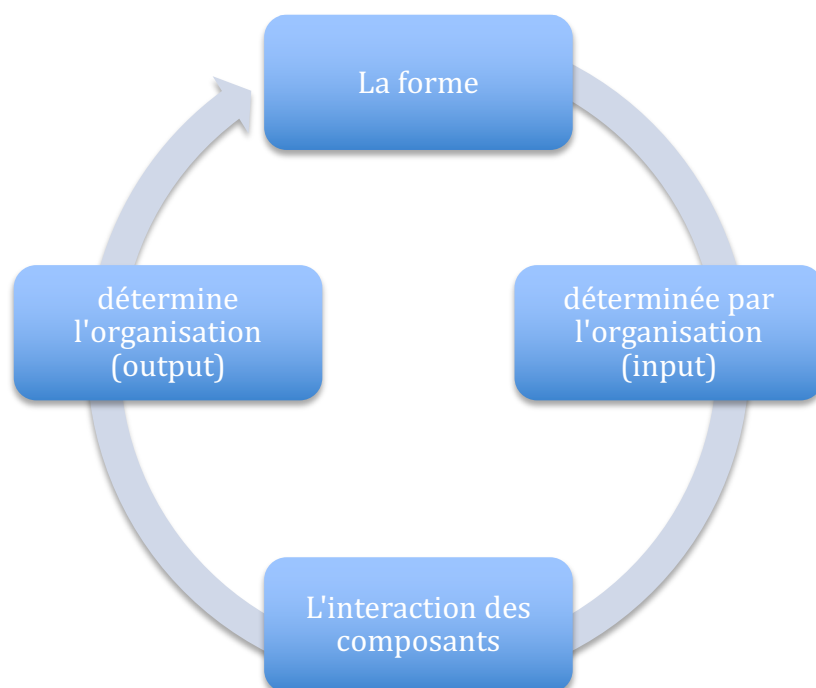
⁴³⁷ Ibid., p. 59 à 60.

architecture mobile⁴³⁸, une forme plastique en mouvement perpétuel qui peut être manipulée, transformée et déformée sur le continuum temporel.

Morin nous rappelle qu'un système « est un tout qui prend forme en même temps que ses éléments se transforment »⁴³⁹. Le parallèle avec l'œuvre musicale est frappant. Dans son célèbre essai *Silence*, John Cage remarque que l'interprète lui-même, dans l'acte continu de transformer la morphologie sonore, « *brings the form into being* »⁴⁴⁰. C'est ce que nous avons appelé « le processus » dans la modélisation de l'œuvre-système.

L'interaction dynamique des composants est ainsi *déterminée* par l'organisation (structurelle et fonctionnelle) du système en même temps que cette interaction *détermine* l'organisation des structures perçues. Elle comprend à la fois l'action déterministe, l'action 'en devenir' et la rétroaction, ce qui provoque la modulation perceptuelle de l'organisation dynamique, c'est-à-dire des 'mises-à-jour' récurrentes de la forme perçue. Ainsi, nous pouvons décrire la forme émergente par un processus dynamique et rétroactif :

Le processus d'émergence de la forme



⁴³⁸ Cf. PAPE, *MusiPoéSci*, *op. cit.*, 2015, p. 143.

⁴³⁹ MORIN, *La Nature de la nature*, *op. cit.*, 1977, p. 115.

⁴⁴⁰ CAGE, *Silence*, *op. cit.*, 1961, p. 37, "donne naissance à la forme".

III.1.1.4. *Des invariants structurels*

Nous avons proposé que le premier lieu de rencontre de la forme musicale soit l'écoute en temps réel. La forme musicale peut donc être perçue comme une représentation mentale des dimensions subjectives du son. Cependant, Pape considère que « si une forme musicale qui a été composée peut-être perçue, elle devrait, au moins en principe, pouvoir être déterminée « objectivement » par des écoutes répétées de l'œuvre »⁴⁴¹.

Dans leur article « Le temps dans la forme musicale », Boon et Prigogine reconnaissent qu' « il n'y a pas de forme musicale sans le déroulement du temps »⁴⁴². La forme musicale s'inscrit dans la continuité de la flèche du temps. La forme, tout comme la perception musicale, est une activité « en devenir »⁴⁴³. Rappelons que « la structure sonore 'en dehors du temps' n'est que de l'information figée, représentant le son à naître »⁴⁴⁴. La nature fondamentale et irréversible du temps musical est telle que son expression n'existe que dans l'instant même où elle se produit, en temps réel. Elle n'est pas une figure figée mais, selon Dufourt, « une structure directement saisie dans l'expérience, une structure de l'espace *objectif* »⁴⁴⁵.

L'analyse de Dufourt résume bien que l'appréhension de la forme musicale ne dépende pas simplement de « l'aptitude du médium sonore à entrer dans des mécanismes d'arrangement, d'ordonnancement », mais qu'elle « nécessite des éléments bien différenciés, susceptibles d'entrer dans des relations fonctionnelles » ainsi que « le maintien de certaines invariances au sien des transformations que subit le système »⁴⁴⁶. Nous le rejoignons sur ces points en précisant que l'ensemble de ces éléments constitue à la fois la construction conceptuelle par ses relations fonctionnelles et la cohésion générale de la forme, par le maintien des invariances.

Dans la forme musicale appréhendée en temps réel, considérons les invariances perceptuelles : ces éléments qui, du fait de leur saillance dans le flux musical ou de leur répétition, sont affectées d'une importance structurelle. Selon Irène Deliège, ce sont des indices qui sont générateurs de stratégies cognitives par le simple fait qu'ils soient

⁴⁴¹ PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 125.

⁴⁴² Dans DARBELLAY Etienne, *Le temps et la forme: pour une épistémologie de la connaissance musicale*, Librairie Droz, 1998, p. 139.

⁴⁴³ Idée évoquée par les Spectralistes, notamment dans GRISEY, *Ecrits ou L'invention de la musique spectrale*, op. cit., 2008 ; DUFOURT, *La musique spectrale*, op. cit., 2014, p. 58.

⁴⁴⁴ PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 134.

⁴⁴⁵ DUFOURT, *La musique spectrale*, op. cit., 2014, p. 56, nos italiques.

⁴⁴⁶ Ibid., p. 52.

« émergents ». Elle insiste sur le fait que cette propriété particulière leur accorde une définition cognitive plus distincte, par rapport au flux musical qui les entoure.⁴⁴⁷

Barbara Barry résume ces éléments invariants de la perception musicale comme des « points d’ancrage » qui facilitent l’identification d’une structure musicale. Elle précise qu’il s’agit « d’éléments clairement définis d’articulation, de répétition, de transformation reconnaissable et de clôture »⁴⁴⁸, par lesquels « nos esprits forment incessamment des *connexions*, en triant l’information selon des catégories basées sur l’apprentissage, l’expérience et la mémoire »⁴⁴⁹.

L’hypothèse de Deliège est que les traces laissées par les indices dans la mémoire constitueront des *empreintes*. Nous voulons ajouter que les indices morphologiques *se renforcent* par la formation d’empreintes. Ainsi les références cognitives créées par l’auditeur pendant l’écoute lui permettent de construire activement (et rétroactivement) une empreinte de la forme, ou bien, en d’autres termes, une trace autour de l’attracteur de l’œuvre.

Nous ajouterons ici que la cohésion générale des formes musicales relève de l’organisation temporelle des invariants structurels et de leur aspect irréductible. De ce fait, la forme émerge en tant que représentation globale et dynamique, élaborée par les notions « d’attente, d’attention, de prévision, d’apprentissage et de reconnaissance »⁴⁵⁰ dans le processus de perception.

Notre étude de *Harmonies of Time and Timbre* par écoutes répétées nous a permis de relever les invariants structurels tels des marqueurs formels qui s’imposent en tant que stabilisateurs de la forme dynamique. De plus, nous avons découvert que l’écoute en temps réel souligne le rôle de l’écoute rétroactive dans le processus de perception musicale, en appuyant sur l’accumulation d’indices musicaux dans le souvenir de l’auditeur.

Nous avons mis en lumière les mécanismes qui maintiennent la cohésion perceptive de la forme. Maintenant nous allons examiner les mécanismes qui, au sein de sa construction conceptuelle, provoquent son apparition, c’est-à-dire, sa *morphogenèse*.

⁴⁴⁷ DELIEGE Irène, « Similarity Perception ↔ Categorization ↔ Cue Abstraction », *Music Perception: An Interdisciplinary Journal* 18 (3), 2001, p. 237 à 238,. En ligne: <<https://doi.org/10.1525/mp.2001.18.3.233>> "a property that confers upon it, cognitively speaking, a clearer definition with respect to the rest of the musical environment", notre traduction.

⁴⁴⁸ Dans DARBELLAY, *Le temps et la forme*, op. cit., 1998, p. 287 à 288.

⁴⁴⁹ Ibid., p. 291.

⁴⁵⁰ DUFOURT, *La musique spectrale*, op. cit., 2014, p. 56.

III.1.2. L'apparition de la forme

Chez Pape, nous remarquons que le point de départ de la conception d'une œuvre musicale part rarement d'une inspiration purement musicale. Nous avons déjà évoqué son œuvre *Cosmos* (1985) qui s'inspire de l'astrophysique (le *Big Bang*), et on ajoutera l'évolution de la vie d'une étoile (*Héliophonie II*), la mécanique des fluides et les processus chaotiques (*Le fleuve du désir*). Il a également exploré les 'chemins vers le chaos' dans *Battle*, et il s'en sert encore pour la conception de *Makbénach*. Ce sont tous des modèles de complexité dynamique.

En cela, Pape rejoint ses contemporains dans la recherche de nouvelles formes transversales pour la conception musicale. Citons *Le noir de l'étoile* de Gérard Grisey, *Dynamique des fluides* de Tristan Murail et *Remote Pulsar* d'Iancu Dumitrescu. Ce nouvel intérêt pour les procédés chaotiques se manifeste déjà chez Jean-Claude Risset dès 1988 : on le trouve dans son œuvre pour clarinette et sons de synthèse, *Attracteurs étranges*, et encore, dans le concerto pour violon et orchestre, *Schèmes*. Murail, de son côté, compose également une œuvre intitulée *Attracteurs étranges* pour violoncelle en 1992.

Cette approche transdisciplinaire est résumée par le compositeur Henri Chiarucci : « Il est possible de trouver les mêmes structures dans des domaines différents, d'abolir les frontières entre les disciplines, et de reconnaître à la base de tout système, de toute pensée, un nombre limité de structures s'appliquant à des objets qui, eux, sont différents »⁴⁵¹.

L'inspiration des modèles dynamiques relève, pour Pape, d'un désir de créer des structures musicales qui permettent d'appréhender un véritable sens de progression musicale, une évolution au niveau de la sonorité même. Pape commente : « Au lieu de commencer avec un seul fantôme sonore interne, et d'en ajouter, imaginons de commencer avec une inspiration, pas nécessairement sonore ou musicale au début, qui suggère une réalisation possible en tant que structure sonore en évolution »⁴⁵².

Dans la musique spectrale, « la structure sonore en évolution » se traduit par des formes qui, selon Guy Lelong, « consistent en métamorphoses progressives, permettant de passer, de manière continue, de n'importe quel état du phénomène sonore à un autre »⁴⁵³. Grisey remarque que « c'est le *processus* qui est premier, c'est lui qui gère la mutation des figures sonores et qui amène à en créer sans cesse de nouvelles »⁴⁵⁴ : « nous y

⁴⁵¹ CHIARUCCI Henri, « Essai d'analyse structurale d'œuvres musicales », *Musique en jeu, Le Seuil, Paris* (12), 1973, p. 13.

⁴⁵² PAPE, *MusiPoéSci, op. cit.*, 2015, p. 111.

⁴⁵³ Dans l'introduction GRISEY, *Ecrits ou L'invention de la musique spectrale, op. cit.*, 2008, p. 14.

⁴⁵⁴ *Ibid.*, p. 27.

introduisons une discontinuité ou, si l'on veut, une forme afin d'y voir plus clair »⁴⁵⁵. On se rappelle que Varèse avait déjà suggéré que la forme est le résultat du processus.

Ces modèles transversaux servent comme générateurs de formes complexes. S'inspirant des *processus* trouvés au sein de la nature, le phénomène musical s'inscrit dans une démarche de développement spatio-temporel évolutif. Ainsi le modèle fournit à la fois le cadre pour la création de l'œuvre et pour son *processus* évolutif, ce qui représente de nouvelles formes transversales pour la composition musicale.

Bourgine et Lesne distinguent trois classes de formes : les formes à *l'équilibre* dont la forme persiste sans aucun apport supplémentaire en matière ou d'énergie (comme une pierre par exemple) ; les formes transitoires, qui sont *hors d'équilibre*, elles continuent d'évoluer tant qu'elles ont un apport de matière ou d'énergie ; et enfin les formes stationnaires qui sont *loin de l'équilibre*, celles-ci exigent un apport extérieur continu de matière et/ou d'énergie pour persister.⁴⁵⁶

En ce qui nous concerne, la forme musicale peut être considérée soit comme une forme « à l'équilibre », une forme statique ou une sorte de cadre à remplir avec des sons (telle que la forme sonate), soit comme une conception transitoire et donc hors d'équilibre (les formes dites 'organiques' comme celles de la musique spectrale). La forme musicale ainsi conçue peut évoluer jusqu'à l'épuisement de ses ressources.

En conséquence, on voit apparaître une nouvelle conception de la forme musicale. Grâce aux modèles dynamiques, la forme n'est plus considérée comme un simple cadre statique ou prédéfini : elle se transforme de façon dynamique au sein d'un *processus* d'évolution musicale.

Dans l'ouvrage dirigé par Bourgine et Lesne, *Morphogenèse : l'origine des formes*, apparu en 2006, Pape trouve un modèle qui résume tous ses modèles antérieurs : allant de l'apparition des formes vivantes aux formes des dunes ou des cristaux, ou encore de la formation des zones urbaines aux comportements collectifs des colonies de bactéries, les modèles de morphogenèse semblent correspondre à toutes les possibilités de transformation des formes dynamiques.

Dans ce nouveau cadre interdisciplinaire, Pape trouve l'essentiel des processus évolutifs ainsi que des explications sur les mécanismes différents qui contrôlent la genèse des formes et leur *émergence*. Il rejoint donc Di Scipio qui remarque : « nous avons vu que dans le paradigme holistique de la composition musicale, par lequel le timbre et la forme sont perçus comme une même et seule condition émergente et qualitative de la structure sonore ;

⁴⁵⁵ Ibid., p. 37.

⁴⁵⁶ BOURGINE et LESNE, *Morphogenèse, op. cit.*, 2006, p. 14.

on peut donc soutenir que ce processus pourrait être décrit par des modèles morphogénétiques »⁴⁵⁷.

Cependant, il va de soi que la transposition d'un modèle d'un domaine à un autre n'est pas sans difficulté ; n'importe quel système « extra-musical » rencontre des problèmes de corrélation. Comment doit-on définir les corrélations entre les éléments des systèmes venant de domaines si différents ? La manipulation des paramètres empruntés à d'autres modèles ne garantit pas forcément un résultat musical satisfaisant. Damián Keller souligne l'importance pour le compositeur de prendre en compte « la différence entre le résultat physique d'une variation de paramètres et sa correspondance avec l'effet perçu »⁴⁵⁸.

La problématique de transposition des modèles entre disciplines scientifiques et artistiques est résumée par Amy Dahan Dalmedico dans son article « Variations sur les modèles en sciences » dans l'ouvrage collectif dirigé par Fabien Lévy et Jean-Marc Chauvel : *Observation, analyse, modèle : peut-on parler d'art avec les outils de la science ?* Dalmedico observe que « le modèle est un médiateur, un objet transitionnel, sans signification close ou univoque, entre le champ théorique dont il est une interprétation et un champ empirique dont il est une formalisation. On retrouve ici la double face, abstrait-concret, des modèles et leur double rôle : illustration et support de preuves, paradigme et support d'analogies »⁴⁵⁹.

Pape admet qu'afin de résoudre ce dilemme à double face, il a eu recours aux outils de la pensée analogique. Il considère le modèle comme une source d'inspiration à partir de lequel il est possible de tirer des « "analogies" pour des formes émergentes sonores »⁴⁶⁰. Ceci s'effectue par l'adaptation des *processus* de transformations physiques aux transformations qu'il imagine pour ses matériaux sonores.

Pour Pape, cela passe par la compréhension des comportements au sein du modèle. Il donne l'exemple d'une transposition entre le modèle d'une rivière et les paramètres de hauteur. L'analogie s'applique à la façon dont les trajets d'une hauteur se courbent et glissent d'une fréquence à la suivante, ou qu'une seule hauteur bifurque en deux, chaque « branche » ayant deux trajets mélodiques ou de glissandi indépendants.⁴⁶¹ Autre exemple : les formes qui

⁴⁵⁷ DI SCIPIO, « Formal Processes of Timbre Composition », *art. cit.*, 1994, p. 206, "We have seen that in the holistic paradigm of music composition, where timbre and form are experienced as one and the same qualitative, emerging conditions in the sonic structure ; it may be argued that this process be describable by morphogenetic models", notre traduction.

⁴⁵⁸ KELLER, « Anitoo: some analysis tools », *art. cit.*, 1996, p. 199, "The difference between physical variation of parameters and the corresponding perceptual outcome should be taken in count", notre traduction.

⁴⁵⁹ COLLOQUE INTERNATIONAL D'EPISTEMOLOGIE MUSICALE, *Observation, analyse, modèle, op. cit.*, 2002, p. 116.

⁴⁶⁰ PAPE, « Forme, Émergence et Astrophysique », *art. cit.*, 2016.

⁴⁶¹ PAPE, *MusiPoéSci, op. cit.*, 2015, p. 123.

émergent des mouvements collectifs d'animaux. Il imagine que ces mouvements pourraient servir de modèles pour les comportements « des masses sonores dans l'espace et le temps »⁴⁶².

Ce genre de modèle apparaît sous forme de texture hétérophonique dans la structure de *Makbénach*. A partir d'une seule ligne monodique qui est dupliquée et superposée en de multiples couches, la clarté de la ligne s'efface devant la texture qui émerge de ce processus. Les timbres indépendants sont fusionnés dans un nouvel agrégat sonore qui présente de nouvelles qualités de timbre et de forme.

Nous rencontrons encore ce modèle au début de la troisième partie de *Harmonies of Time and Timbre* : les instruments sont en imitation mais de manière très rapprochée dans le temps. La forme initiale du geste se complexifie et se transforme selon un processus de duplication et de superposition qui trouve des résonances dans les reproductions sérigraphiques d'Andy Warhol.

En ce qui concerne les modèles de morphogenèse, Pape souligne l'importance de trouver « des parallèles suffisamment significatifs entre les processus morphogénétiques de la nature et certains *processus* équivalents et analogues de transformation du son dans la musique »⁴⁶³, ce qui permet de justifier l'utilisation de tels modèles pour la conception des formes et des sonorités musicales.

Le modèle morphogénétique appliqué à la composition musicale, selon Pape, a une pertinence qui relève au final de la qualité du résultat musical perçu par l'auditeur et ne se limite pas simplement à un déterminant esthétique.⁴⁶⁴ Il observe qu'il est important d'appliquer le modèle morphogénétique au paramètre du son et au niveau de transformation musicale le plus approprié, en fonction des différentes échelles de forme et de temps, du micro au macro et selon le modèle de morphogenèse choisi (arborescent, formation de nuages, déplacement de dunes de sable etc.).

C'est dans cette optique que la construction conceptuelle de *Harmonies of Time and Timbre* devient possible. Notre étude de la partition a révélé que la forme est générée à partir d'une seule valeur fondamentale et que les règles qui gouvernent tous les autres paramètres, tout comme l'ADN, se retrouvent au niveau « cellulaire » de sa structure : la série harmonique.

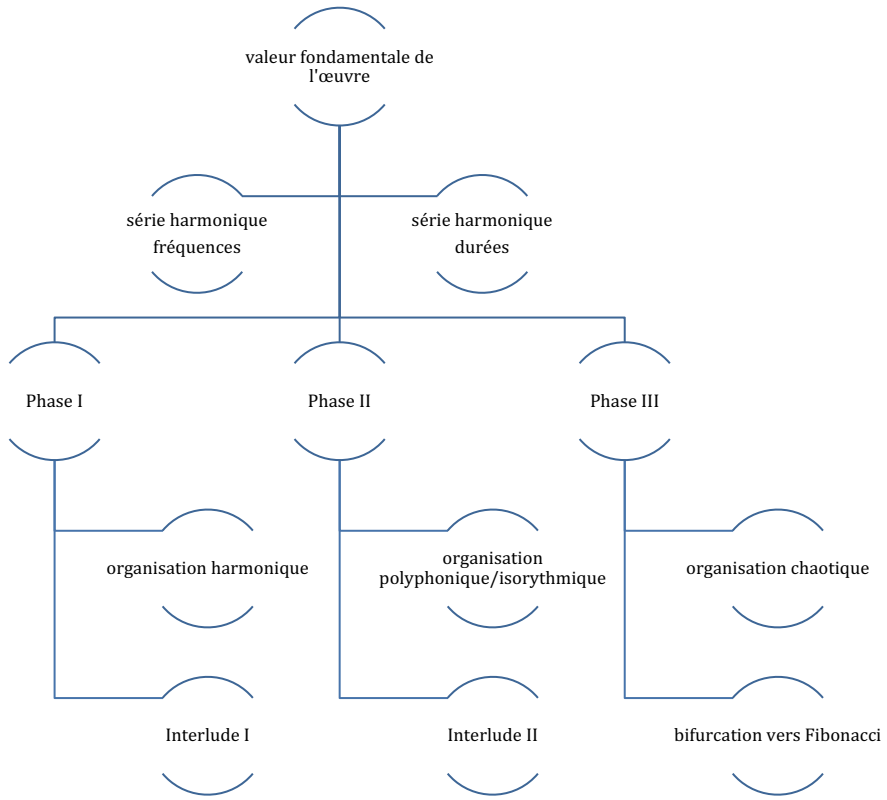
Le modèle de morphogenèse qui émerge de notre investigation de l'œuvre *Harmonies of Time and Timbre* correspond à un modèle arborescent : à partir d'une seule structure fondamentale, tous les autres niveaux de la forme, du micro à macro, sont générés.

⁴⁶² Ibid., p. 119.

⁴⁶³ Ibid., p. 120.

⁴⁶⁴ Ibid., p. 124 à 125.

*Modèle arborescent de la morphogenèse de
« Harmonies of Time and Timbre »*



III.1.2.1. L'organisation de la structure morphogénétique

III.1.2.1.1. Les informations et leurs propriétés

Avant que la structure « en dehors du temps » soit organisée en une séquence de sons se déplaçant à travers le temps et l'espace, la structure sonore n'est que de l'information. C'est-à-dire qu'elle est un ensemble de possibilités sonores qui ne sont pas encore séquencées dans le temps. La structure sonore séquencée sous forme de mouvements dans l'espace/temps crée la forme.⁴⁶⁵

Cet ensemble de possibilités auquel Pape fait référence, on le retrouve exprimé dans les informations que nous avons identifiées à partir de la systémique, comme étant d'ordre structurel. Dans notre analyse, nous avons défini cet ensemble de possibilités par « l'espace des phases » qui, lui aussi, est *généré* à partir des informations fondamentales au sein de la série harmonique. Rappelons que la séquence temporelle résulte (ou bien émerge) du processus de « mise en œuvre » défini par les informations d'ordre fonctionnel. Ces informations *contrôlent* donc « les mouvements dans l'espace/temps » qui sont responsables de l'apparition de la forme tandis que les informations structurelles définissent les limites de ces mouvements.

De ce fait, la morphogénèse d'une forme musicale *dépend* autant des informations structurelles que des processus fonctionnels et de leur organisation. Selon Morin, l'organisation est définie par « l'agencement de relations entre composants ou individus qui produit une unité complexe ou système, dotée de qualités inconnues au niveau des composants ou individus »⁴⁶⁶. Il n'est donc possible d'identifier ses qualités qu'à partir du moment où le système est mis en état de fonctionnement, c'est-à-dire dans la progression dynamique de son *processus*.

Les informations musicales peuvent donc être décrites selon leur rôle au sein de l'organisation de l'œuvre-système. Louis Dufort, dans sa thèse de 2015 intitulée *Approche systémique pour la composition d'œuvres acousmatiques, mixtes, vidéomusicales et pluridisciplinaires*, explique que l'on peut considérer les informations au sein des systèmes musicaux selon la nature de leurs propriétés : soit invariante, elle garantit l'ordre structurel ; soit morphogénétique,⁴⁶⁷ elle provoque l'émergence des formes.⁴⁶⁸ On peut donc décrire les informations selon leurs propriétés d'organisation.

⁴⁶⁵ Ibid., p. 134.

⁴⁶⁶ MORIN, *La Nature de la nature, op. cit.*, 1977, p. 103.

⁴⁶⁷ Il nous semble que les auteurs canadiens préfèrent morphogénique à morphogénétique.

⁴⁶⁸ DUFORT, *Approche systémique pour la composition d'œuvres acousmatiques, mixtes, vidéomusicales et pluridisciplinaires, op. cit.*, 2014, p. 23.

III.1.2.1.2. Les propriétés invariantes

Une propriété invariante, selon Dufort, apparaît comme « une donnée qui, par sa récurrence, s'impose en tant que stabilisateur structurel ». Elle garantit donc la stabilité de la forme et sa résistance aux perturbations et aux changements, ce que les *gestaltistes* appellent la « loi de la bonne forme ». Grâce aux propriétés invariantes, il est possible d'identifier une forme musicale même une fois qu'elle ait subi des changements de timbre, d'intensité ou d'harmonisation, mais aussi dans son développement rythmique ou dans l'évolution des autres paramètres (changement de hauteurs, renversements, miroir etc.). Meyer affirme que cela indique que « les forces internes de l'événement ou la forme thématique sont bien intégrées et résistantes »⁴⁶⁹.

Dans l'organisation d'un système, l'invariant est un principe général d'organisation qui « représente le système et garantit son identité comme un tout, une unité »⁴⁷⁰. Ce sont ces principes généraux qui permettent, justement, de *transposer* un modèle d'un domaine vers un autre ou bien de passer de la forme d'un niveau inférieur de complexité à un autre niveau (par exemple micro vers méso). Le fait que ces invariants soient constants dans le temps assure leur fonction stabilisatrice au sein du système.

A titre d'exemple, on peut considérer la gamme majeure ou même les hauteurs des douze tons de la gamme chromatique comme des données invariantes dans le domaine de la musique savante. Ces valeurs ont perdu leur propriété d'invariance au cours de l'évolution de certains langages de musique contemporaine – nous avons vu dans la partition de *Harmonies of Time and Timbre* que les hauteurs appartiennent à un continuum de fréquences et peuvent être en variation continue. Il arrive même que parfois on ne puisse plus les identifier comme hauteur mais plutôt comme élément de timbre.

Dufort démontre que les propriétés invariantes peuvent aussi bien prendre la forme d'une fonction, et de ce fait, elles assurent la cohérence structurelle de l'œuvre. Nous reprenons les « fonctions structurelles »⁴⁷¹ de Denis Smalley, qui décrivent l'aspect invariant au niveau local des gestes musicaux au niveau de l'attaque, du maintien, et de la désinence, chacun de ces éléments donnant lieu à plusieurs typologies :

- Attaque : accent, anacrouse, insurrection, émergence, approche.
- Maintien : continuation, déclaration, prolongement, transition.

⁴⁶⁹ Meyer dans ROY, *L'analyse des musiques électroacoustiques, modèles et propositions*, op. cit., 2003, p. 277, "The stronger its integration, the stronger the forces which hold it together", notre traduction.

⁴⁷⁰ DUFORT, *Approche systémique pour la composition d'œuvres acousmatiques, mixtes, vidéomusicales et pluridisciplinaires*, op. cit., 2014, p. 39.

⁴⁷¹ Dans EMMERSON (éd.), *The Language of electroacoustic music*, op. cit., 1986, p. 85.

- Désinence : arrivée, immersion, relâchement, résolution, fermeture.

Smalley identifie deux typologies fondamentales au niveau de l'organisation structurelle qui apparaissent comme des éléments hiérarchiques dans la perception des structures dynamiques : la texture et le geste. Au sein des flux musicaux, il remarque que la texture est faite de structures qui impliquent des comportements internes, une énergie intériorisée. La texture s'auto-propage — une fois initiée, elle continue son élan sans provocation supplémentaire.⁴⁷² Ainsi, les matériaux sonores qui sont caractérisés par leur texture manifestent la propriété d'invariance structurelle. Cependant, au niveau global, le geste est un générateur de forme et se trouve doté de propriétés morphogénétiques.

III.1.2.1.3. Les propriétés morphogénétiques

Les propriétés morphogénétiques, de nature fondamentalement instable, sont les données « génératrices » de forme. Elles comprennent les informations de l'organisation fonctionnelle du système et définissent le processus ainsi que les informations qui déclenchent les transitions entre modes de fonctionnement, entre états et entre niveaux formels. Dufort affirme qu'elles émergent de l'ensemble par leur singularité et qu'elles « présentent des qualités de discontinuité et sont généralement instables »⁴⁷³.

Selon Smalley, le geste comprend l'action dirigée vers ou à partir d'un objectif, une énergie appliquée qui aura des conséquences liées à la causalité. Il est synonyme d'intervention, de croissance et de progrès. Le geste est donc porté par la forme externe tandis que la texture est portée par son activité interne.⁴⁷⁴

La caractéristique fonctionnelle du geste implique qu'il est irréversible par nature et de ce fait, sa durée est structurante. L'irréversibilité, qui vient de l'évolution spontanée d'un système vers un minimum d'énergie libre, est le principe de la deuxième loi de la thermodynamique. Cette loi nous sert comme modèle afin d'expliquer les mécanismes de transition qui sont au sein de la morphogenèse.

Selon Bourguine et Lesne, l'apparition de formes à partir d'une situation de référence homogène s'effectue par une *transition de phase* – un changement qualitatif du comportement des éléments du système. Si l'on considère l'exemple de la transition entre un liquide et un gaz, il est possible de décrire ce changement comme un « compromis entre l'ordre résultant des interactions et le désordre induit par l'agitation thermique »⁴⁷⁵. Entre les deux états, on

⁴⁷² Ibid., p. 82 à 83.

⁴⁷³ DUFORT, *Approche systémique pour la composition d'œuvres acousmatiques, mixtes, vidéomusicales et pluridisciplinaires*, op. cit., 2014, p. 45.

⁴⁷⁴ EMMERSON (éd.), *The Language of electroacoustic music*, op. cit., 1986, p. 82 à 83.

⁴⁷⁵ BOURGUINE et LESNE, *Morphogenèse*, op. cit., 2006, p. 18.

constate une croissance de désordre qui conduit à un état où le comportement des éléments est généralement plus homogène. Cette croissance de désordre, qui dans notre exemple est le résultat de l'action de la chaleur sur les comportements des particules, est décrite par une augmentation de l'entropie du système ou de son environnement. L'entropie caractérise le degré de désordre ou d'imprévisibilité du contenu (en information) d'un système – si l'entropie augmente, l'organisation qui ordonne la forme est donc déstabilisée et elle est déformée.

Stéphane Roy explique l'entropie musicale comme « une absence totale de probabilité dans le parcours d'une œuvre »⁴⁷⁶. C'est-à-dire, une situation où le flux musical n'est pas plus instable que stable. L'état de stabilité ou d'instabilité perçue découle des hypothèses émises par l'auditeur pendant la réception et s'elles sont comblées ou non par le comportement des flux musicaux. Ce genre de déstabilisation est en partie responsable de l'effet de progression au niveau de la mésoforme.

Dans les transitions d'état que nous avons rencontrées dans l'œuvre de Pape, nous pouvons décrire deux types de transitions entre l'ordre et le désordre qui articulent la forme : les bifurcations entre états séquentiels, et l'émergence des formes aux niveaux simultanés de la structure.

Prenons l'exemple de la forme de la première partie de *Harmonies of Time and Timbre*, qui est caractérisée par les structures qui s'érigent depuis les notes de la ligne fondamentale, étalonnées des graves vers les aiguës et qui dessinent les grandes mésoformes faites de spirales verticales. Le dernier de ces gestes se distingue par les notes répétées par la flûte (en alternation de micro-tons autour de *fa7*). Cette répétition insistante des hauteurs se propage dans les autres parties instrumentales et la forme commence à perdre sa stabilité verticale par la différenciation rythmique entre les couches. On constate que la forme est déstabilisée et donc que l'entropie est augmentée. Cela peut être décrit comme l'introduction de paramètres d'ordre qui provoquent une bifurcation vers un nouvel ordre. La transition est marquée par une croissance de désordre, puis le nouvel ordre s'établit par l'introduction de la deuxième partie. Le changement d'état entraîne une transition de la forme, qui est maintenant caractérisée par les répétitions cycliques des cinq valeurs harmoniques et les longues et larges spirales qui s'ouvrent à l'horizontal.

Le deuxième type de transition s'effectue entre les niveaux structuraux de la forme. Prenons les micro-comportements individuels de chaque instrument : pour chacun, les variations de pulsation assurent un ordre rythmique stable et oscillatoire. Une fois superposé

⁴⁷⁶ ROY, *L'analyse des musiques électroacoustiques, modèles et propositions*, op. cit., 2003, p. 332.

avec les huit autres instruments, cet ordre rythmique n'est plus perceptible. On constate, au niveau micro de la forme temporelle, plutôt une texture désordonnée. Maintenant, élargissons la fenêtre de référence temporelle à une vingtaine de secondes, c'est-à-dire au niveau de la mésoforme. On remarque qu'au sein de l'interaction des pulsations des parties séparées, il y a un nouvel ordre rythmique qui *émerge* de cette interaction. L'entropie est donc diminuée sur le niveau supérieur de la structure et ceci provoque l'auto-organisation des éléments dans une autre configuration d'ordre.

Cette auto-organisation d'un nouvel ordre, suscitée par les interactions dues aux propriétés qualitatives d'un ordre existant, fait apparaître de nouvelles qualités par lesquelles on peut définir une forme. Une fois formée, la structure auto-organisée est dépendante des structures inférieures.⁴⁷⁷ Leur comportement continu assure un apport d'énergie ou de matière par lequel la nouvelle structure maintient sa forme.

Dans notre exemple, le flux défini de pulsations ordonnées dans la partie instrumentale qui suit une courbe d'intensités en crescendo, sera considéré comme un geste si l'on focalise l'écoute sur son trajet unique. En fait, l'ensemble des parties forme une texture complexe et désordonnée, qui sera le résultat de leur superposition. Mais au niveau supérieur, nous constatons un nouveau geste rythmique, avec sa propre courbe d'intensités et de nouvelles qualités de timbre.

En considérant la forme émergente, le geste et la texture deviennent des principes importants pour la compréhension des mécanismes morphogénétiques qui contrôlent l'émergence des formes aux niveaux supérieurs de la structure musicale. Comme nous l'avons vu, l'attribution d'un matériau sonore comme étant gestuel ou comme faisant partie d'une texture varie en fonction du niveau structurel considéré.

Prenons la première structure harmonique de *Harmonies of Time and Timbre* (cf. la partition en annexe, p. 2, de 0m à 1m06s). Au niveau de la macrostructure, cette structure est perçue comme « une vague qui arrive du lointain », une structure qui comprend une action et une énergie dirigées vers une croissance – c'est-à-dire, un geste. Au niveau de la méso-structure, la sonorité comprend une transformation progressive allant d'un ton singulier (la fondamentale), passant par une série *inharmonique* pour aboutir finalement à un cluster : là, encore, elle relèverait du geste.

Cependant, si l'on s'attarde sur les variations de la microstructure, on constate de multiples micro-transformations de la hauteur (des vibratos), de l'intensité (des pulsations) et du timbre. Le comportement de chaque composant est donc en relation d'interdépendance et

⁴⁷⁷ BOURGINE et LESNE, *Morphogenèse*, op. cit., 2006, p. 18.

d'interaction complexe au sein de cette structure, qui est chargée d'énergie interne, donc est perçue comme une texture qui s'auto-propage.

Maintenant, prenons le cas d'un exemple inverse : au moment de la bifurcation vers les comportements chaotiques au cours de la dernière partie de l'œuvre (cf. en annexe p. 34 à 48m45s). En écoutant les micro-comportements des composants, on entend et voit sur la partition les mouvements gestuels des multiples couches instrumentales, chacun dirigé vers un point ultérieur, chacun avec sa propre vitesse de progression sur sa courbe de glissandi respective. Au niveau de la mésostructure, ces points ultérieurs sont reliés par leur appartenance à une unité structurelle (un agrégat harmonique) et par leurs relations causales. Mais, si l'on considère le tout au niveau de la macrostructure, on entend et on voit sur la partition une masse texturale de mouvements en interaction complexe.

Donc, dans le premier exemple on constate l'émergence des macro-gestes des micro-textures (émergence d'une unité complexe macro-formelle) et dans le deuxième exemple, on peut apercevoir l'émergence de la micro-complexité au niveau de la macroforme – cette macro-texture émerge des micro-gestes. Dans les deux cas, on constate des formes émergentes qui sont distinguées par leurs caractéristiques morphologiques, ou plus spécifiquement, ce que Denis Smalley nomme leur *spectro-morphology*.

Lesne et Bourguin explique la relation entre les niveaux dans ce processus d'émergence des formes :

Une notion essentielle dans la formation de motifs est celle d'ordre local : on entend par là une structuration localisée dans l'espace, faisant localement (ou transitoirement, dans la version temporelle) diminuer l'entropie aux dépens d'une augmentation plus conséquente dans une région voisine (ou une étape ultérieure).⁴⁷⁸

Nous constatons que cette relation se trouve autant dans la conception des formes musicales de *Harmonies of Time and Timbre* que dans les modèles de morphogenèse dans la nature. Les changements d'ordre séquentiels ou simultanés brisent l'équilibre des formes et les transforment. Ces transitions d'ordre et des processus d'auto-organisation s'intègrent dans l'œuvre, autant au moment de sa conception et de sa construction, par l'échange entre le matériau et le compositeur, qu'au moment de sa réception, par l'échange entre l'auditeur et le flux musical.

Ainsi, on distingue bien les rôles fondamentaux de chacune de ces typologies d'information au sein du processus morphogénétique. Dufort précise, « Si les informations de type organisationnel apportent à l'œuvre un certain niveau de cohérence, les informations

⁴⁷⁸ Ibid., p. 15.

émergentes permettent de la faire évoluer vers une plus grande complexité, voire une imprévisibilité. Cela met en place de nouvelles structures dont l'aboutissement ultime est l'œuvre musicale »⁴⁷⁹.

Nous avons constaté cette conception au sein des procédés de composition rencontrés chez Pape. Malgré les premières apparences des macroformes, qui semblent renvoyer aux procédés structuralistes (comme la super-formule de Stockhausen), son langage musical relève plutôt d'un processus d'évolution formelle qui est conçu à partir du détail micro-formel – il s'approprie une conception morphogénétique. Ainsi chez Pape l'émergence des formes musicales dépend autant des relations spatio-temporelles aux niveaux inférieurs que des instabilités des flux musicaux perçus.

La forme renvoie donc au processus de sa propre genèse. A la place des formes « figées », ces « conteneurs vides » qui n'attendent qu'à être remplis par la musique, on trouve des mécanismes dynamiques qui sont à la fois organisés et organisateurs, des formes spatio-temporelles qui se transforment au gré de la fantaisie sonore du compositeur.

III.1.2.2. La forme spatio-temporelle de Pape

Un objet spatial qui change de forme dans le temps est une architecture mobile... Une forme musicale, une structure sonore, sont des architectures mobiles qui existent dans une relation espace/temps en mouvement, et donc relativiste.⁴⁸⁰

Dans le chapitre « Forme spatio-temporelle » de *MusiPoéSci*, Pape décrit quatre typologies de formes spatio-temporelles : la polyphonie (l'indépendance des voix synchronisées temporellement), la complexité (plusieurs couches temporelles indépendantes, synchrones sur les méso-durées), le chaos (plusieurs couches temporelles indépendantes, synchrones sur les macro-durées), et le désordre (plusieurs couches temporelles indépendantes et non synchrones).⁴⁸¹

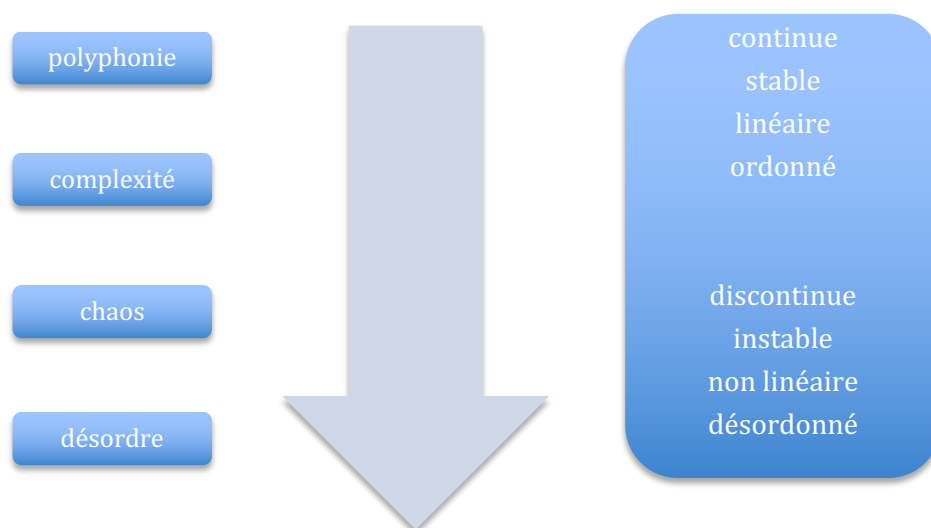
Pris ensemble, ces états formels créent une échelle fonctionnelle par rapport aux relations d'interactivité et d'interdépendance entre les composants et à leur nature spatio-temporelle synchrone ou asynchrone. Cette échelle met en lumière la nature des transitions entre deux états, deux événements ou deux paramètres sonores : est-elle continue ou discontinue, stable ou instable linéaire ou non linéaire, ordonnée, désordonnée, catastrophique ou chaotique ?

⁴⁷⁹ Ibid., p. 23.

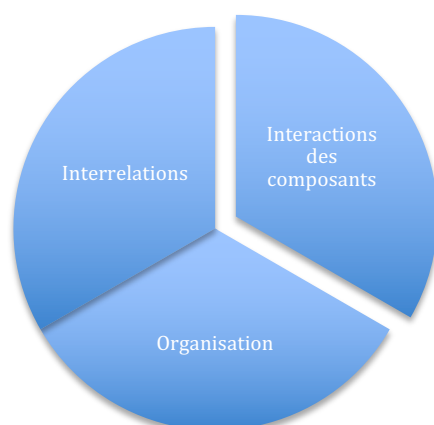
⁴⁸⁰ PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 143.

⁴⁸¹ Cf. ibid., p. 132 à 152.

La forme spatio-temporelle de Pape



Smalley décrit le concept de forme temporelle ⁴⁸² ou de *spectro-morphology*, comme une approche qui considère les matériaux sonores et les structures musicales selon la transformation temporelle de leurs caractéristiques spectrales. Le changement de forme des structures dynamiques émerge comme vecteur essentiel à son organisation. Morin commente « S'il y a principe organisateur, il naît des rencontres aléatoires, dans la copulation du désordre et de l'ordre, dans et par la catastrophe (Thom, 1972) c'est-à-dire le *changement de forme*. C'est bien cela la merveille morphogénétique où le surgissement de l'interrelation, de l'organisation, du système sont les trois faces d'un même phénomène »⁴⁸³.



L'œuvre système et la forme (d'après Morin).

⁴⁸² « Temporal shaping », cf. EMMERSON (éd.), *The Language of electroacoustic music*, op. cit., 1986, p. 68.

⁴⁸³ MORIN, *La Nature de la nature*, op. cit., 1977, p. 103.

Ce schéma met en lumière l'articulation des éléments essentiels à la compréhension de l'apparition de la forme dans l'œuvre de Pape. A partir des modèles dynamiques et complexes, Pape trouve des analogies de transposition afin de déclencher les processus de morphogenèse dans ses structures musicales. Ce faisant, il s'approprie des relations inhérentes à ses modèles lorsqu'il trouve les corrélations adéquates dans le domaine sonore. Le principe organisateur chez Pape relève de ces corrélations et de leur rôle au sein de l'évolution des sonorités locales jusqu'à celui de la progression musicale globale.

III.1.2.3. La forme émergente : l'unification de forme et de processus

Considérer la forme en tant que notion *qualitative* nous a permis de nous questionner sur ses qualités de cohésion telles qu'elles sont décrites par la *Gestalttheorie*, ainsi que par l'approche systémique décrite par Bertalanffy. Puis, les théories de la morphogenèse proposées par René Thom et particulièrement leur récent développement, décrit dans l'ouvrage dirigé par Bourguine et Lesne, nous ont fourni le cadre théorique nécessaire pour une description des mécanismes qui sont responsables de l'émergence.

Saisir l'ensemble de la forme et l'aspect dynamique de ses transformations relève d'une approche qui considère la forme en tant que groupement perceptif émergent d'une totalité complexe, se transformant par un *processus* dynamique et rétroactif. Ces formes émergentes, dont la perception est de nature essentiellement subjective, sont déterminées par les indices perceptuels, qui apparaissent comme vecteurs structurels pendant l'écoute. Ainsi, la forme musicale est saisie dans l'expérience en tant que forme spatio-temporelle objective.

Les techniques de composition rencontrées dans *Harmonies of Time and Timbre* soulignent ce caractère dynamique de la forme musicale. La continuité du fait sonore et de ses possibles modulations spectrales est entendue comme un processus de transformation qui s'intègre à tous les niveaux de la structure. Cette continuité permet de parcourir de façon dynamique les multiples perspectives de la forme... des détails instantanés de la microforme, à l'appréhension globale et rétroactive de la macroforme.

Notre modélisation de *Harmonies of Time and Timbre*, présentée dans le chapitre II.5, fait une distinction entre les éléments structuraux et fonctionnels de l'organisation. Nous avons pu alors identifier les caractéristiques invariantes et morphogénétiques de leurs propriétés et les rôles des différents mécanismes qui relèvent d'un modèle conceptuel morphogénétique.

Nous avons démontré que la construction conceptuelle de l'œuvre-système fait apparaître en temps réel la transformation de sa *morphologie*, ce qui laisse une trace que nous appelons la forme émergente. Les mécanismes morphogénétiques qui sont responsables de

l'émergence des formes musicales de Pape s'opèrent à travers des niveaux formels et articulent les transitions entre les différents états d'organisation. Les morphologies dynamiques sont ainsi perçues en fonction des strates structurales prises en considération, du micro à macro.

A partir de la partition de *Harmonies of Time and Timbre*, nous avons pu identifier les invariants tels que le nombre d'instruments (donc de parties superposées possibles), la valeur fondamentale (22 Hz, secondes, ou même *cents*), et la structure de la série harmonique, y compris tous les ratios qui régissent les relations entre ses composants spectraux. Les informations d'ordre morphogénique sont identifiées comme étant les variables qui sont en transformation dynamique et pour lesquelles les degrés de liberté sont définis par l'espace des phases des paramètres : fréquence, durée, vitesse de pulsation et de vibrato, intensité etc. Ces paramètres, ensemble, dessinent des trajets de comportements complexes qui sont effectués par chaque instrumentiste dans leur transformation simultanée des paramètres.

Notre étude de l'œuvre de Pape met en relief le rapport symbolique entre les proportions mathématiques et les proportions musicales, ici représenté dans l'unité complexe de la série harmonique. De ce fait, on retrouve dans la construction conceptuelle de *Harmonies of Time and Timbre* la pensée platonicienne⁴⁸⁴ qui affirme que les formes spatiales sont une réflexion de la Forme divine et que les proportions des rapports numériques de petits nombres entiers reflètent notre expérience du plaisir esthétique et d'équilibre. Cette connexion profonde entre la structure musicale et la forme spatiale est aussi affirmée par Pape, notamment par la mise en scène des musiciens et des dispositifs électroacoustiques autour d'une forme de spirale de Fibonacci.

Dans son article sur l'application de la théorie des formes de Platon aux modèles musicaux Barbara Barry note « L'aspect le plus important de la division d'une forme platonicienne est la relation dialectique de *l'articulation des parties*, d'une part (c'est-à-dire, les parties *mises en relief* ou *rendues distinctes* l'une de l'autre), et d'autre part la *relation des parties* (c'est-à-dire, les parties *liées* l'une à l'autre) »⁴⁸⁵.

La spirale qui émerge comme l'image centrale de *Harmonies of Time and Timbre*, s'érige au cœur de cette dialectique. Elle articule la macrostructure par la transition de sa construction sur les plans verticaux et horizontaux de l'espace, ainsi que par les transformations temporelles de ses dimensions qui font apparaître des sensations de contraction et d'expansion dans l'espace physique.

⁴⁸⁴ Cf. les perspectives de Platon (Timée Nr 35-8 et 47) décrites par Barbara R. Barry dans « Modèles musicaux : une exploration de la théorie des formes de Platon » DARBELLAY, *Le temps et la forme, op. cit.*, 1998, p. 283.

⁴⁸⁵ Ibid., p. 285, italiques de l'auteur.

La structure musicale chez Pape est donc une invariante conceptuelle qui relève des proportions, des mesures temporelles et des parties de l'unité globale. Cependant, la forme, selon Pape, apparaît à partir du moment où cette structure vide est façonnée par le son qui la remplit et en fait : « une forme sonore spatio-temporelle mobile »⁴⁸⁶, autrement dit une unité morphologique dynamique.

L'articulation de la macroforme par les états d'ordre et de désordre et par les transitions de phase apparaît bien comme un élément essentiel dans le langage musical de Gérard Pape. Cette articulation est déjà mise en évidence dans certaines de ses œuvres comme *Le fleuve du désir* et *Makbénach* dans lesquelles on constate des transitions vers le chaos par doublement de période ou par transition *catastrophe* (René Thom). Dans *Harmonies of Time and Timbre* elle s'impose comme une propriété morphogénétique.

Pour Pape, « harmoniser la forme » revient à appliquer les processus de transformation morphogénétique à tous les niveaux de l'écriture, du micro au macro et ceci à chaque paramètre approprié. Notre investigation met en lumière ces processus. Ainsi, la forme musicale de Pape émane de la structure fondamentale de l'œuvre, et par ce *processus* même, elle la transcende.

Curtis Roads nous rappelle que la question de l'émergence des formes remonte à l'antiquité et au discours du philosophe Héraclite. Roads observe qu'en fin du compte, « la dichotomie entre la forme et son processus est une illusion, un échec du langage d'unifier les deux aspects d'un même concept »⁴⁸⁷. Les modèles de morphogenèse nous ont fourni ce langage.

⁴⁸⁶ PAPE, *MusiPoéSci*, *op. cit.*, 2015, p. 136.

⁴⁸⁷ ROADS, *Microsound*, *op. cit.*, 2004, p. 14, "the dichotomy between form and process is an illusion, a failure of language to bind two aspects of the same concept into a unit", notre traduction.

III.2. L'émergence des phénomènes

Les illusions, erreurs des sens, sont des vérités de la perception.⁴⁸⁸

Jan Purkinje

Les formes musicales de *Harmonies of Time and Timbre* émergent d'une conception morphogénétique de l'organisation de l'œuvre-système. Nous avons vu qu'une telle forme ne peut être définie qu'à partir de sa cohésion générale. Au cours de notre investigation, nous avons identifié les formes à partir des qualités dynamiques de l'effet musical et les caractéristiques du comportement sonore. L'identité de l'œuvre et de sa forme dépend donc directement des indices perceptuels – des impressions gravées dans la mémoire de l'auditeur, du souvenir de son expérience dynamique du son.

Le phénomène fondamental de la musique, selon Dufourt, est de nature expérientielle : c'est « l'altération – la forme qualitative du changement »⁴⁸⁹. Dans le chapitre précédent, nous avons décrit les mécanismes causaux de l'émergence de la forme dans *Harmonies of Time and Timbre* ; maintenant nous allons examiner les différentes formes d'altération qualitative, considérées ici comme un ensemble de phénomènes sonores, et essayer de comprendre leur apparition.

La difficulté de traiter la question des phénomènes sensoriels ou perceptifs est due à leur caractère fondamentalement qualitatif. Leur apparition et leur comportement sont difficiles, voire impossibles, à déceler dans une partition. Quant aux outils d'analyse, ils les relèguent, pour la plupart, au champ de l'imaginaire. C'est pour cette raison, justement, que la pensée analogique s'avère apte à cerner les phénomènes de sens – ils sont, par nature, métaphoriques. Yizhak Sadaï traite de cette question dans son article « A quelles conditions peut-on parler de musique avec les outils de la science (autour d'un paradigme approprié à une science de la musique) ». Il observe que l'on « ne peut donc se référer à un tel phénomène qu'en faisant appel à un langage métaphorique »⁴⁹⁰.

En outre, la détection de ces effets qui ne laissent que peu de trace écrite est rendue encore plus difficile par le fait qu'ils sont souvent effacés de la perception par une écoute discontinue de l'œuvre. Cela est d'autant plus vrai d'une écoute réduite schaefferienne qui

⁴⁸⁸ Physiologiste Jan Purkinje, à propos des illusions visuelles. Cité par Jean-Claude Risset dans la préface de : AURIOL Bernard, *La clef des sons : éléments de psychosonique*, [2e éd], Toulouse, B. Auriol, 1994.

⁴⁸⁹ DUFOURT, *La musique spectrale*, op. cit., 2014, p. 29.

⁴⁹⁰ COLLOQUE INTERNATIONAL D'EPISTEMOLOGIE MUSICALE, *Observation, analyse, modèle*, op. cit., 2002, p. 129.

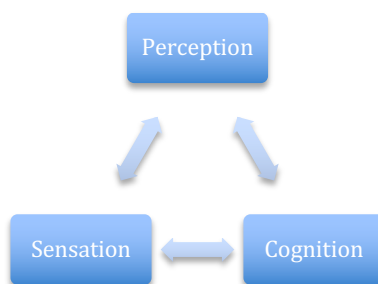
isole certains passages afin de mieux détecter leur détail. Dans son livre *Les incarnations du son*, Francesco Spampinato affirme que « l'emploi de la métaphore permet ainsi de respecter la complexité de l'expérience et ne pas l'appauvrir en essayant d'en faire quelque chose d' « objectif »⁴⁹¹.

La pensée analogique s'appuie sur les stratégies de la perception afin d'identifier les points de similarité entre phénomènes d'origines divergentes. Et ce faisant, il devient possible de rendre plus évident ce qui est moins bien compris, en s'appuyant sur une analogie. Le langage analogique rend plus accessible l'objet complexe et nous permet une description plus adéquate des phénomènes émergents et de leurs aspects comportementaux.

En termes de psychologie cognitive, le raisonnement analogique est considéré comme un outil fondamental dans les actes de reconnaissance, de classification, d'apprentissage, de découverte et de création. John Dack souligne que notre habilité à apercevoir les similarités et à transposer les informations entre des domaines aux caractéristiques analogiques est un aspect fondamental de la cognition humaine.⁴⁹²

L'appréhension du phénomène sonore relève donc de la psychologie cognitive. Effectivement, certaines fonctions essentielles de la perception ne s'effectuent que grâce à nos processus de catégorisation. Mais la perception obéit à un schéma dynamique qui organise le flux d'images sensorielles. Dufourt nous éclaire sur la relation entre les sens et la perception : « La sensation est l'aspect psycho-physiologique d'une excitation externe. La perception est une réalité psychique, la forme (*Gestalt*) par quoi s'organise la "poussière sensorielle" »⁴⁹³.

Les rapports entre la sensation, la perception et le processus de catégorisation qui détermine le groupement des éléments forment donc un triangle relationnel :



⁴⁹¹ SPAMPINATO Francesco, *Les incarnations du son : les métaphores du geste dans l'écoute musicale*, 1 vol., Paris, l'Harmattan, 2015 (Sémiotique et philosophie de la musique), p. 31.

⁴⁹² DACK John, « Strategies in the Analysis of Karlheinz Stockhausen's Kontakte für elektronische Klänge, Klavier und Schlagzeug », *Journal of New Music Research: Vol 27, No 1-2*, 1998, p. 91, "In cognitive terms: 'the ability to perceive similarities and analogies is one of the most fundamental aspects of human cognition' (Vosniadou et Ortony, 1989, p1). These authors continue by emphasising the importance of such reasoning in the acts of recognition, classification, learning, discovery and creativity; a list as comprehensive as it is fundamental".

⁴⁹³ DUFOURT, *La musique spectrale, op. cit.*, 2014, p. 22.

L'information recueillie par l'organe sensoriel est modifiée, selon McAdams, par les limitations physiques et perceptives. Ces données vont se trouver encore modifiées par le processus cognitif. L'interaction des processus cérébraux permet d'effectuer une transduction des données en « percepts » signifiants : l'attention, le mémoire, la reconnaissance des paramètres de hauteur, de timbre et d'intensité, etc. A cela s'ajoutent les processus cognitifs responsables des groupements de texture et de geste et de la contextualisation des données. McAdams et Bregman observent que tous ces niveaux de processus agissent en tant qu'un système *hétérarchique* (par opposition d'un système hiérarchique).⁴⁹⁴

Notre investigation de l'œuvre de Pape a montré que les notions de groupement se développent à partir des éléments d'organisation spatio-temporelle ainsi qu'à partir des aspects qualitatifs tels que le timbre et d'autres phénomènes perçus. Les fonctions des éléments conventionnels tels le rythme, le motif ou la mélodie, sont remplacées par les transformations du temps et du timbre. Le mouvement sonore et la création d'un espace multidimensionnel, l'énergicité dégagée par la progression musicale et nombre d'autres impressions sensorielles contribuent aussi à l'évolution d'une véritable progression fonctionnelle.

Or ces éléments qui, ensemble, forment l'effet musical de *Harmonies of Time and Timbre* s'avèrent parfois ambigus : des phénomènes de changement, de mutation, de transposition et de transformation nous jouent parfois des tours cognitifs. Risset remarque que « L'effet auditif est déterminé par la réaction perceptive à une structure sonore. A défaut de connaître cette réaction, on peut faillir à le prévoir »⁴⁹⁵. Ainsi, les réactions sensorielles imprévues et les conflits d'attribution perceptive introduisent nombre de possibilités intéressantes pour la composition et pour la recherche musicale.

L'investigation de l'*input* de *Harmonies of Time and Timbre* montre que les aspects du temps et du timbre sont des principes structurants de l'œuvre. La modélisation de l'*input* met en relief le caractère quantitatif de ces éléments et leurs mécanismes de fonctionnement. Maintenant, nous voulons examiner le rapport entre les mécanismes, les comportements des éléments et l'effet des phénomènes, c'est-à-dire, l'expérience musicale ou l'*output*.

Considérons que les phénomènes émergents de l'expérience musicale se partagent en deux catégories. D'abord, les phénomènes sonores qui apparaissent principalement grâce aux illusions ou aux ambiguïtés de la perception, tels que le timbre et certains effets temporels ; puis les phénomènes sonores qui relèvent plus de la sensation, ce que l'on nomme les effets

⁴⁹⁴ MCADAMS Stephen et BREGMAN Albert, « Hearing Musical Streams », *Computer Music Journal* 3 (4), 1979, JSTOR, p. 41, "It is felt that all of these levels of processing feed into each other in a sort of heterarchical (as opposed to a hierarchical) system", notre traduction.

⁴⁹⁵ RISSET et GUILLOT, *Du songe au son, op. cit.*, 2008, p. 15.

transmodaux⁴⁹⁶ : les impressions imagées, tactiles ou de mouvements ainsi que la perception de l'espace et des flux d'énergie.

III.2.1. Les illusions de la perception

L'image centrale de *Harmonies of Time and Timbre*, nous avons vu, est celle de la formation d'une spirale qui se transforme, se déforme, qui « respire », qui dépasse les limites physiques du son et du corps, qui voyage « au-delà des frontières espace-temps » et qui est régie par ses propres règles : la genèse d'une harmonie à l'intérieur du son à partir de laquelle ce même son est né.

C'est une image dynamique, symbole du purgatoire, d'un entonnoir, de mouvements à la fois descendants et ascendants, d'expansion et de contraction, de tornades, de tourbillons, etc. A partir des métaphores et des analogies que nous avons évoquées dans notre description de l'effet de l'œuvre, nous allons explorer les différentes manifestations de tous ces phénomènes qui contribuent à notre construction mentale de l'image.

III.2.1.1. L'émergence de l'immensité

La spirale de Pape s'érige du bas vers le haut par des longues *vagues* qui semblent émerger du *néant*. Ces deux métaphores suggèrent l'immensité sur deux plans, le premier par analogie avec l'océan, cette vaste masse mouvante et profonde, le deuxième plus cosmique, poétique, symbole d'une naissance à venir. De plus, la spirale se prolonge et se projette au cours d'une durée importante : pendant un peu plus de soixante minutes elle tournoie dans un mouvement circulaire, une danse *astrale*, un grand mouvement *céleste*. L'espace-temps de l'œuvre est perçu dans des dimensions immenses, la spirale semble déferler à une vitesse « cosmique ».

Cette perception d'une immensité spatio-temporelle semble agir au niveau du macro-fonctionnement de l'œuvre et en particulier, par les anamorphoses temporelles et fréquentielles que nous avons constatées dans son organisation structurelle. Le déploiement des durées, qui sur le plan horizontal s'allongent progressivement et sur le plan vertical se raccourcissent, introduisent un conflit entre ces deux plans perceptifs. Ce conflit incite, en permanence, une réévaluation perceptuelle des dimensions spatio-temporelles.

Dans son article « L'organisation perceptive de l'environnement sonore », McAdams émet l'hypothèse que le processus de groupement des données sensorielles est basé sur la

⁴⁹⁶ Transmodalité sensorielle : qui implique une transposition entre deux ou plusieurs sens.

cohérence de comportements des sous-groupes. Quand les incompatibilités de cohérence sont détectées, les décisions de groupement sont réévaluées. Dans le cas des changements rapides ou continus de modes de cohérence, il est probable que la perception fluctue entre deux ou plusieurs modèles d'affectation. McAdams observe que « pour certaines configurations de stimuli, les indices peuvent entrer en conflit les uns avec les autres créant ainsi soit des situations où plusieurs interprétations perceptives sont possibles, soit parfois des illusions auditives. Les qualités perceptives résultantes des sources dépendent de la façon dont le conflit est résolu »⁴⁹⁷.

Tenney et Polansky décrivent ce processus de groupement par la détermination des unités de *Temporal Gestalt* ou TG. Leur modèle prend en compte le délai entre le moment de déclenchement d'une unité et le moment auquel le groupement est déterminé par la perception. Ils observent que les délais d'attribution sont « progressivement cumulatifs selon le niveau sous considération » et que l'intervalle de délai augmente de manière importante au niveau macro.⁴⁹⁸ C'est-à-dire que les ambiguïtés perceptives peuvent émerger non seulement dans l'instant de l'écoute, mais elles peuvent aussi provoquer des conflits de groupement sur l'échelle macro-temporelle au cours de l'écoute. Cela peut conduire à provoquer la modulation continue des fonctions de mémoire et d'anticipation dans l'appréhension globale de l'œuvre, même longtemps après que le dernier son se soit éteint.

L'échelle des méso-durées étant de l'ordre d'une à douze minutes, ce prolongement temporel est équivalent à un traitement audio d'étirement temporel (*time-stretching*) des sonorités, laissant à l'attention la possibilité d'explorer tous les détails du contour sonore, de la surface musicale jusqu'aux détails infimes à l'intérieur du phénomène vibratoire.

Rappelons les durées des méso-groupements des phases principales qui augmentent progressivement :

Durées des méso-groupements dans les trois phases principales.

Phase I					Phase II					Phase III		
IA	IB	IC	ID	IE	IIA	IIB	IIC	IID	IIE	IIIA	IIIB	IIIC
1m06	1m28	1m50	2m12	2m34	2m56	3m21	3m43	4m01	4m29	4m31	5m31	12m

⁴⁹⁷ MCADAMS, « L'organisation perceptive de l'environnement sonore », *art. cit.*, 1997, p. 4.

⁴⁹⁸ TENNEY et POLANSKY, « Temporal gestalt perception in music », *art. cit.*, 1980, p. 236.

Et l'organisation des durées verticales qui diminuent par rapport à leur fréquence :

Composant du spectre	Durée $dF \times 1/P_n$
F	66
P1	44
P3	26,4
P5	18,9
P7	14,7
P9	12
P11	10
P13	8,8

L'anamorphose des dimensions temporelles des agrégats sonores de *Harmonies of Time and Timbre* a pour effet de réduire l'importance du rythme et des courbes « mélodiques » de surface par le simple fait que les changements de valeurs sont trop éloignés les uns des autres. Ceci « force » l'attention à abandonner le suivi du détail au niveau de la surface musicale, et l'incite à se tourner plutôt vers l'intérieur de la sonorité. Les changements de rapports (fréquence et durée) entre les différents membres de l'agrégat sonore assurent que l'attention est constamment divertie par l'accumulation de hauteurs et de la complexité de leurs comportements ainsi que par l'émergence des mélodies et des rythmes spectraux. L'enchaînement des configurations différentes de partiels et leur agencement dans la tessiture font que ces états du phénomène sonore émergent comme des courbes mélodiques à *l'intérieur même du son*.

L'approche et la sensibilité musicale de Pape trouvent ici une résonance dans l'œuvre de Giacinto Scelsi. Citons par exemple son *Quattro pezzi su una nota sola* de 1959 où le statisme de la hauteur détourne l'attention vers l'activité interne du son, tels que les frottements entre des hauteurs très proches et les caractéristiques du timbre qui se transforment en fonction des variations d'intensités ou de registre.

III.2.1.2. L'émergence du timbre

Nous avons déjà constaté dans *Harmonies of Time and Timbre* que la superposition de plusieurs couches de pulsations ordonnées fait apparaître des illusions rythmiques au niveau supérieur. Jean-Claude Risset s'interroge aussi sur ce point : « lorsque je mets plusieurs sons

ensemble, est-ce que j'entendrai une seule entité ou plusieurs entités ? »⁴⁹⁹. Cette question relève du mécanisme de la perception qui porte à fusionner ou à ségréger les flux sonores.

McAdams et Bregman, qui ont mené une étude importante sur ces mécanismes, constatent que la perception catégorise et organise inconsciemment les sources sonores en séquences de « flux auditifs »⁵⁰⁰. Ce sont des représentations mentales des événements acoustiques qui, ayant un degré de continuité ou de cohérence interne, fusionnent, et seront ainsi appréhendés comme un timbre. D'autres séquences sonores, qui ne partagent pas ces attributs, seront perçues plutôt comme de simples agrégats sonores. Dufourt résume :

La perception n'opère que sur des valeurs distinctes, des attributs bien définis qui lui permettent de classer et d'organiser les phénomènes. Alors que la physique nous propose des messages acoustiques continus, l'oreille et le cerveau s'ingénient à introduire des séparations, des discriminations.⁵⁰¹

Comme nous l'avons constaté au cours de l'investigation, la discrimination des flux musicaux dans *Harmonies of Time and Timbre* est souvent source de conflit perceptif. L'individualité des couches instrumentales est compromise par les ambiguïtés dues à la différenciation du timbre et la proximité des fréquences, surtout dans les extrêmes du registre. Les huit instruments à cordes partagent un fort pouvoir fusionnel du fait de leur timbre *identitaire*. Pour sa part, Michèle Castellengo distingue le timbre *identitaire* qui « sollicite prioritairement l'identification » de l'instrument du timbre *qualitatif* qui « engage à prêter attention aux changements de qualité sonore réalisée par l'instrumentiste »⁵⁰².

Ces changements de qualité sont dans un premier temps assuré par les variations d'intensités, d'attaque ou de tessiture, mais Pape ajoute plusieurs couches simultanées de variations de mode de jeu : les vibratos de fréquence et d'intensité ainsi que les *chemins de timbre* allant entre des positions extrêmes de *sul ponticello* et de *sul tasto* pour les cordes et pour la flûte entre un son pur ou très saturé. Ces modulations, couplées avec une échelle d'intensités et la combinaison de mode de jeu et d'intensité, ont pour effet de déstructurer le timbre *identitaire* des instruments.

Prenons l'exemple ci-dessous dans lequel on voit la combinaison du piccolo à l'extrême aigu de sa tessiture avec les quatre violons également à l'extrême aigu. On serait en droit ici de penser qu'une telle augmentation continue de l'intensité des sonorités les rende progressivement et distinctivement plus distordues. Cela serait sûrement le cas si les

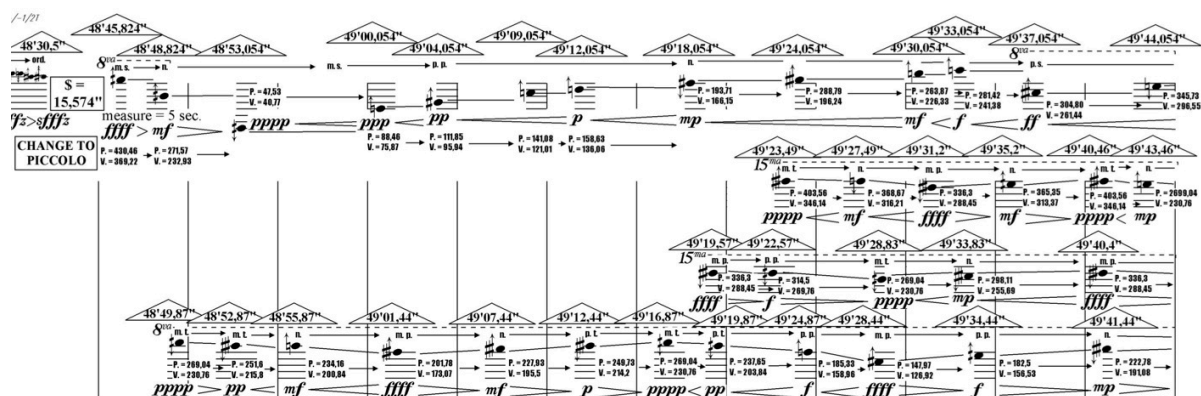
⁴⁹⁹ RISSET et GUILLOT, *Du songe au son, op. cit.*, 2008, p. 14.

⁵⁰⁰ MCADAMS et BREGMAN, « Hearing Musical Streams », *art. cit.*, 1979, p. 26.

⁵⁰¹ DUFOURT, *La musique spectrale, op. cit.*, 2014, p. 51.

⁵⁰² CASTELLENGO Michèle, *Écoute musicale et acoustique: avec 420 sons et leurs sonagrammes décryptés*, Paris, Eyrolles, 2015, p. 290.

instruments se comportaient de façon linéaire. Mais ni les instruments ni l'oreille ne se comportent de cette façon – ils répondent à cette excitation de manière non linéaire. Ceci a pour effet d'augmenter radicalement le nombre d'harmoniques dans le spectre et de provoquer une bifurcation du comportement mécanique de l'instrument. C'est-à-dire d'atteindre le seuil entre l'ordre et le désordre et de basculer de façon abrupte dans un mode de comportement chaotique.



Harmonies of Time and Timbre, extrait (flûte) p. 34.

Chaque instrument suit ce chemin vers le chaos indépendamment de l'autre, mais leurs effets se combinent au moment de la réception par l'appareil auditif, qui, lui aussi, est poussé à sa limite et réagit aussi de façon non linéaire. Si la superposition des timbres excités provoquait une croissance linéaire d'intensité, on devrait entendre le timbre résultant de cette superposition. Au contraire, la superposition de leurs comportements non linéaires provoque un comportement non linéaire à des niveaux supérieurs de la sensation auditive et de la perception, et ainsi, de nouvelles qualités émergent de la complexité de cette interaction. Les timbres identitaires des deux instruments se sont perdus en une nouvelle sonorité qu'ils ont créée.

Smalley explique ce mécanisme d'émergence de timbres complexes au sein des agrégats de spectres superposés. L'ouïe ne peut plus discerner la hauteur des tons indépendants parce que leur spectre de bruit atteint une telle densité que les qualités internes seront perçues comme un phénomène granulaire et hétérogène plutôt que comme un phénomène de hauteur homogène. Selon Smalley, « nous traversons une zone de transition ambiguë entre note et bruit qui résulte d'une croissance de densité et de compression spectrale »⁵⁰³. Il nomme cette zone le *pitch-effluvium continuum*, c'est-à-dire, l'état auquel

⁵⁰³ EMMERSON (éd.), *The Language of electroacoustic music, op. cit.*, 1986, p. 67, "We pass through the blurred buffer zone between note and noise as a result of increase spectral density and compression", notre traduction.

l'oreille ne peut plus résoudre les hauteurs composantes du spectre. Cet état exige que l'auditeur change de stratégie perceptive : l'attention est dirigée vers le contour du spectre et le comportement perçu à la surface du timbre. Ainsi, « le contexte change le niveau sur lequel l'ouïe peut réagir à la structure musicale »⁵⁰⁴.

Les agrégats *inharmoniques* de *Harmonies of Time and Timbre* provoquent, par la superposition de leurs spectres, une forte densité de complexité dynamique spectrale. La nature même du son « naturel » est ainsi compromise, malgré la logique de sa construction. Ce procédé a été exploré par Stockhausen dans *Studie II*, pour sons électroniques. Un tintement scintillant émerge et se transforme selon la combinaison des intervalles non harmoniques venant d'accords faits de cinq hauteurs non harmoniques d'intensité égale agencés de façons différentes dans leur registre. Un exemple précoce d'un tel effet se trouve chez Wagner dans *L'enchantement du feu* de *Walkyrie*. Ligeti observe que la vitesse et la difficulté extrêmement élevées des multiples gestes des violons font que de légers décalages rythmiques viennent perturber le rythme synchrone. Ces fluctuations suffisent à créer l'illusion d'un scintillement constant « qui n'est pas la somme des timbres instrumentaux individuels, mais une nouvelle qualité, [qui] repose sur la fusion de successivité »⁵⁰⁵.

L'aspect du timbre *identitaire* est aussi un facteur important dans la cohérence des couches mélodiques au sein d'une structure polyphonique. Cependant, plus les couches sont rapprochées dans l'espace musical, plus difficile est la perception de l'indépendance de leurs courbes. En utilisant huit instruments à cordes dans les configurations harmoniques dont les hauteurs sont progressivement rapprochées, Pape brouille la distinction des voix et rend ambiguës les relations horizontales entre les hauteurs appartenant à la même voix.

Dans une telle configuration, il semble plus que probable que les timbres vont fusionner et la polyphonie sera rendue incompréhensible. Mais bien au contraire, ces structures et leur progression harmonique suivent une intrigue propre qui joue sur les conflits de fusion au niveau du timbre et de l'espace. La polyphonie chez Pape s'effectue sur les axes spatiaux autour de l'auditeur, ce que Smalley appelle le plan du « *circumspace* ». Les relations polyphoniques (ou hétérophoniques) se forment par la fission ou fusion des sonorités et par leur proximité de hauteur ou de timbre. Ainsi, les lignes de polyphonie spatiale apparaissent entre des sources sonores différentes et tissent des liens latéraux à travers l'espace acoustique. Nous reviendrons sur ce point en détail.

On constate ainsi que la polyphonie de Pape s'effectue sur plusieurs plans simultanés : entre les lignes horizontales de l'écriture, entre les positions sur la spirale dessinée par la

⁵⁰⁴ Ibid. "Thus context changes the level at which the ear can respond to the musical structure".

⁵⁰⁵ LIGETI, *Neuf essais sur la musique*, op. cit., 2001, p. 186.

configuration spatiale des hautparleurs (*circumspace*), entre les timbres émergents des interactions complexes des agrégats sonores, et enfin, sur un niveau émergent, entre les sons physiques et les sons issus de l'interaction complexe de ces sonorités – les illusions auditives et les phénomènes de hauteurs émergentes.

Henri Piéron explique ce mécanisme de discrimination auditive qui peut effectivement provoquer l'apparition de nouvelles hauteurs émergentes dans un contexte d'écoute *plurielle*. « Avec plusieurs sons purs dans l'espace aérien, les perceptions auditives se trouvent compliquées par l'intervention de sons dits « subjectifs » qui viennent s'ajouter aux premiers, qui ont aussi leur origine dans l'appareil récepteur, et qui comprennent, outre les harmoniques, des sons de « combinaison », différentiels et additifs, dont le nombre et l'importance augmentent avec l'intensité des excitations principales (le seuil d'audibilité étant franchi par un nombre plus grand de ces sons, échelonnés en intensité relative) »⁵⁰⁶.

L'ambiguïté des frontières entre spectres superposés dans *Harmonies of Time and Timbre* est encore accentuée par un niveau supplémentaire d'ambiguïté provoqué par la différenciation entre geste et texture, forme et fond et qui se manifeste dans la perception du timbre. Partant sur le constat du chapitre précédent, cette différenciation perceptuelle se module en fonction du niveau pris en considération – ce qui est perçu comme geste au niveau de la microforme peut émerger comme une méso-texture mais aussi faire partie d'un plus grand geste global. La question de la forme et du fond est déjà moins claire dans le contexte musical de la polyphonie : « rien n'est fond à proprement parler »⁵⁰⁷. Mais la séparation d'un geste du fond sonore qui l'entoure et la perception des relations de cohérence interne sont des indices importants qui régissent notre capacité à suivre le comportement d'un événement sonore hautement complexe dont la cause physique reste ambiguë.

La perception polyphonique dépend donc du groupement et de la hiérarchisation des données sensorielles. Dans les cas hautement complexes, tel que *Spem in alium* de Tallis par exemple, les conflits de groupement et d'attribution hiérarchique introduisent des illusions auditives, tels que des changements de timbre *qualitatif* et l'illusion d'un mouvement spatial, de rythmes et de mélodies émergentes. Ces mêmes mécanismes sont responsables de nombre de phénomènes de perception dans *Harmonies of Time and Timbre*, en précisant que l'écriture de Pape agit sur de multiples aspects du comportement acoustique simultanément et sur tous les niveaux de la forme.

⁵⁰⁶ Henri Piéron (1944) dans LECOURT Édith, *L'expérience musicale, résonances psychanalytiques*, Paris, Éd. l'Harmattan, 1994, p. 43.

⁵⁰⁷ Francès dans *ibid.*

Dans « L'organisation perceptive de l'environnement sonore », McAdams explique les découvertes portant sur les mécanismes de groupements effectués par la perception à partir des indices de cohérence comportementale d'un événement sonore. Ces mécanismes agissent soit par un processus de groupement simultané, soit par groupement séquentiel. Ce groupement, selon McAdams, ne définit pas seulement l'identification des sources sonores, mais agit aussi sur la perception de leur position dans l'espace et les représentations mentales du comportement temporel des sources sonores. Comme un seul événement ne peut faire partie de deux flux séparés en même temps, l'introduction d'ambiguïtés de groupement peut faire survenir des conflits de groupement simultané *et* séquentiel, l'ouïe peinant à attribuer un événement à un flux ou un autre.

Dans *Harmonies of Time and Timbre*, de telles ambiguïtés s'introduisent par le processus d'auto-organisation des flux superposés. L'effort que fait l'auditeur pour suivre la continuité d'un certain flux qui semble divergent est en partie responsable de l'appréhension de la forme arborescente du processus morphogénétique. D'autre part, ce genre d'ambiguïté dans la continuité des flux provoque une projection perceptive qui stimule la formation d'images et qui se traduit par des métaphores de cheminement dans un « labyrinthe » ou qui donne l'illusion de mouvements « planétaires », « circulaires » et « en spirale ».

A partir de l'étude de McAdams, nous avons montré que les procédés de composition explorés par Pape dans *Harmonies of Time and Timbre* agissent sur tous les indices de groupement perceptif. Notons d'abord les processus de groupement simultané : le synchronisme des attaques et des chutes, la cohérence de la modulation d'amplitude, l'harmonicité commune, la séparation des fréquences fondamentales et la position commune dans l'espace.

Nous avons remarqué que Pape met en jeu des événements dans lesquels les attaques sont décalées dans le temps mais dont les chutes sont synchrones. Ainsi les composants ne seront groupés que rétroactivement : ils sont perçus comme un geste seulement après la terminaison synchrone de leur trajets communs – avant cela, ils seront repérés plutôt comme faisant partie d'une texture. Ceci est aussi complexifié par les conflits créés par les rapports entre les modulations d'amplitude de chaque couche superposée. Nous reviendrons sur ce point.

Les conflits d'harmonicité qui sont développés par Pape obéissent aux principes comportementaux décrits par McAdams dans son article « L'organisation perceptive de l'environnement sonore » : il est fort probable que la présence d'une série inharmonique provoque une sensation d'ambiguïté de hauteur ou même la perception de hauteurs multiples

« ayant pour effet l'impression de plusieurs sources »⁵⁰⁸. Ces effets seront encore plus marqués en présence de plusieurs séries harmoniques, comme c'est le cas pendant la deuxième partie de *Harmonies of Time and Timbre* – les séries harmoniques sont décalées dans le temps par la structure isorythmique et l'on constate la superposition de plusieurs séries simultanément.

La séparation spatiale des huit haut-parleurs a également sa part dans la création des conflits perceptuels : la séparation spatiale des informations est une donnée très importante pour la ségrégation auditive des sonorités. Dans *Harmonies of Time and Timbre*, un composant sonore peut à la fois fusionner avec un autre par sa proximité spectrale ou par la cohérence des modulations d'amplitude, par exemple, mais aussi être attribué à un autre groupement perceptif par les conflits de comportement provoqués par son contenu inharmonique ou par sa position relative dans l'espace. La perception peut effectivement parcourir la structure par une multitude de cheminements différents.

Pour les éléments de groupement séquentiel, McAdams note que « les discontinuités dans le contenu spectral des sons successifs provoquent une fission de la séquence en plusieurs flux ⁵⁰⁹ ». Ce principe est en partie responsable de l'ambiguïté des lignes de polyphonie dans la deuxième partie de *Harmonies of Time and Timbre* et certainement de l'émergence de la complexité du timbre dans la troisième phase.

Remarquons que dans cette troisième phase de l'œuvre, même les frontières entre fission et fusion sont sujettes à une décomposition perceptive : un seul flux semble parfois se diviser en plusieurs, en raison des conflits internes de vitesse ou de séparation des fréquences composantes. Le seuil de fusion ou fission est ainsi compromis par les conflits de perception de vitesse et de hauteur. C'est le cas dans *Harmonies of Time and Timbre*, surtout au cours de la troisième partie. La concentration de mouvements en glissando construit une densité de conflits perceptifs qui provoquent des illusions semblables à celle de Shepard et de nouveaux flux émergent de cette superposition.

McAdams et Bregman ont prouvé que l'introduction d'une différence de timbre peut être la cause de la ségrégation d'une partie de l'ensemble qui formera son propre flux. De ce fait, l'introduction de plusieurs modifications de timbre effectuées en même temps, semble être « la cause de l'émergence d'un nombre égal de flux de mélodies contrapuntiques »⁵¹⁰. De plus, McAdams et Bregman remarquent que lorsque ces mélodies imbriquées émergent, « la

⁵⁰⁸ MCADAMS, « L'organisation perceptive de l'environnement sonore », *art. cit.*, 1997, pp. 5 et 6.

⁵⁰⁹ Ibid., p. 7.

⁵¹⁰ MCADAMS et BREGMAN, « Hearing Musical Streams », *art. cit.*, 1979, p. 34, "several simultaneous timbral modifications might cause an equal number of streams to emerge as separate contrapuntal melodies", notre traduction.

mélodie originale est modifiée parce que plusieurs de ses composants l'ont quittée pour se joindre à d'autres groupements »⁵¹¹. Ce point souligne le mécanisme *d'efficacité causale* qui est une condition implicite dans le processus d'émergence.

Les changements abrupts d'enveloppe spectrale, telle que la bifurcation entre deux modes de comportement citée plus haut, auront pour effet d'introduire l'illusion d'une nouvelle source sonore. Cette source sera probablement aussi perçue comme venant d'une position spatiale différente. Les changements fréquents et soudains d'intensité jouent également sur la représentation du nombre de sources perçues. McAdams confirme que « le système auditif essaierait de lier les événements pour obtenir un maximum de continuité des intensités dans la représentation mentale de chaque source »⁵¹².

Ainsi, nous constatons que l'ensemble des indices de spectre et d'intensité exerce un pouvoir important sur la perception des groupements séquentiels, donc sur la cohérence linéaire des matériaux musicaux. La conception sonore de *Harmonies of Time and Timbre* exploite toutes les sources de conflits perceptifs connus sur l'axe vertical et horizontal de l'écriture. Ces éléments sont aussi introduits dans les deux interludes où on trouve ces phénomènes spatiaux et de timbre encore plus prononcés par la multiplication de sources et par des changements radicaux de position spatiale.

Les principes perceptifs de ségrégation et de fusion sont extrêmement importants pour la compréhension des phénomènes émergents dans une œuvre telle que *Harmonies of Time and Timbre*. La cohérence du comportement des composants sur l'échelle micro-temporelle fait que ces éléments seront perçus comme un ensemble ou fusionnés dans un flux indépendant, tandis qu'au niveau supérieur, ces mêmes composants peuvent manifester des traits de comportement désordonné et seront ainsi ségrégués.

McAdams en tire la conclusion que « les démonstrations d'interactions entre le traitement simultané et le traitement séquentiel laissent croire soit qu'il y a traitement en parallèle, soit qu'il peut y avoir rétroaction de l'un sur l'autre »⁵¹³. Notre étude des phénomènes de la perception dans *Harmonies of Time and Timbre* et des procédés d'écriture musicale qui les provoquent nous amène à tirer cette même conclusion. Michèle Castellengo résume la situation parfaitement :

Il reste que l'appréciation des qualités du timbre, qui repose en partie sur le contenu spectral, conduit à penser que dans ce domaine aussi nous oscillons sans cesse entre l'appréciation fine des variations du champ sonore changeant temporellement et

⁵¹¹ Ibid. "it is possible to cause a subset of these tones to segregate into its own stream by inducing a timbre difference".

⁵¹² MCADAMS, « L'organisation perceptive de l'environnement sonore », *art. cit.*, 1997, p. 8.

⁵¹³ Ibid., p. 9.

différemment aux deux oreilles, et le besoin d'une synthèse dynamique pour estimer le timbre d'un instrument à un moment donné.⁵¹⁴

Le timbre est ainsi appréhendé à partir de l'intégration perceptive des composantes sonores en un état d'interaction complexe. Considéré sous cette optique, le timbre est une propriété dynamique qui émerge du phénomène sonore et de ce fait, résiste à une décomposition analytique. Il ne peut donc être considéré qu'à partir de la globalité de sa structure spatio-temporelle.

III.2.1.3. L'émergence des seuils temporels

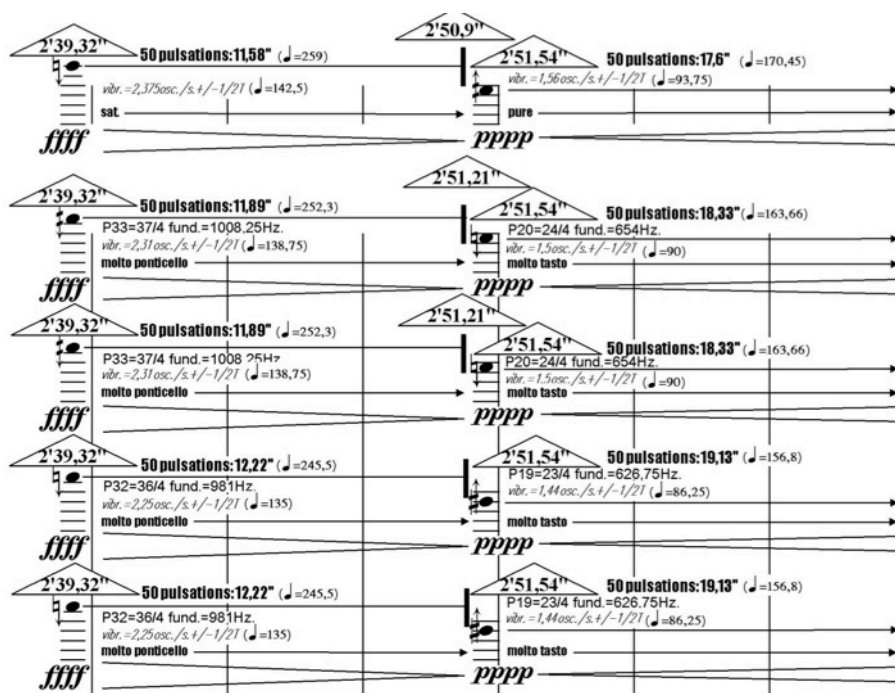
Les conflits fusion-fission agissent donc sur plusieurs mécanismes perceptifs simultanément. Plus haut, nous avons évoqué les conflits introduits par la superposition des couches transformées par des modulations d'amplitude. Chacun des flux individuels pulse avec une certaine vitesse de vibrato d'intensité et présente sa propre cohérence temporelle. Nous allons voir que la particularité de cette configuration réside dans son pouvoir créateur : l'interaction de tels mécanismes comportementaux donne lieu à plusieurs typologies de phénomènes perceptuels.

Dans le chapitre précédent, nous avons démontré que la superposition des couches de vibrato rythmique provoque l'émergence de nouvelles formes rythmiques au niveau supérieur. Considérons maintenant les implications de l'aspect temporel dans cette configuration.

La séparation spatiale des sources sonores dans *Harmonies of Time and Timbre* soutient un état de fission des flux de pulsations en de multiples flux sonores indépendants. Mais, comme le dit McAdams, « Une des propriétés principales de l'organisation des flux est que l'on ne peut que très difficilement faire des jugements d'ordre temporel à travers des flux séparés »⁵¹⁵. La désagrégation spatiale de l'agrégat sonore en de multiples flux indépendants ne fait que croître la complexité des messages temporels qui provoquent un état de conflit cognitif. Prenons l'exemple des attaques synchrones de la flûte et des quatre violons :

⁵¹⁴ CASTELLENGO, *Écoute musicale et acoustique*, op. cit., 2015, p. 133.

⁵¹⁵ MCADAMS, « L'organisation perceptive de l'environnement sonore », art. cit., 1997, p. 6.



Harmonies of Time and Timbre, extrait (flûte) p. 4.

On remarque qu'il y a trois vitesses de pulsations superposées : 245,5 – 252,3 – 259. Il y a une très faible chance que les deux violons, avec des instructions identiques soient temporellement synchrones pendant toute ou même une partie de leur durée après le déclenchement de leur attaque. Nous entendons en réalité cinq flux de pulsations qui seront en décalage temporel chaotique. Ce décalage ajoute encore un élément de conflit temporel : les jugements perceptifs sur l'organisation temporelle deviennent impossibles à résoudre.

Effectivement, la superposition des pulsations régulières aura des conséquences spatio-temporelles importantes : Smalley décrit l'effet de cette compression perceptive des impulsions d'attaque comme un « *attack-effluvium continuum* »⁵¹⁶. Tout comme le continuum qui émerge entre la note et le bruit, par la compression du contenu spectral, la concentration et la complexification des transitoires d'attaque de pulsation franchissent ensemble un seuil temporel où l'oreille échoue à résoudre les composants individuels et saute à un niveau supérieur d'organisation perceptive.

Curtis Roads explique que chaque niveau sur l'échelle temporelle est soumis aux processus différents de la perception humaine, et de plus, que ces processus sont variables entre individus. L'impression de décalage temporel est souvent déclenchée par des anomalies

⁵¹⁶ Dans EMMERSON (éd.), *The Language of electroacoustic music*, op. cit., 1986, p. 72.

à l'échelle micro-temporelle, mais, comme le démontre Roads, « Lorsqu'un son passe d'un niveau à un autre, il traverse un seuil perceptif. Il semble changer de qualité »⁵¹⁷.

Castellengo a démontré que les variations périodiques de sons de hauteur définie peuvent atteindre un seuil entre le suivi temporel (rythmique) et la sensation d'une hauteur qui émerge d'une modulation suffisamment rapide. Un vibrato de fréquence peut provoquer ce même phénomène aux vitesses très élevées aussi.⁵¹⁸ Comme l'a remarqué Ligeti dans ses propres expériences, ces phénomènes rythmiques de sons « sur-rapides » ne peuvent pas être réalisés avec une seule voix instrumentale. Mais la superposition de plusieurs voix en léger décalage temporel, rend cela tout à fait possible. Ainsi, la pulsation rythmique « bascule et se transforme en un phénomène de timbre constamment irisé »⁵¹⁹. Dans le cas des hauteurs statiques, franchir ce seuil de vitesse fait émerger d'abord un timbre rugueux et puis à très grand vitesse, un accord de trois ou de cinq « fréquences collatérales » selon la modulation type : d'intensité ou de fréquence.

Dans *Harmonies of Time and Timbre*, Pape combine les deux types de modulation et provoque ainsi des comportements très complexes. L'effet de la superposition temporelle de plusieurs vitesses de modulation d'intensité (allant jusqu'à neuf), auxquelles viennent s'ajouter neuf vitesses de modulation de fréquence, produit une complexité extrêmement dense et une multitude fluctuante de conflits perceptifs de nature spatio-temporelle. De plus, le vibrato de fréquence introduit une ambiguïté sur la hauteur perçue. Selon la largeur de l'intervalle de modulation, la hauteur de référence sera subjectivement perçue soit plus haut, soit plus grave, selon l'auditeur.

Revenons à notre exemple plus haut où les tons sont partagés par deux violons. Si ces tons étaient stables, on remarquerait simplement un changement de timbre *qualitatif* qui résulte de ce doublage. Mais le comportement indépendant des vibratos de fréquence des deux voix introduit une instabilité de hauteur : les deux tons seront parfois accordés, parfois légèrement désaccordés. Dès qu'ils se séparent, cette séparation de deux hauteurs provoque des battements (des fluctuations d'intensité, elles aussi instables dues au changement continu de la hauteur) et des effets harmoniques de second ordre. L'effet entendu est très marqué : on perçoit les transformations complexes et continues du timbre. Ainsi, les sonorités de *Harmonies of Time and Timbre* émergent comme des entités « vivantes » qui « respirent » et qui peuvent « gazouiller » ou se transformer en « une masse sinueuse faite de battements vrombissants ».

⁵¹⁷ ROADS, *Microsound*, op. cit., 2004, p. 4.

⁵¹⁸ CASTELLENGO, *Écoute musicale et acoustique*, op. cit., 2015, p. 120 à 121.

⁵¹⁹ LIGETI, *Neuf essais sur la musique*, op. cit., 2001, p. 175.

L'expérience du temps musical dans l'œuvre de Pape est marquée par de nombreuses transitions perceptives. Notre investigation a donné lieu aux métaphores temporelles telle que l'impression générale « d'un temps qui respire, qui est mobile et qui se transforme au gré du son ». Dès le premier interlude, nous constatons un changement radical du passage temporel. L'impression de temps accéléré est renforcée par les métaphores venues des expériences vécues comme celles d'un « déjà vu », des « lointains souvenirs » ou même d'un rêve récurrent, ou comme l'accumulation harmonique qui « semble retracer à haute vitesse le terrain déjà traversé ». Ces métaphores mettent en lumière l'effet d'un temps non linéaire et de boucles temporelles.

La deuxième partie de *Harmonies of Time and Timbre* oppose cet effet d'accélération temporelle par des expériences rythmées par de longues durées donnant lieu aux analogies comme : « un long voyage » ; « une mission fastidieuse à accomplir » ; « comme un rite ancien » – toutes sont des expériences qui évoquent une temporalité étendue. Le processus d'expansion et de contraction temporelle que nous avons constaté plus haut au niveau de la micro-organisation émerge ici au sein de la macro-organisation de l'œuvre. L'accélération perçue dans l'interlude cède à « un mouvement circulaire qui descend en ralenti » dans la partie suivante.

On peut ainsi s'appuyer sur l'opposition bergsonienne du temps et de la durée : la perception musicale se construit sur le temps subjectif et relatif de la durée psychologique, ou comme le disent Boon et Prigogine, « il y a éclatement de la notion d'instant ». Leur définition de la temporalité de l'expérience musicale part du développement d'une structure temporelle « qui brise le rythme régulier, et crée une libération par rapport au temps de l'horloge »⁵²⁰. La notion de l'instant présent entre dans un rapport dichotomique entre le temps du monde extérieur et le temps « réel » au sens lacanien, comme il est vécu par l'individu.

La perception du flux temporel dépend, selon Roads, de la nature objective des matériaux musicaux. Il a observé que les pulsations régulières et les répétitions ont tendance à porter activement le flux dans le temps, tandis qu'un état stable et continu ou un silence « réduisent le flux à une vitesse traînante »⁵²¹. Au contraire, dans l'œuvre de Pape, le niveau d'ambiguïté temporel ainsi que les états contradictoires entre niveaux perceptifs introduisent des conflits intra niveaux : les pulsations régulières deviennent l'état stable et continu et les rythmes qui émergent de leur superposition sont ceux qui portent activement le flux temporel.

⁵²⁰ Dans DARBELLAY, *Le temps et la forme*, op. cit., 1998, p. 140.

⁵²¹ ROADS, *Microsound*, op. cit., 2004, p. 11.

Ce rapport peut encore basculer au niveau supérieur, où l'état de la texture globale est homéostatique.

A ce conflit perceptuel, on ajoute le temps induit par la complexité, tel qu'il est décrit par Edgard Morin dans *La Méthode*, qui souligne le caractère irréversible du temps vécu. Il remarque que la découverte du 2^e principe de la thermodynamique en 1965 a fait apparaître ce caractère et ainsi, « l'univers entra dans le devenir » et que ce nouvel univers, « en naissant, nous en fait découvrir la complexité »⁵²². Le temps, dorénavant, devient unité et fragmentaire, continu et discontinu.

Cette discontinuité temporelle apparaît dans *Harmonies of Time and Timbre* comme des interruptions du flux temporel. Nous avons constaté que ce temps est « vécu comme une boucle temporelle, les durées semblent passer à vitesses différentes : le temps semble fluctuer à la David Lynch. » Morin explique que la discontinuité s'introduit dans la continuité temporelle par l'apparition de l'événementiel, qui est « agité de ruptures, soubresauts, qui brisent son fil et éventuellement recréent, ailleurs, d'autres fils. » Ce temps est défini par Morin comme « le temps des morphogénèses et des développements »⁵²³.

Le caractère morphogénétique du temps de l'unité multiplexe décrite par Morin se manifeste au moment de la réception de *Harmonies of Time and Timbre*, et relève de la morphogénèse de sa structure. L'inertie qui est ressentie au cours du deuxième interlude et de la troisième partie de l'œuvre relève de métaphores telles que « l'impression du son venu d'un autre monde, du rêve » ou bien « l'illusion que le son respire et prend son élan pour un décollage imminent » et « le temps semble s'étirer de plus en plus, de tourner en rond. » Une fois encore, l'analogie nous renvoie l'image d'une spirale qui se transforme.

Ce rapport entre les multiples temps perçus et l'image d'une spirale, qui est central dans *Harmonies of Time and Timbre*, a déjà été évoqué par Morin dans son analyse de l'organisation de la complexité temporelle :

A ce temps déjà fort complexe, il nous faudra intégrer, quand nous examinerons le problème de l'organisation, le temps des répétitions, répétitions, boucles, cycles, recommencements, et nous verrons que ces temps répétitifs sont nourris et contaminés par le temps irréversible, de même qu'ils sont perturbés par le temps événementiel : leur mouvement est toujours *spiraloïde* et toujours soumis au risque de rupture...⁵²⁴

⁵²² MORIN, *La Nature de la nature*, op. cit., 1977, p. 86.

⁵²³ Ibid.

⁵²⁴ Ibid., p. 87, nos italiques.

L'organisation du temps musical s'effectue donc selon l'expérience de l'auditeur. Les indices cognitifs émergent pendant et même après le fait d'une écoute en temps réel, et deviennent les marqueurs temporels et structurels de l'œuvre. Ainsi, l'auditeur trace l'évolution de l'œuvre autour de son attracteur, par référence à l'espace musical *symbolique* qui est défini par l'accumulation des indices. La recherche de ce processus cognitif montre aussi que ces indices ne sont pas *a priori* enregistrés dans la mémoire en ordre précis ou chronologique, mais qu'ils sont groupés plutôt selon leur position approximative par rapport à la forme perçue.⁵²⁵

La superposition de vitesses asynchrones de *Harmonies of Time and Timbre* fait émerger le temps complexe caractéristique de l'esthétique de Pape. Les multiplications de temps stables au niveau de la micro-organisation peuvent aussi bien être perçues comme un temps stable, réitératif ou événementiel, voire même un temps catastrophe, au niveau méso ou encore comme un temps de développement organisationnel ou de désintégration au niveau macro.⁵²⁶

III.2.2. Les illusions des sensations

Pape observe que l'essence même de la composition musicale, pour lui, relève d'une problématique fondamentale : « Comment créer les formes qui organisent bien le temps, c'est-à-dire, qui soient logiques pour l'esprit et sensuellement intéressantes pour le corps »⁵²⁷. Les phénomènes sensibles qui émergent pendant l'écoute de *Harmonies of Time and Timbre*, (comme de fortes images visuelles, de sensations de mouvement, de frôlement du son, ou même la sensation qu'une sorte d'énergie traverse le corps), semblent tous reliés par le triangle causal : perception, sensation, cognition.

Ces effets ont déjà fait l'objet de nombre d'études⁵²⁸ dont notamment, *Les incarnations du son* de Francesco Spampinato, qui examine les métaphores du geste dans l'écoute musicale. Les sens visuel et tactile sont stimulés par la sensation auditive et entrent en interaction avec la mémoire et l'imaginaire – ce qui excite à leur tour les sensations corporelles. Résumons le processus décrit par Spampinato.

⁵²⁵ Par exemple, dans DELIEGE et al., « Musical Schemata in Real-Time Listening to a Piece of Music », *art. cit.*, 1996, pp. 138 et 236.

⁵²⁶ Pour une explication du temps complexe selon Morin, voir MORIN, *La Nature de la nature*, *op. cit.*, 1977, p. 86 à 87.

⁵²⁷ MAKAN et PAPE, « An Interview with Gerard Pape », *art. cit.*, 2003, p. 28.

⁵²⁸ Cf. COX Arnie, « Embodying Music: Principles of the Mimetic Hypothesis », *Music Theory Online XVII* (2), 2011 ; FONTANILLE Jacques, *Corps et sens*, PUF, Paris, 2011.

Pendant l'écoute, nos récepteurs sensoriels internes (les *propriocepteurs*) captent les plus infimes stimulations produites par les mouvements du corps qui semblent, à leur tour, provoquer des sensations de mouvement et d'expérience corporelle dans l'espace. Spampinato observe que certains stimuli musicaux peuvent, en effet, amener un sujet à réaliser un geste, soit *imaginé*, soit *accompli* et que cette expérience sera communiquée par le sujet par une « *mise en métaphores* »⁵²⁹. Ces métaphores fournissent des indices importants pour mieux comprendre le fonctionnement « expérientiel » de l'écoute.

Les travaux de Jacques Fontanille et de Mark Johnson ont apporté d'importants concepts dans ce domaine, notamment par leurs descriptions des « schèmes » de l'expérience physique. Ces schèmes formés à partir des expériences antérieures (imagées ou incarnées), sont susceptibles d'être projetés sur des expériences abstraites, telles que l'expérience musicale. Ce sont des structures récurrentes qui se forment à partir des interactions perceptives, des expériences corporelles et des opérations cognitives.⁵³⁰

C'est grâce à ces schèmes incarnés, remarque Spampinato, « qu'une expérience d'écoute musicale peut être vécue de manière incarnée » ainsi que l'évolution dynamique de cette expérience. La métaphore élaborée par l'auditeur à partir de son expérience engendre un réseau de significations, qui sont reliées à son passé, faisant de la métaphore, une « forme primaire de cognition »⁵³¹. De plus, « ces reflets et ces échos » renvoyés par la métaphore, selon Spampinato, « ne sont pas uniquement visuels ou sonores, car l'homme les incarne dans un dynamisme moteur qui précède la spécification sensorielle »⁵³².

L'analyse cognitive de l'expérience musicale s'appuie donc sur les modes d'écoute instinctifs. A partir des expériences antérieures et de l'imagination, l'écoute sera privilégiée et organisée par les propriétés de groupement, comme nous l'avons vu plus haut. Moore ajoute que la hiérarchisation des propriétés fait émerger un continuum gestuel (métaphore corporelle) et textural (métaphore tactile).⁵³³

La métaphore est donc un outil de transposition expérientielle qui relie l'expérience d'un domaine à celle d'un autre, phénomène par ailleurs identifié comme la « *perception transmodale* »⁵³⁴. Le philosophe Christian Godin nous éclaire : « Les sens ne traduisent pas le

⁵²⁹ SPAMPINATO, *Les incarnations du son*, op. cit., 2015, p. 70.

⁵³⁰ Ibid., p. 72.

⁵³¹ Daniel Stern dans *ibid.*, p. 79.

⁵³² Ibid., p. 99.

⁵³³ MOORE Adrian, « Cross-modality in multi-channel acousmatic music: the physical and virtual in music where there is nothing to see », s. d., p. 2. En ligne: <<https://www.academia.edu/23813913>>.

⁵³⁴ Terme venant de la psychologie, du terme anglais : « cross-modal perception » ou « cross-domain mapping » : perception qui relève de l'interaction entre deux ou plusieurs modalités sensorielles, par exemple, l'effet « McGurk » par lequel la vue et l'ouïe interagissent dans la perception de la parole. Ou encore la « substitution sensorielle », par laquelle le sens de toucher apporte les informations visuelles aux personnes non-voyantes.

réel (forme, distance, durée...) mais le rapport de notre corps à lui. Il y a illusion sensible lorsque les sens font apparaître un réel qui n'est pas tel, soit que l'un des caractères de l'objet est modifié, soit que l'identité de l'objet n'est pas reconnue »⁵³⁵.

III.2.2.1. *L'émergence de phénomènes de sensation*

Pape avoue que son processus de composition musicale s'inspire d'une conception du *réel* lacanien, qu'il explique ainsi :

Le « réel » n'est pas une réalité partagée par tous ; il y a un « réel » unique pour chaque sujet et il est la somme de l'effet total sur la structure psychique de toutes les expériences formatives d'une personne, soit verbales, soit non verbales.⁵³⁶

Cette conception se traduit chez Pape par un processus qu'il appelle la « kinesthésie compositionnelle » et qui relève d'une sorte de « synesthésie » musicale. Pape décrit son processus comme « le fait de ressentir la musique sous la forme d'un flux de tensions et de relâchements de certains muscles à l'intérieur de mon corps »⁵³⁷. Il emploie aussi le mot *corps* dans le sens lacanien : il s'agit du « corps vécu », de l'*expérience* corporelle.

Pape s'inspire également de l'esthétique du *Théâtre de la cruauté* d'Antonin Artaud. Pape retrouve le *Réel* au sens lacanien dans la conception d'Artaud, qui, selon Pape, « a imaginé ses propres langages imaginaires pour exprimer le *Réel* du corps et sa *jouissance* en souffrance »⁵³⁸. Tout comme Artaud en son temps, Pape croit que « l'expérience de l'art doit devenir de plus en plus vive, excitante et réelle à tout niveau »⁵³⁹. Il s'intéresse à la possibilité de créer par des œuvres artistiques une *expérience totale* qui établit un lien profond entre l'art et la réalité de l'individu.⁵⁴⁰

En intégrant les idées surréalistes d'Artaud « d'action poussée à bout, et extrême » dans la forme musicale, le traitement du temps, l'expression musicale et la transformation continue du son, Gérard Pape fait de ses œuvres une *expérience totale* dans le sens artaudien. Les phénomènes sensoriels émergent comme des « apparitions... chargées de désorganiser et de pulvériser les apparences... » et qui « ne posséderont leur vraie magie que dans une

⁵³⁵ GODIN Christian, *Encyclopédie conceptuelle et thématique de la philosophie*, Editions Champ Vallon, 2018, chap. I Les illusions sensibles.

⁵³⁶ PAPE Gerard, « Iannis Xenakis and the "Real" of Musical Composition », *Computer Music Journal* 26 (1), 04.2002, p. 20, "The Real is not a shared common reality; there is a unique Real for each subject, and it is the sum total effect on the psychic structure of all of one's formative experiences, verbal and non-verbal", notre traduction.

⁵³⁷ PAPE, *MusiPoéSci*, *op. cit.*, 2015, p. 26.

⁵³⁸ Ibid., p. 69.

⁵³⁹ MAKAN et PAPE, « An Interview with Gerard Pape », *art. cit.*, 2003, p. 30, "The experience of art needs to become ever more vivid, exciting, and real on every level", notre traduction.

⁵⁴⁰ Ibid., p. 30 à 32.

atmosphère de suggestion hypnotique où l'esprit est atteint par une *pression directe sur les sens* »⁵⁴¹.

Cette « pression directe sur les sens » est particulièrement sensible dans les œuvres d'une envergure conséquente, telle que *Héliophonie*, où la combinaison d'éléments audiovisuels aux proportions extraordinaires plonge le spectateur dans une expérience d'immersion artistique totale. Ou encore dans son opéra *Les Cenci* d'après la pièce d'Artaud. Si Gérard Pape a pris comme livret d'opéra la pièce d'Artaud, c'est effectivement parce que les propos et le concept théâtral d'Artaud sont entrés en résonance avec sa propre conception d'un *théâtre total* : un opéra où l'action n'est plus la force motrice mais se déroule en second plan derrière une atmosphère omniprésente, une atmosphère censée communiquer les sentiments et l'expression sur le plan métaphysique ; un opéra où le décor, les costumes, les lumières et les mouvements gravitationnels des chanteurs vont contribuer à cette atmosphère déroutante.

On retrouve cette approche globalisante au cœur de la conception de *Harmonies of Time and Timbre*. Les phénomènes sensoriels rencontrés pendant l'expérience de l'œuvre renvoient directement à cette esthétique d'une *atmosphère de suggestion hypnotique* où l'esprit est atteint par une *pression directe sur les sens*. Dès les premiers instants de l'œuvre, nous constatons une certaine perception des sonorités « qui agissent en interaction *directe avec la substance* de l'espace : l'air ; l'impression que la salle est *habitée* par le son, qu'il se déplace dedans et qu'il remplit la salle, qu'il *enveloppe le spectateur*, qu'il *le transperce*. Puis plus tard, au cours du deuxième interlude, on rencontre « une forte *sensation* du son rampant sur le sol, » et que sa « présence *solide, tactile et immense* » crée un contraste radical avec le caractère plus immatériel du premier interlude.

Ces métaphores relevées pendant l'investigation de *Harmonies of Time and Timbre* nous apportent des indices sur les phénomènes sensoriels rencontrés pendant l'expérience d'audition. En parcourant les métaphores, on construit un trajet sensoriel de l'œuvre, une empreinte faite de balises qui jalonnent notre expérience musicale.

Le lien entre le son et le corps est plus profond et bien plus complexe que l'on ne le pense. D'après les hypothèses d'Alfred Tomatis, ORL « On peut presque dire que l'homme est une oreille en totalité. »⁵⁴² Il affirme que le vestibule, qui est la partie la plus primitive de l'appareil auditif, « innerve absolument tous les muscles du corps. » Cela signifie que tous nos gestes partent du vestibule, d'où vient sûrement notre réflexe de lutte ou de fuite en entendant les sons qui nous avertissent d'un danger proche. Mais notre sensibilité au son n'est

⁵⁴¹ « Le théâtre et son double » dans ARTAUD, *Œuvres, op. cit.*, 2004, p. 582, nos italiques.

⁵⁴² TOMATIS Alfred, « Nous sommes tout ... Ouïe - Interview avec Alfred Tomatis », *PSYCHOLOGIES MAGAZINE*, 12.1991. En ligne: <<https://www.facebook.com/AATomatis/posts/648952078496783>>, consulté le 14.09.2015.

pas exclusive à l'oreille — Tomatis continue en expliquant que l'organe de Corti et ses cils ont évolué depuis les mêmes cellules que celles de tous les organes sensibles de la peau, et ceci jusqu'à l'inclusion des poils.

Pape a souhaité franchir, par sa composition, le seuil entre la chair et le son. Les divers conflits sensoriels et perceptifs qu'il met en jeu au sein de l'organisation structurelle de son œuvre, ainsi que les fonctions de comportements complexes, nous obligent, pendant l'écoute, à traverser ce seuil. En ce faisant, des phénomènes sensoriels illusoire apparaissent à partir de la complexité des interactions au sein du triangle perception-sensation-cognition.

Plus particulièrement, la configuration électroacoustique des huit haut-parleurs contribue aux effets produits par les phénomènes conflictuels. L'amplification du souffle de la flûtiste, ainsi que les détails de la production sonore des cordes (tels les frottements de l'archet et les grincements des cordes soumises à une pression trop importante) transmettent les sensations intimes des interprètes directement à l'auditeur. Le fait de retenir le souffle ou d'avoir l'impression que la flûtiste doit « lutter pour parvenir à une respiration aisée » met en évidence le point de rupture entre la chair et le son, autant entre l'interprète et son instrument que l'expérience corporelle du son de l'auditeur.

Dans sa propre analyse de *Harmonies of Time and Timbre*, Leopoldo Siano commente :

Pape souhaite augmenter l'intensité de l'expérience esthétique de l'auditeur, en donnant au public la possibilité de vivre plus profondément la vie du son dans l'espace-temps. Pape recherche des surfaces corporelles globalisantes de l'espace-temps théâtral, dans lesquelles on peut harmoniser les sons, les lumières, les mouvements et les mots – afin d'impliquer le corps de l'auditeur dans une expérience corporelle totale et écrasante.⁵⁴³

III.2.2.2. L'émergence d'images transmodales

L'émergence des images transmodales semble être liée à une dualité timbre-espace. D'un côté, nous avons constatés dans l'expérience de *Harmonies of Time and Timbre* les illusions *transmodales* d'ordre visuelles qui semblent directement liées à la perception du timbre. Prenons l'exemple des métaphores relevées dans la deuxième partie où la flûte semble « tâtonner dans le noir » ou encore à la fin, quand on a l'impression que le son brise le plafond dans *un éclat de lumière brillante.* » Le timbre brillant de la conclusion de l'œuvre est encore soutenu par la description métaphorique d' « un mouvement général vers une *pureté*

⁵⁴³ L. Siano dans PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 25.

sonore, une *lumière aveuglante* soutenue par les *notes aiguës et stridentes* du piccolo, une brisure *étincelante* au plus haut sommet de la tessiture ».

D'un autre côté, les illusions visuelles semblent émerger aussi bien de la complexité spatiale due à la configuration multicanale, que des interactions complexes des composants spectraux et de leurs intensités. Grâce à l'environnement de diffusion multicanale, l'auditeur est totalement plongé dans une multi-dimensionnalité sonore et peut sélectionner activement la façon de diriger son attention à l'intérieur ou au travers des flux sonores. C'est la particularité des matériaux musicaux, ainsi diffusés, qui semble stimuler des métaphores et exciter les perceptions transmodales de visualisation et de sensations tactiles.

Ainsi les images telles que celles des « bouffées de fumée », d'un « miroir qui se brise en échardes », d'une « brume vaporeuse » ou d'un « labyrinthe » évoquent aussi bien les dimensions d'espace qu'une perception d'engagement dynamique avec ces espaces. Les images sorties de la mémoire et de l'expérience antérieure agissent comme des analogies théâtrales qui portent sur l'espace scénique, mais aussi sur l'action qui s'y déroule. La deuxième phase est résumée par l' « image d'un roi soleil autour duquel tourne lentement ses sujets » ou encore « image d'un satellite lointain qui évoque la spirale infernale de Dante. »

Nous allons ajouter à cela les images qui sont inspirées par le *comportement* des éléments ou par leur interaction dans l'espace multicanal. Par exemple, dans le deuxième interlude se crée une analogie avec l'image d'un flux qui « semble *infiltrer* l'espace où il se transforme en fumée vaporeuse d'un champ de bataille » ; ou encore à la sortie du même interlude : « le long glissando du violoncelle qui monte depuis les graves nous apparaît comme une corde de secours et semble *nous tirer* du vide. »

Il est évident que le format multicanal permet une plus grande liberté pour l'auditeur du fait de la configuration spatiale des sources sonores. La déstructuration de l'espace scénique traditionnel au profit d'un espace multidimensionnel électroacoustique évoque de façon cohérente le modèle théâtral d'Artaud. Même privé des repères visuels, le sens visuel est stimulé, et le corps entre en engagement dynamique avec le matériau musical.

De plus, à partir de la distribution multicanale des couches de polyphonie, émergent de nouvelles relations linéaires et non linéaires : au fur et à mesure que la complexité polyphonique croît, la diffusion spatiale des composants devient critique dans la compréhension du matériau. Les limites spatiales des composants de la ligne structurelle qui émerge de ces interactions, suscitent l'éveil d'autres sens chez l'auditeur afin qu'il puisse appréhender les comportements sonores dans cet espace : sensations de distance et illusions de lumière et d'ombre.

Considérons cette description de la phase terminale de *Harmonies of Time and Timbre* :

Les cordes gazouillent avec de plus en plus d'éclat mais sont petit à petit *englouties* par la croissance d'air émanant du piccolo – une bulle qui est devenue si large et pleine qu'elle se confond avec leur flux sonore en les *dévorant*.

Cette analogie des comportements des sonorités à la fin de l'œuvre, bien que très personnelle, relève d'une expérience des mécanismes qui régissent les comportements d'objets animés en interaction dans l'espace. Que l'œuvre de Pape ait le pouvoir d'éveiller l'imagination d'un auditeur pour évoquer une analogie aussi précisément imagée, est due à la haute complexité des comportements spatio-temporels des matériaux musicaux utilisés.

Dans son analyse des environnements multicanaux, Adrian Moore explique que le fait de solliciter les sens par un mode d'écoute transmodal « fait émerger des associations fortes et souvent physiques ce qui, potentiellement, suscitera une meilleure compréhension musicale pendant l'écoute et un souvenir plus précis de l'œuvre »⁵⁴⁴.

III.2.2.3. L'émergence de l'espace sensible et de mouvement

Comme le temps, l'espace sonore qui émerge de la configuration multicanale est un et multiple. L'espace complexe de l'écoute musicale ne comprend pas seulement l'espace physique de la salle de concert, mais également les multiples interactions entre les différentes notions spatiales telles que celles qui sont constituées par l'espace « prospectif » (l'image frontale), le panoramique (l'espace du champ visuel), le « circumspace » (l'espace qui entoure l'auditeur) et puis l'espace spectral, virtuel, et imaginaire. Smalley traite de l'articulation de ces multiples espaces dans son article de 2007, « *Space-form and the acousmatic image* ». Il observe que l'expérience sensorielle est profondément ancrée dans le physique de l'entité spatiale qu'est le corps humain et qu'il se trouvera toujours « au point focal de la perception »⁵⁴⁵.

Dans son ouvrage *Appréhender l'espace sonore*, Renaud Meric reconnaît que l'espace sonore suscite dans le corps une multitude de réactions simultanées. Il explique que :

Lorsque nous tentons d'appréhender un son dans l'espace, notre corps tout entier se meut, toutes nos facultés gestuelles – auditives, visuelle, tactiles, kinesthésiques – et toutes nos prédispositions imaginatives se projettent vers lui. L'écoute n'est alors pas isolée : elle ne perçoit pas les sons préconçus avec leurs caractéristiques spatiales.

⁵⁴⁴ MOORE, « Cross-modality in multi-channel acousmatic music », *art. cit.*, p. 1, "...enables strong, often physical associations to emerge and potentially affords greater understanding during the work and greater recollection of the work", notre traduction.

⁵⁴⁵ SMALLEY, « Space-form and the acousmatic image », *art. cit.*, 2007, p. 39, "But sense experiences are also rooted in the physical and spatial entity of the human body, which is always at the focal centre of perception", notre traduction.

L'espace se construit alors dans un mouvement réciproque : nous allons vers le son et il vient vers nous.⁵⁴⁶

D'un point de vue phénoménologique, notre relation charnelle à l'espace est donc étroitement liée à l'expérience vécue. Une fois encore, une métaphore nous fournit des images évocatrices qui cette fois décrivent l'espace par rapport au mouvement. Prenons par exemple le résumé de la conclusion de *Harmonies of Time and Timbre* qui décrit de « multiples mouvements qui font apparaître une toile complexe en trois dimensions – ensemble ils forment un grand *entonnoir* sonore qui se tend vers le ciel. Cette masse sinueuse semble pousser contre le sol et chaque boucle monter et rester sur place ».

Les comportements respectifs des sons émanant de la flûte et ceux projetés par les huit haut-parleurs coexistent malgré leur conflit d'espace fondamental. Les actions de domination et de subordination entre le soliste et les cordes deviennent eux aussi ambiguës et fluides — ces rôles basculent perpétuellement entre l'instrument physique et les émissions sonores désincarnées.

L'étude de Simon Emmerson sur le conflit acoustique-électroacoustique au sein des musiques mixtes nous aide à comprendre l'importance du rapport entre la présence de la flûte et la virtualité des huit instruments à cordes. Dans une telle situation, il commente : « L'instrument est principalement ancré au centre de la scène et il agit en tant que point de référence fixe dans le cadre plus grand et tridimensionnel du monde électroacoustique. Mais la fixité du véritable espace acoustique est relativement sans importance comparée aux mouvements apparents suggérés par les changements du timbre et les interactions des parties électroacoustiques »⁵⁴⁷.

La coopération et le conflit des différentes interactions entre la perception du timbre et les sensations corporelles, ainsi que les conflits introduits par la complexité de leur interaction, font apparaître des espaces provoqués par des illusions auditives. Dans ces espaces, aussi réels qu'imaginaires, sont dessinés une multitude de micromouvements. Cette coopération influe, en effet, sur la relation entre le mouvement et la densité sonore. On observe un continuum spatio-temporel des transformations des lignes indépendantes animées par les gestes, puis la densité inconsistante des méso-états texturaux et les densités plus compactes et solides des macro-gestes.

⁵⁴⁶ MERIC, *Appréhender l'espace sonore*, op. cit., 2012, p. 12 à 13.

⁵⁴⁷ EMMERSON Simon, « Acoustic/Electroacoustic: The Relationship with Instruments », *Journal of New Music Research*, Vol. 27, No. 1-2, 1998, p. 149, "The instrument is predominantly anchored firmly centre stage and acts as a fixed point of reference within the larger three-dimensional frame of the electroacoustic world. But fixity of real acoustic space is in practice relatively unimportant compared with the apparent movements implied by the timbral changes and interactions with the electroacoustic parts", notre traduction.

Ce continuum correspond directement au comportement des mouvements dans l'espace de *Harmonies of Time and Timbre* : des mouvements lents et planants ancrés autour d'un point central avec des rythmes qui semblent jaillir aléatoirement autour de l'espace, jusqu'aux tourbillons du premier interlude qui semblent nous clouer sur place. Ils conduisent à ce labyrinthe complexe qui s'étale, suspendu dans l'espace de la deuxième partie, aux battements vrombissants du deuxième interlude qui se fusionnent et semblent s'étaler dans un mouvement élastique qui s'ouvre continuellement vers l'extérieur. Finalement, ils aboutissent aux mouvements très denses et continus du trajet final, aux longs zigzags de glissandi qui semblent décoller du sol et transpercer le plafond jusqu'au dernier instant quand une rupture violente vient *déchirer l'espace*.

Emmerson nous rappelle : « on attend qu'un instrument ait un certain type de comportement qui soit en rapport avec sa taille, sa forme et la pratique instrumentale reconnue »⁵⁴⁸. L'écriture instrumentale de Gérard Pape s'éloigne de cette expectative et projette l'instrument acoustique dans une sphère où la production technique du son est aussi polyvalente et ambiguë que sa source d'émanation. L'espace entre l'acoustique et l'électroacoustique est ainsi éclipsé dans *Harmonies of Time and Timbre* ; la contradiction entre la réalité visuelle et auditive laisse place à une perception qui permet à l'imagination de reconstruire cet espace.

La collaboration entre l'écriture compositionnelle et la réalisation musicale crée ensemble une complicité électro-instrumentale. C'est grâce à cette complicité que l'espace multidimensionnel de l'œuvre peut être explicité. Prenons l'exemple du mouvement rotatif en spirale : les mouvements cycliques et continus des courbes de transformation des micro-paramètres, tels que les vibratos d'intensité et de fréquence, évoquent l'impression d'un *mouvement centrique*.

Le mouvement centrique est décrit par Smalley dans son article « *Spectro-morphology and Structuring Processes* ».⁵⁴⁹ Il explique que ce mouvement, irradiant ou convergeant vers un point central, est très fréquemment trouvé dans le domaine visuel. Par contre, sur le plan musical, cet effet se manifeste dans la nature des mouvements centriques et leur relation avec la mémoire à court terme. Un mouvement répétitif permet à la perception d'inculquer sa forme tournante et sa continuité dans une série de photogrammes, et ainsi de déduire une résultante à orientation centrique.

⁵⁴⁸ Ibid., p. 148, "We expect a type of behaviour from an instrument that relates to its size, shape and known performance practice", notre traduction.

⁵⁴⁹ Dans EMMERSON (éd.), *The Language of electroacoustic music, op. cit.*, 1986, p. 75 à 76.

Smalley affirme que la conception *spectro-morphologique* seule, « par le contrôle de la structure du spectre et de sa dynamique, crée des mouvements tantôt réels tantôt imaginaires sans faire appel à de véritables mouvements dans l'espace »⁵⁵⁰. De ce fait, la conception morphogénétique de Pape, qui intègre de manière continue la transformation du détail de chaque micro-paramètre des composants sonores, ainsi que leur articulation dans l'espace multicanal, produit déjà une impression très convaincante de mouvement.

On voit que la disposition multicanale des parties instrumentales permet une extension des possibilités sonores avec des degrés multiples de séparation et de dislocation. La perspective sonore est distordue par l'amplification, la diffusion et les délais temporels. Ce traitement électroacoustique exagère les contrastes de positionnement des sources sonores perçues et leurs rapports dans l'espace physique. De plus, ce traitement participe à la fusion homogène des sons avoisinants provenant des couches multiples en corrélation polyphonique ou même parfois hétérophonique, surtout les sons caractérisés par leur contenu structural de bruit.

Les références spatiales implicites dans les matériaux préenregistrés et la projection de l'architecture abstraite et multi-formelle de l'écriture de *Harmonies of Time and Timbre* produisent un contenu spectral évolutif. Ceci est encore plus convaincant dans une réalisation en temps réel : le contexte d'une écoute stéréophonique de l'enregistrement aura pour conséquence que les aspects sensibles des formats multicanaux se trouvent aplatis. De plus, les conditions d'une diffusion via un système multicanal accentuent la présence physique du son ressenti grâce aux effets d'un LFE⁵⁵¹ ou *sub-woofer*.

Smalley affirme que les multiples liens transmodaux qui sont activés par la diffusion des matériaux acousmatiques⁵⁵² semblent « évoquer ce que l'on imagine être l'expérience du monde extra-musical » et que ce genre d'effet est provoqué par l'écoute « malgré le fait que ces sens ne sont pas directement engagés par le simple acte d'écouter »⁵⁵³. Ainsi l'espace complexe de *Harmonies of Time and Timbre* émerge comme un réseau de mouvements, de timbres en transformation et de temporalités fluctuants, engagés ensemble dans un processus d'interaction dynamique, ce qui ouvre des possibilités inépuisables à l'écoute.

⁵⁵⁰ Ibid., p. 73 puis 76, "Spectro-morphological design on its own, however, in controlling the spectral and dynamic shaping, creates real and imagined motions without the need for actual movement in space", notre traduction.

⁵⁵¹ *Low-frequency effects channel* : Canal d'effets basse-fréquence.

⁵⁵² Terme employé par Pythagore afin de décrire un mode d'écoute par lequel le sens visuel est supprimé.

⁵⁵³ SMALLEY, « Space-form and the acousmatic image », *art. cit.*, 2007, p. 39.

III.2.2.4. *L'émergence des dimensions énergétiques*

Le dernier phénomène que nous voulons évoquer est probablement le plus difficile à cerner mais en même temps, sûrement la caractéristique la plus marquante de l'œuvre de Pape. Le processus d'accumulation d'énergie qui porte la progression musicale de *Harmonies of Time and Timbre* pendant soixante minutes et sa décharge en déflagration ultime sont, au final, les éléments qui semblent laisser des traces ineffaçables. L'œuvre de Pape nous saisit par ses qualités énergétiques, par la puissance des mouvements et par l'immensité de sa « masse sonore » dont le passage laisse en nous une empreinte dès la première écoute.

Nous rejoignons Yizhak Sadaï quand il dit : « la notion d'énergie fait partie des phénomènes qui se manifestent uniquement au niveau d'un vécu musical et qui, par conséquent, ne laissent aucune trace qui puisse être détectée par les outils d'une analyse positiviste »⁵⁵⁴. L'étude de la partition de *Harmonies of Time and Timbre*, effectivement, ne donne que peu d'indications quant aux qualités énergétiques qui sont activées par le matériau musical. En revanche, en parcourant la description de l'expérience (*output*) de l'œuvre, nous constatons que la trace énergétique de l'œuvre est très marquée.

Dès la première entrée de la flûte « qui ressemble plutôt à une *déflagration d'énergie* », on perçoit un niveau énergétique qui semble dépasser les limites physiques de la simple configuration musicale. Nous avons décrit l'interlude comme ayant l'énergie débridée d'une tornade et nous avons l'impression « d'être dépassé par *le chaos des forces de la nature* ». Plus tard, la flûte, « virevoltant vigoureusement » se joint à l'ensemble des instruments qui semblent « commencer à *rebondir contre leurs contraintes* et à vouloir *franchir les limites* physiques de la salle. »

D'une part, l'énergie ressentie dans la musique de Pape semble émaner du sens de la progression harmonique sous-jacente, de conflits et de résolutions d'intensité à la surface musicale, de l'enjeu entre consonances et dissonances, de la complexité polyrythmique, etc. Hugues Dufourt nous rappelle que la philosophie *gestaltiste* soutient que « la forme artistique est avant tout une totalité expressive qui contrôle *des forces et des tensions* »⁵⁵⁵. Effectivement, l'énergie que l'on constate au cours de l'écoute d'une œuvre de Gérard Pape semble provenir, en partie, des forces et des tensions intrinsèques des matériaux sonores et des sensations physiques transmodales qu'elles sollicitent.

D'autre part, la conception musicale chez Pape va au-delà des forces et des tensions qui font partie de toute œuvre musicale instrumentale. L'articulation des sources acoustiques

⁵⁵⁴ COLLOQUE INTERNATIONAL D'EPISTEMOLOGIE MUSICALE, *Observation, analyse, modèle, op. cit.*, 2002, p. 129.

⁵⁵⁵ DUFORT, *La musique spectrale, op. cit.*, 2014, p. 59 à 60, nos italiques.

et des sources de nature électroacoustique introduit un champ d'action énergétique supplémentaire. Nous avons observé que l'enregistrement et la diffusion des sonorités purement acoustiques infusent le son instrumental d'une intensité potentielle qui est ressentie même par une amplification à très basse intensité.

La transformation électroacoustique des sonorités instrumentales risque de détruire les indices fondamentaux que sont la forme spectrale et le comportement acoustique de référence. Par contre, John Dack affirme qu'il est fort probable que le son résultant d'une telle transformation retient une trace de sa forme initiale, de son évolution spectrale et de son flux d'énergie. Ces traces agissent comme une sorte de résidu physique auquel l'auditeur réagit.⁵⁵⁶ Ainsi, les qualités intrinsèques du comportement gestuel sont perçues comme un flux d'énergie qui renvoie au geste physique responsable de l'événement sonore.

Ces éléments d'origine haptiques infusent le son enregistré avec l'énergie du geste initiateur. L'acte d'amplification exagère ces éléments et l'intensité potentielle introduite par la chaîne électroacoustique ajoute une puissance d'énergie, qui même retenue, est ressentie par l'auditeur. Un exemple de l'effet produit par cette puissance potentielle est la forte réaction physique qu'un auditeur ressent au déclenchement de l'effet Larsen. De ce fait, les sonorités pures, qui ont un transitoire d'attaque suivant une courbe exponentielle, risquent de provoquer ce type de réaction chez l'auditeur, même si le niveau d'intensité demeure restreint.

Ainsi, les caractéristiques inhérentes aux gestes instrumentaux sont perçues même indirectement et le son est jugé selon les comportements instrumentaux et électroniques connus. Même si l'intensité d'attaque est très importante dans l'estimation des qualités énergétiques d'une sonorité, le flux d'énergie perçu est lié directement aux facteurs de densité et de complexité des phases d'entretien et de désinence. L'émergence des phénomènes d'énergie relève donc directement des caractéristiques complexes au sein des transitions et des taux de transformation d'un élément du système.

De Rosnay définit l'énergie comme la mesure du taux de changement dans le flux d'information d'un système.⁵⁵⁷ Ceci présente des pistes extrêmement intéressantes pour cet

⁵⁵⁶ DACK, « Strategies in the Analysis of Karlheinz Stockhausen's Kontakte », *art. cit.*, 1998, p. 92, "After recording and transformation, reference to specific, identifiable causes might be impossible, and even undesirable, but a sound's shape, its spectral evolution and energy flow can still retain an essence, like an actual physical residue, to which the listener responds", notre traduction.

⁵⁵⁷ DE ROSNAY, *Le macroscope*, *op. cit.*, 2014, p. 189, "L'information aussi, c'est de l'énergie. Mais une forme particulière d'énergie, puisqu'elle permet de libérer et de contrôler la puissance. Cette liaison étroite entre énergie et information est apparue au grand jour à partir du moment où l'on a compris qu'il fallait obligatoirement dépenser de l'énergie pour acquérir des informations. [...] Mais l'information serait restée une notion qualitative et sans grand intérêt si l'on n'avait pas été capable de mesurer avec précision la quantité d'information renfermée dans un message circulant dans une ligne de transmission. Cette mesure, effectuée à la fin des années 40, a conduit à une véritable révolution en mathématiques, en physique, en électronique".

aspect de la recherche musicale. Dans un tel contexte, il devient possible de définir « l'information » en tant que la mesure de l'étendue et du taux de transformation d'un élément dans le système. C'est-à-dire, il sera possible, en théorie, de relever les données *quantitatives* relatives à l'évolution des micro-paramètres afin d'effectuer une analyse des taux d'énergicité d'une œuvre musicale. Une telle démarche dépasse l'étendue de notre projet. Cependant, en partant de ce point de vue, nous allons nous appuyer sur ce modèle afin d'identifier les sources d'information qui sont des forces principales de transformation d'énergicité perçue dans l'œuvre de Pape : la périodicité et l'entropie.

Nous avons déjà établi au cours du dernier chapitre que la stabilité de l'œuvre système est proportionnelle à son entropie⁵⁵⁸. Damian Keller confirme que, effectivement, l'équilibre entropique d'un système n'est susceptible de transformation que par des processus puissants dotés d'un niveau énergétique très élevé.⁵⁵⁹

Pour Pape, c'est l'observation des processus dynamiques qui ont été le point de départ de son exploration de tels processus dans les procédés de composition. Il commence son investigation des seuils de transition d'abord dans *Battle*, puis dans *Le fleuve du désir*, et *Makbénach*. Ces œuvres forment ensemble les bases de ce qu'il appelle ses œuvres *chaotiques*, mais sa véritable recherche demeure dans la transition des phases entre états d'ordre, de désordre et de chaos.

Pape explique que l'inspiration pour *Le fleuve du désir* est venue de « l'observation de différents types de fluides : rivières, eau bouillante dans une casserole, et un fluide d'une autre sorte, ce que Freud appelle la *libido*, qui est le fluide mythologique qu'il utilisa pour décrire le flux et le reflux du désir humain »⁵⁶⁰. Il remarque que la croissance énergétique atteint un seuil où le fluide se dissocie en vapeur et puis la phase de refroidissement de la vapeur résulte en une structure plus ordonnée. Cette observation lui sert d'analogie pour la création de structures sonores et pour les courbes de comportement des micro-paramètres.

Pour la composition de son *fleuve du désir*, Pape transpose la nature des effets de la chaleur sur les fluides et l'observation des systèmes thermodynamiques à ses procédés de transformation multiparamétrique. Il a constaté que l'énergie « crée du mouvement, qui place les particules sonores en mouvement, qui agite la substance acoustique dans sa vie intérieure »⁵⁶¹. Dans la Thermodynamique, l'augmentation de la chaleur est égale à la

⁵⁵⁸ KELLER, « Anitoo: some analysis tools », *art. cit.*, 1996, p. 198, "Musical information can be defined as a measure of the elements' range and rate of transformation in the sound system. Periodicity and entropy are the two modeling forces that act on it", notre traduction.

⁵⁵⁹ Ibid. "The stability of a musical system is proportional to its entropy. Strong processes – highly energetic – are needed to disrupt the equilibrium of a entropic system".

⁵⁶⁰ PAPE, *MusiPoéSci*, *op. cit.*, 2015, p. 15.

⁵⁶¹ Ibid.

croissance d'énergie et de mouvement des particules du système. Nous avons observé ce même processus au niveau des micro-comportements des paramètres sonores de *Harmonies of Time and Timbre*.

Les impressions que nous avons relevées pendant l'écoute de cette œuvre, le sentiment que le matériau musical est engagé dans une *lutte interne*, que les sonorités prennent leur *élan pour un décollage imminent*, et que l'espace est déchiré par une *rupture violente*, sont tous des indices de l'activité énergétique de l'œuvre. Ces métaphores donnent une indication de l'état énergétique qui est transmis par les sonorités. Mais le véritable mécanisme qui provoque l'émergence des états énergétiques dans la musique de Pape s'explique par les transitions de phase.

Selon Jean-Claude Heudin, chercheur spécialisé en intelligence artificielle, l'émergence « ne peut survenir que si l'environnement est propice à la génération d'une grande diversité de formes transitoires, puis à la stabilisation de celles adaptées à cet environnement »⁵⁶². Ce sont de telles conditions qui sont provoquées par la superposition des couches d'activité sonore chez Pape. Heudin ajoute que, spécifiquement, les conditions propices à l'apparition des phénomènes émergents se trouvent à la frontière entre le chaos et l'ordre.

En effet, continue Heudin, « il n'y a qu'à cette frontière où le mélange subtil entre le chaos – générateur de diversité, créateur de formes éphémères – et l'ordre stabilisateur – capable de mémoriser l'information – peut aboutir à de nouvelles structures aptes à s'adapter et co-évoluer avec cet environnement »⁵⁶³. De ce fait, on comprend pourquoi Pape, qui a passé ces vingt dernières années à explorer les possibles transpositions des mécanismes des systèmes chaotiques dans sa musique, se trouve au cœur de notre projet de recherche sur l'émergence dans la musique contemporaine.

Les études analysées par Heudin montrent que des règles complexes n'apparaissent que dans des conditions particulières : à la frontière entre l'organisation ordonnée et les comportements chaotiques. Le seuil entre les états d'ordre et de désordre, ce que l'on nomme la *transition de phase* est l'état énergétique chaotique où l'entropie du système est la plus instable. De chaque côté de cette frontière, on trouve une stabilité dynamique, un état entropique régulier. Si cet état est plutôt ordonné, on trouve des configurations stables ou cycliques. S'il est chaotique, Heudin affirme que les configurations se succèdent, toutes différentes au niveau local, mais semblables au niveau global.

⁵⁶² Dans DALLET Sylvie, CHAPOUTHIER Georges et NOËL Emile, *La création, définitions et défis contemporains*, Broché, 2009 (Ethiques de la création), p. 105.

⁵⁶³ Ibid.

C'est donc au niveau du seuil entre deux états que l'énergie devient instable. Les composants sont en mutation entre deux états d'ordre différents, et donc traversent une phase instable, une phase de désordre. La croissance d'énergie qui provoque l'effet de transition de phase est ressentie par l'auditeur comme une tension palpante. Cette tension inspire chez l'auditeur des métaphores telles que nous les avons notées dans *Harmonies of Time and Timbre* : des sonorités en « *lutte interne* » ou qui « prennent leur élan pour un décollage imminent ». La complexité qui émerge de cet état de transition provoque les sauts énergétiques, qui sont perçus, dans le contexte musical, comme une sorte de décharge : par exemple, une *rupture violente*, ou une *déflagration d'énergie*.

L'émergence des effets énergétiques à chaque seuil entre les états d'ordre et de chaos dans *Harmonies of Time and Timbre* est appréhendée par les mécanismes de sensation, de perception et de cognition, comme venant d'une force musicale *inconnue*. Il est donc tout à fait naturel que cette expérience soit traduite en termes métaphoriques tels que l'impression « d'être dépassé par le chaos des forces de la nature », à partir desquels l'auditeur peut élaborer sa propre expérience de l'œuvre et ainsi, la comprendre et établir un souvenir phénoménologique de son attracteur.

Ensemble, la réception, la perception et la mémoire nous donnent accès à l'imagination, qui selon Vigny, « donne du corps aux idées et leur crée des types et des symboles vivants... »⁵⁶⁴. Quant à Beyer, il a souligné la place centrale de l'idée dans la perception et la compréhension du son quand il a dit :

L'essence intérieure d'un son, sa forme spirituelle, une fois captée et vécue par l'idée, transparaîtra alors en l'ordonnant dans la multiplicité de ses apparences, nécessaires afin que ce son devienne perceptible par les sens. L'idée les réunira en révélant ainsi dans chacun des membres de ce corps son sens profond.⁵⁶⁵

Dans ce sens, nous pouvons ajouter que « l'idée » de *Harmonies of Time and Timbre* est son *attracteur*. Le sens profond de l'œuvre, le *Réel* dont parle Pape, réside dans l'expérience de sa musique. Psychanalyste Vincent Gosselin résume si bien cette articulation : « Entre le son et le corps se trouve l'idée, et puis, avec l'idée, Lacan nous permet le signifiant, la symbolique et le langage. Le corps n'est plus considéré comme simple soma qui enregistre les effets de psyché, mais c'est un corps qui « se double d'un corps imaginaire »⁵⁶⁶.

⁵⁶⁴ VIGNY Alfred de, *Journal d'un poète Suivi du « Discours de réception à l'Académie française », 29 janvier 1846*, 1 vol., Paris, Delagrave, 1906 (Oeuvres complètes / de Alfred de Vigny 6), p. 880.

⁵⁶⁵ BEYER Robert, « Das problem der "Kommenden Musik" », *Die musik*, Berlin, 1928, traduit sous le titre « le problème de la "musique à venir" », *Ars Sonora*, publication électronique, Paris, CDMC, 03.1996, XXe Siècle, N° 3, p. 1. En ligne: <<http://www.ars-sonora.org/html/numeros/numero03/03f.htm>>, consulté le 12.09.2015.

⁵⁶⁶ GOSSELIN Vincent, *Problématiques(s) des rapports soma/psyché dans les neurosciences et dans la psychanalyse : du réel de la science au réel du parlêtre.*, Psychologie, Toulouse, Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, 2011, p. 52. En ligne: <<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00651477/document>>.

Notre investigation des mécanismes d'émergence des phénomènes rencontrés ou provoqués par l'écoute de l'œuvre de Pape nous a montré le rôle important des métaphores pour l'identification et l'interaction complexe des données de l'expérience musicale. Pape lui-même reconnaît que « le *Réel* comme l'impossible, résiste aux efforts de reconnaissance par le sujet ou de représentation adéquate par les mots. » Il ajoute que c'est « sûrement une des raisons pour laquelle la musique a ce pouvoir particulier d'évoquer le *Réel* au niveau non verbal, au niveau corporel »⁵⁶⁷.

Michèle Castellengo remarque que « l'art des preneurs de son consiste précisément à nous offrir, non une restitution fidèle, inatteignable, mais une recréation de l'espace sonore qui nous permet d'activer l'immensité de nos expériences d'écoutes déjà mémorisées, afin de participer à la recréation de celle qui nous est proposée »⁵⁶⁸. L'œuvre-système de *Harmonies of Time and Timbre* agit dans ce sens – la complexité de l'interaction entre les composants s'ouvre sur un vaste réseau de chemins d'écoute potentiels, de niveaux perceptuels et sensoriels, et de possibilités interprétatives.

Les recherches de Castellengo, d'Irène Deliège, de McAdams et de Smalley considérées ensemble forment un corpus remarquable pour le traitement de phénomènes émergent de la complexité musicale. Pape lui-même confirme nos propres conclusions quand il affirme que « des propriétés authentiquement nouvelles [...] peuvent émerger au niveau de la perception »⁵⁶⁹ à partir d'un seuil d'interaction complexe ou de densité de transformations micro-paramétriques. L'articulation des transitions dynamiques de fréquence, d'intensité, de mode de jeu et d'espace, ainsi que l'interaction de l'acoustique et de l'électroacoustique dans une configuration multicanale d'espace, s'effacent devant le réseau interdépendant qui représente l'unité multiplexe de l'œuvre-système.

Dans son article sur les *Cognitive Foundations of Systematic Musicology*, Marc Leman, remarque que les récentes études sur les illusions sonores prennent en compte la nature dynamique du fait sonore, et que, de ce fait, la notion de hauteur est maintenant considérée comme un concept qui *émerge* des processus de traitement d'information auditive.⁵⁷⁰ Il conclut que nombre des propriétés d'un ton, telles que la hauteur, la tonicité et les dynamiques de ces propriétés sont, à présent, considérées comme des propriétés

⁵⁶⁷ PAPE, « Iannis Xenakis and the "Real" of Musical Composition », *art. cit.*, 2002, p. 20, "The Real as impossible resists the subject's efforts to acknowledge it or to represent it adequately in words. (This is one of the reasons, no doubt, that music has a particular power to evoke the Real at a non-verbal, corporal level)", notre traduction.

⁵⁶⁸ CASTELLENGO, *Écoute musicale et acoustique*, *op. cit.*, 2015, p. 135.

⁵⁶⁹ PAPE, « Forme, Émergence et Astrophysique », *art. cit.*, 2016.

⁵⁷⁰ LEMAN, *Music and Schema Theory*, *op. cit.*, 2012, p. 31.

émergentes d'un niveau inférieur qui sont déterminées par les processus de formation (*gestalt*) et régies par la complexité dynamique.

La condition d'efficacité causale des propriétés émergentes est aussi soutenue par Pape, selon qui : « Les perceptions émergentes au niveau de la macroforme peuvent à leur tour être à l'origine causale d'une influence sur la perception d'autres structures formelles de même niveau ou sur des formes sonores d'un niveau inférieur, micro ou méso »⁵⁷¹.

Les procédés de composition qui mettent en valeur les possibilités offertes par l'illusion et le paradoxe auditif, ce qui était espéré par la génération précédente (comme nous l'avons souligné dans l'œuvre de Boulez, de Ligeti, de Stockhausen, et de Xenakis), apparaissent comme un axe principal au sein des procédés de la composition contemporaine. La création musicale chez Pape témoigne de ce fait, comme les œuvres des compositeurs tels que Di Scipio, Dumitrescu, Estrada, Risset, Scelsi et Vaggione, pour n'en citer que quelques-uns. La musique spectrale représente la manifestation la plus évidente en France de cette préoccupation, mais l'approche des Spectralistes part d'une conception bien différente que celle que nous avons trouvée dans l'œuvre de Pape.

Tout compte fait, on ne peut nier l'évidence des mécanismes d'émergence dans le phénomène musical de *Harmonies of Time and Timbre*. La définition de tels phénomènes, articulée par la pensée analogique, devient ainsi génératrice de souvenirs, d'associations, d'affects et de nombreuses réactions spontanées au niveau de la psyché. C'est bien cet aspect même qui nous permet en tant qu'auditeur, de participer et d'interagir avec l'œuvre musicale.

Le Réel auquel fait référence Pape dans ses écrits rejoint ce que Morin appelle l'émergence de la « réalité phénoménale ». Logiquement indécélables et physiquement irréductibles, les qualités nouvelles dites *émergentes* sont des « qualités phénoménales du système ». Morin affirme que l'apparition des effets émergents est indicative d'une réalité qui nous dépasse. Il ajoute que « le Réel est, non ce qui se laisse absorber par le discours logique, mais ce qui lui résiste. Il nous semble donc ici que le Réel ne se trouve pas seulement tapi dans les profondeurs de l'« être » ; il jaillit aussi à la surface de l'étant, dans la phénoménalité des émergences »⁵⁷².

⁵⁷¹ PAPE, « Forme, Émergence et Astrophysique », *art. cit.*, 2016.

⁵⁷² MORIN, *La Nature de la nature*, *op. cit.*, 1977, p. 110.

III.3. Émergence et Relations

Il est maintenant possible de commencer à parler d'un nouveau type d'« harmonie » basée sur le son, qui s'appuie sur les interrelations, les interconnexions et les interactions paramétriques qui sont inhérentes à l'intérieur de la structure de continuum du son lui-même.⁵⁷³

Gérard Pape

III.3.1. L'émergence : un concept relatif

Nous avons constaté que le maintien d'un effet émergent au niveau méso de la forme temporelle de l'œuvre n'est assuré que par le maintien des relations dynamiques qu'il entretient avec les autres niveaux, micro et macro. Au cours de notre investigation des effets émergents dans *Harmonies of Time and Timbre*, il est devenu évident que l'émergence est un concept relatif et dynamique. Or, la nature du réseau de relations au sein de l'œuvre-système est hautement complexe et de nouvelles relations globales semblent émerger de la dynamique relationnelle de l'unité complexe.

Pape considère que c'est au niveau de l'interconnexion et surtout de l'interrelation qu'il a trouvé une faille dans les modèles de ses œuvres précédentes. Ce qui a commencé par la recherche pour une harmonie basée sur le son au cours des années 1990, va devenir la recherche pour une sorte de méta-harmonie qui cherche à interpénétrer les divers niveaux formels, jusqu'aux micro-paramètres sonores.

Sa volonté de trouver une méthodologie de composition qui réussisse à dépasser la création de simples relations entre micro et méso afin de pouvoir « harmoniser la forme » à tous les niveaux, se concrétise en 2010 dans l'œuvre *Harmonies of Time and Timbre*. Au cours des années qui précèdent cette œuvre, Pape a mené des expériences sur la granulation des matériaux des microstructures qui l'ont conduit à l'idée de créer des relations structurelles dans la mésoforme, et cela à partir des relations qui régissent les paramètres de la microstructure (les rapports de fréquence, de durée, de vitesses de pulsation et de vibrato).

Cette méthodologie lui a permis de construire des interrelations plus « rigoureuses » dans sa conception des matériaux musicaux aux niveaux micro, méso et macro de la structure formelle et ainsi, créer un lien plus signifiant entre ces niveaux. Antérieurement à cette découverte, les relations entre les différents niveaux de la forme étaient largement composées

⁵⁷³ PAPE Gerard, « The Space-Time-Timbre Continuum », dans Ecole nationale supérieure d'architecture de Normandie, *De Xenakis à nos jours : Le Continuum et son développement en musique et en architecture*, 2015, p. 3.

en suivant un processus de création intuitif, mais Pape cherchait toujours une approche qui lui permettrait une interconnexion plus profonde entre les matériaux microformels tout en maintenant la cohérence de leur expression temporelle : une méta-harmonie forgée par l'unité complexe du son.

Morin souligne dans sa conception théorique du système de l'unité complexe, l'importance de l'aspect relationnel entre le niveau global, les interactions locales et les effets émergeant d'un tel système⁵⁷⁴. Il distingue deux typologies d'interrelations : l'association, une liaison par laquelle les éléments conservent leur individualité, et la combinaison, qui détermine un ensemble plus unifié du fait de la nature transformationnelle des relations. C'est cette dernière que Pape a voulu créer dans *Harmonies of Time and Timbre*.

La conception d'une œuvre musicale consiste, en général, à établir des liens cohérents entre les divers matériaux choisis. Même dans le cas des musiques aléatoires, l'auditeur va chercher à tisser des liens entre des événements parfois extrêmement abstraits. Il est donc rare, voire impossible, que des matériaux sonores au sein d'une œuvre musicale n'entretiennent pas une relation quelconque. Le simple fait d'exister ensemble dans le contexte musical fait apparaître des liens relationnels entre les strates simultanées de la structure musicale et entre les événements qui se succèdent sur le plan temporel. Smalley confirme que « la vraie indépendance n'est pas une réalité musicale »⁵⁷⁵.

D'après McAdams, la perception est engagée dans un processus d'objectivation qui fixe la cohérence spatiale et temporelle des événements sonores qui lui sont soumis en procédant à des segmentations, des groupements simultanés, des organisations séquentielles.

Le déploiement successif des composants des agrégats sonores dans *Harmonies of Time and Timbre* rend plus évident les relations intrinsèques à l'organisation structurelle ainsi que ses propriétés morphogénétiques. Le jeu de succession et de complexification progressif des paramètres tels que la vitesse de pulsation, l'intensité et le timbre améliore considérablement les chances que l'auditeur suive les relations implicites à leur évolution. La mise en œuvre des premières structures sonores semble à la fois anticiper et garantir la cohérence du processus morphogénétique ainsi que celle de l'œuvre qui en émane.

La conception des formes spatio-temporelles de Pape semble reposer sur sa construction des réseaux d'interrelations structurelles (d'espace) et fonctionnelles (temps). Les relations verticales agissent selon la simultanéité des matériaux sonores, mais aussi dans l'interpénétration des éléments de la microstructure aux niveaux supérieurs. Les relations

⁵⁷⁴ MORIN, *La Nature de la nature*, op. cit., 1977, p. 106, « Si nous voulons tenter une théorie du système, nous devons affronter le problème de l'unité complexe, à commencer dans les relations entre tout et parties ».

⁵⁷⁵ EMMERSON (éd.), *The Language of electroacoustic music*, op. cit., 1986, p. 88, "True independence is not a musical reality".

horizontales émergent de l'évolution sonore et des comportements complexes sur chaque niveau et de leur interaction dynamique. Barbara Barry souligne cette distinction : « Le temps est perçu comme un passage ou une succession, ses métaphores fondamentales sont celles de la flèche ou du cycle, tandis que l'espace est fondé sur la simultanéité et, par conséquent, sur les surfaces planes, la grandeur et la relation de perspective »⁵⁷⁶.

Ligeti ajoute que « la conjonction des deux dimensions — horizontale et verticale — et les relations illusoires qu'elles comportent font finalement apparaître le fantasme d'un système de relations au sein de ce qui était *a priori* sans relation et, par conséquent, la forme musicale »⁵⁷⁷.

Le temps de la « *momentform* » chez Stockhausen est une conception du temps qui relève de l'appréhension et de la contemplation du phénomène sonore dans l'instant, une expérience subjective du temps musical. Dans son œuvre *Licht*, ce temps est régi par une « super-formule » qui assurent un contrôle temporel à partir des relations inhérentes aux processus minutieusement calculés. Même si Pape semble partager cette même conception de « super-formule » qui s'appliquent à tous les niveaux de la conception sonore, il existe une différence conceptuelle importante : le calcul des structures sonores de Pape relève directement des proportions, des relations et des comportements acoustiques qui caractérisent chaque composant sonore. Ainsi, la conception de Pape n'est pas d'appliquer une sorte d'algorithme fractal qui pénètre tous les niveaux structuraux, mais plutôt d'atteindre l'essence même des relations intra-structurelles des matériaux sonores qui, par leur interaction, génèrent de nouvelles relations à chaque niveau de la forme perçue.

Comme nous l'avons vu, la recherche de Pape dans *Harmonies of Time and Timbre* renvoie à son désir fondamental d'explorer les relations harmoniques « à l'intérieur du son » et en particulier dans les relations entre la hauteur, la durée et la pulsation au sein même du son, afin que « chaque son respire avec une vitesse et un vibrato interne ».

Les recherches d'analyse par synthèse, effectuées aux Bell Laboratories dans les années soixante par John Chowning, Max Matthews, John Pierce et Jean-Claude Risset s'avèrent indispensables pour comprendre l'évolution de l'écriture chez Pape mais aussi chez d'autres compositeurs, notamment Giacinto Scelsi et des compositeurs de musique acousmatique comme François Bayle, Curtis Roads, Denis Smalley, Trevor Wishart. La découverte de Risset ne dégage pas seulement les recettes des composants sonores, mais aussi leurs caractéristiques, ou comme il le dit, leur « vie ». L'importance de cette distinction est

⁵⁷⁶ DARBELLAY, *Le temps et la forme*, op. cit., 1998, p. 284.

⁵⁷⁷ LIGETI, *Neuf essais sur la musique*, op. cit., 2001, p. 150.

soulignée par Risset qui constate que ce ne peut pas être : « *un spectre* » qui caractérise le timbre d'un instrument, « mais une certaine *relation* dynamique entre spectre et intensité »⁵⁷⁸.

C'est grâce à cette relation dynamique que le son de Pape « respire » et que sa musique évoque les phénomènes qui sont animés par une énergie semblable à celle du vivant. En partant de l'essence même du son, la conception des processus morphogénétiques chez Pape suscite des relations au sein d'une véritable structure sonore qui *émerge* du processus musical, tout comme la vie même émerge de la multiplication de simples cellules.

III.3.2. L'espace-temps : simultanété et successivité

La forme spatio-temporelle de Pape repose sur les relations dynamiques qui émergent de l'organisation structurelle et fonctionnelle de l'œuvre-système. Nous allons maintenant considérer les relations synchrones au sein de l'organisation structurelle ainsi que les relations successives (asynchrones) qui caractérisent l'organisation fonctionnelle de *Harmonies of Time and Timbre* et qui sont à l'origine du fait d'émergence.

III.3.2.1. Relations structurelles

Pape affirme que les paramètres du son au travers des niveaux de la forme spatio-temporelle (micro, méso et macro) ne sont pas indépendants les uns des autres, mais qu'ils sont interactifs et mutuellement influents. Il précise : « Quand on transforme, par exemple, la dynamique (intensité) d'un son, bien sûr, cela va influencer et avoir un effet également sur la perception du timbre de la hauteur, et sur sa présence acoustique dans l'espace »⁵⁷⁹.

Les connexions entre les micro-paramètres d'une sonorité ou entre les événements de la mésoforme de *Harmonies of Time and Timbre* obéissent à une logique qui relève de la nature même du son. De ce fait, toutes les valeurs des paramètres, quel que soit le niveau de la forme, entretiennent une relation de dépendance avec cette structure fondamentale. De plus, ils entretiennent aussi des relations d'interdépendance les uns avec les autres. C'est-à-dire qu'ils sont mutuellement dépendants : la mésostructure apparaît grâce aux configurations de la microstructure et l'évolution de la macrostructure régit les changements de comportement des futures microstructures.

Di Scipio remarque que dans une telle conception évolutive, les « modèles des matériaux sonores et de l'architecture musicale (la forme) deviennent inséparables : le processus de composition est appliqué à l'échelle de la microstructure du son et donne lieu à

⁵⁷⁸ RISSET et GUILLOT, *Du songe au son, op. cit.*, 2008, p. 39, italiques de l'auteur..

⁵⁷⁹ PAPE, « Forme, Émergence et Astrophysique », *art. cit.*, 2016.

l'organisation structurée de nombreuses micro-unités (dont aucune, considérée *per se*, ne serait perçue comme signifiante) »⁵⁸⁰.

Considérons la relation entre le soliste (flûte) et les huit cordes virtuelles. Le soliste peut réagir aux composants de l'architecture virtuelle (les sonorités des cordes désincarnées) mais ses réactions n'incitent pas à une réactivité de la part des interprètes virtuels : leurs gestes instrumentaux sont inscrits sur la bande, et seule l'interaction du projectionniste sonore peut intervenir sur ce matériau. La flûte et les cordes entretiennent ainsi une relation d'interconnectivité structurelle.

Toutes ces relations de connexion et de dépendance semblent moduler en fonction du niveau de zoom (micro à macro) pris en considération, mais sont inhérentes à la structure physique du matériau sonore. Dans son livre (2006) *Trois essais sur l'émergence*, Jaegwon Kim souligne la relation fondamentale de dépendance physique, une des idées fondamentales des doctrines émergentistes britanniques au début du XX^e siècle : « Les propriétés du tout dépendent des propriétés de ses parties et de leur agencement, et, par conséquent, en dernière instance, de leur base physique »⁵⁸¹. Un émergent n'est donc pas indépendant des éléments de base, mais existe en même temps et à condition que l'action du comportement collectif des éléments soit maintenue.

Même s'il apparaît que les émergents ont des propriétés propres sur le plan structurel (par exemple, la brillance) ou sur le plan comportemental (le scintillement), selon Minati et Pessa, les propriétés comportementales ne sont que des émergents, produits par l'interaction des éléments d'un système, et sont donc dépendants des propriétés structurelles de ce système⁵⁸².

III.3.2.2. Relations fonctionnelles

Le fondement des relations fonctionnelles relève de la nature irréversible du fait musical. Il suffit de jouer un enregistrement sonore à l'envers pour rendre évidente la nature dynamique du son. La relation entre le spectre et le temps est telle que le son changera complètement de nature (qualité exploitée dans la musique acousmatique) et qu'une progression musicale risque de devenir incohérente, voire incompréhensible.

⁵⁸⁰ DI SCIPIO, « Formal Processes of Timbre Composition », *art. cit.*, 1994, p. 205, "Models of sound material and of musical design (form) become inseparable : the compositional process is applied at the scale level of the microstructure of sound and yields the structured organisation of myriads of minimal units (each of which, taken *per se* could not be perceptually significant)", notre traduction.

⁵⁸¹ KIM Jaegwon, *Trois essais sur l'émergence*, 1 vol., 2e éd, Paris, Ithaque, 2014 (Philosophie), p. vii.

⁵⁸² MINATI et PESSA, *Emergence in Complex, Cognitive, Social, and Biological Systems*, *op. cit.*, 2002, p. 87.

La relation d'interconnectivité structurelle entre la flûtiste et les haut-parleurs va provoquer, dans l'action dynamique du processus de création musicale, une relation *réactive* de la part de la flûtiste. Par contre, les comportements des divers ondes sonores qui sont provoqués par ce processus, entretiennent une relation *interactive* : dans l'espace sonore chacun réagit dans un échange d'énergie acoustique. Au cours de l'écoute, les multiples couches de matériaux musicaux entrent en interaction, et à leur tour, provoquent des boucles *rétroactives* au niveau des sensations, de la perception et de la cognition.

Ainsi, on comprend que l'interaction et la rétroaction surviennent quand la réaction entre composants est mutualisée. On s'éloigne du modèle unidirectionnel de cause et d'effet – l'interconnectivité structurelle des composants (intérieurs) de l'œuvre et des agents (extérieurs) de l'environnement de réception donnent lieu à ces relations fonctionnelles d'interaction, et, comme nous l'avons remarqué dans *Harmonies of Time and Timbre*, de rétroaction, c'est-à-dire, d'efficacité causale. Les interactions se déploient dans un réseau de communication et peuvent parfois déclencher des boucles de rétroaction. Ainsi l'interconnectivité et la combinaison de plusieurs interactions simples peuvent conduire à des phénomènes émergents surprenants.

Dans la microstructure de chaque couche instrumentale, on trouve que la hauteur, la durée, la vitesse de vibrato, le spectre et l'organisation temporelle des composants forment ensemble un réseau d'interaction mutuelle. C'est bien un *système de relations* qui émerge : des relations de dépendance et des interrelations dynamiques conduisent finalement à l'auto-organisation aux niveaux supérieurs, provoquée par l'effet de la rétroaction et par l'échange d'information au sein du réseau.

Nous avons vu (cf. II.5) que l'organisation de l'œuvre-système assure les liens interrelationnels entre les divers éléments structurels et fonctionnels du système, et ainsi confère une stabilité qui résiste aux perturbations extérieures. Cette organisation, selon Morin : « *transforme, produit, relie, maintient* »⁵⁸³. Le modèle de morphogénèse sur laquelle repose l'évolution formelle de *Harmonies of Time and Timbre* assure ce rôle au sein de son organisation.

L'unité de l'œuvre émerge donc des relations structurelles et fonctionnelles au sein du système complexe. L'organisation de *Harmonies of Time and Timbre* s'éloigne de l'utilisation d'une approche traditionnelle de coordination et de développement, même très recherchée, des structures relativement autonomes, telles que la progression harmonique, la mélodie, le rythme et les formules qui régissent leur agencement. La conception des relations

⁵⁸³ MORIN, *La Nature de la nature*, op. cit., 1977, p. 104.

entre les matériaux sonores et leurs comportements micro-paramétriques, chez Pape, découle de son modèle de morphogenèse, grâce auquel l'auto-organisation et l'*interpénétration* font apparaître de nouvelles relations.

III.3.3. Les relations émergentes dans *Harmonies of Time and Timbre*

Le titre de l'œuvre de Pape n'est ni *Harmony* (au singulier) ni *The Harmonies* (au pluriel) du temps et du timbre, mais, comme Pape a voulu le distinguer, « *Harmonies* ». C'est une distinction sémantique importante. Le singulier distinguerait seulement le fait d'associer une harmonie du temps avec une harmonie du timbre, tandis que le pluriel limiterait cette relation à un certain nombre de valeurs définies. Cependant, l'omission de l'article dans le titre fait de *Harmonies* un *concept* pluriel, l'*Unitas multiplex* qui va faire émerger une nouvelle conception relationnelle entre le temps et le timbre, une nouvelle définition de l'harmonie du son.

III.3.4. Relations temporelles

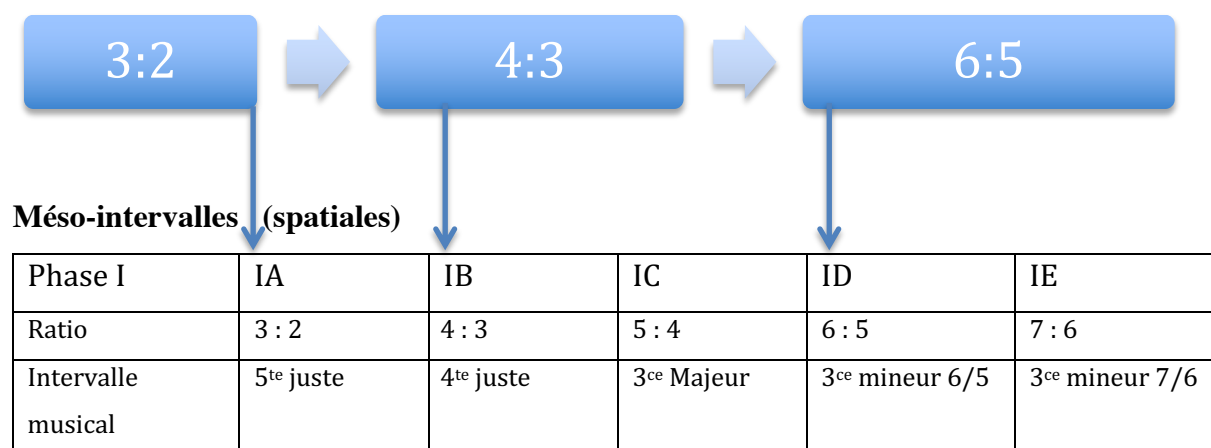
Nous avons découvert que les relations temporelles entre fréquence et durée dans *Harmonies of Time and Timbre* (cf. II.5.7) sont inversement proportionnelles. Chez Pape, l'inspiration d'une telle conception des matériaux provient de l'observation des caractéristiques spectrales d'un ton. Les durées des composants spectraux sont, en effet, inversement proportionnelles à leur fréquence.

Les relations de proportion ainsi conçues permettent d'appliquer les ratios mathématiques des intervalles simultanément à plusieurs niveaux formels : allant des proportions des durées des parties principales (macro), aux proportions des modulations des structures harmoniques (méso) et aux rapports de fréquence et de durée des spectres de chaque structure harmonique (micro). L'*intervalle* chez Pape est donc un intervalle spatio-temporel. Il détermine à la fois, la distance entre les hauteurs fondamentales ainsi que les rapports entre leur partiels (relations spatiales), et la distance qui sépare les durées (relations temporelles).

Les intervalles spatio-temporels

Macro-intervalles (temporels)

Phase I + Interlude I		Phase II + Interlude II		Phase III	
550s	275s	1112s	372s	1322s	
				600,75s	721s



Nous avons remarqué ce genre de relation temporelle dans *Makbénach*⁵⁸⁴ où les divisions temporelles des mesures de durée égale modulent selon des sous-divisions temporelles des triolets ou autres « n-olets » afin de générer une temporalité qui semble en expansion et contraction (qui respire).

Dans *Harmonies of Time and Timbre*, Pape crée des rapports temporels qui « harmonisent » les proportions de tous les niveaux structurels de l'œuvre. Dans sa communication « Composer dans le continuum fréquence-temps-timbre-espace » présentée au colloque de 2015, *De Xenakis à nos jours : Le Continuum et son développement en musique et en architecture*, Pape observe : « Diviser une durée totale ou une bande de fréquences en plusieurs parties permet de créer des relations proportionnelles entre la globalité et ses éléments »⁵⁸⁵. Les propos de Pape témoignent bien de sa pensée musicale, qui relève clairement d'une conception *systemique*. Il ajoute : « Nous pouvons également appliquer, jusqu'à un certain point, notre système de rapports au timbre »⁵⁸⁶.

⁵⁸⁴ Cf. « *Makbénach IV* : L'évolution du timbre dans l'espace multidimensionnel », en annexe.

⁵⁸⁵ PAPE, « The Space-Time-Timbre Continuum », *art. cit.*, 2015, p. 6.

⁵⁸⁶ *Ibid.*

III.3.5. Relations du timbre

Afin d'assurer la nature dynamique des timbres, Pape applique deux degrés de modulation à ses timbres : d'abord, au niveau des comportements des micro-paramètres du son, puis au niveau des méso-transformations. Finalement, c'est la relation qui émerge de la complexité des relations micro et méso qui sera perçue par l'auditeur en tant qu'un méta-timbre.

Chacune des valeurs fondamentales intègre un certain degré de liberté qui définit le champ de micro-variations oscillatoires possibles (la pulsation et le vibrato). Dans les explications générales de *Harmonies of Time and Timbre*, Pape précise que l'intensité des pulsations est variable : « l'amplitude oscille plus ou moins d'une valeur d'intensité autour de la valeur principale »⁵⁸⁷. C'est-à-dire, les oscillations d'intensité autour d'une indication d'intensité générale de *f* vont s'effectuer dans un continuum allant entre *mf-f.ff*. Pour le vibrato de fréquence, les oscillations s'effectuent en fonction d'un espace des phases qui est limité entre plus ou moins d'un demi-ton autour de la fréquence spécifiée. Ainsi, l'interaction complexe des changements de valeur d'intensité et de fréquence crée des timbres qui se transforment selon un continuum émergeant de cette interaction.

Les méso-variations du timbre sont régies par les chemins de timbre, qui, nous l'avons déjà noté, sont en relation simultanée avec les méso-variations d'intensité. Ceci introduit des micro-variations de timbre « d'une façon plus qualitative »⁵⁸⁸. Pape définit ses chemins de timbre comme une analogie avec le « filtrage » électroacoustique et les micro-variations comme une sorte de « modulation par LFO » (oscillateur de fréquence basse).

Pape commente : « harmoniser fréquence, durée, vitesse de pulsation et vitesse de vibrato avec des chemins de timbre peut être une façon de créer des spectres qui sont très riches en contenu micro rythmique »⁵⁸⁹. Nous avons constaté l'effet émergent de l'interpénétration de ces valeurs comme des rythmes « élastiques » qui sont éparpillés dans l'espace et qui tissent des relations polyrythmiques.

En général, selon Damian Keller, les micro-variations du timbre d'un événement sonore « servent comme des indices importants pour l'identification des instruments »⁵⁹⁰. Ainsi l'intervention de Pape sur cet aspect de la production sonore permet d'introduire des

⁵⁸⁷ G. PAPE, *Harmonies of Time and Timbre*, s. 1., 2012, dans la préface "General Explanations" : "In Harmonies of Time and Timbre, the amplitude oscillates plus or minus one dynamic value above and below a central amplitude/intensity value which is the notated dynamic of the note", notre traduction.

⁵⁸⁸ PAPE, « The Space-Time-Timbre Continuum », *art. cit.*, 2015.

⁵⁸⁹ *Ibid.*

⁵⁹⁰ KELLER, « Anitoo: some analysis tools », *art. cit.*, 1996, p. 199, "Furthermore, micro-variations in timbre in each sound event serve as important clues to identify instrument, and it is likely that they help construct a mental image of musical structure", notre traduction.

ambiguïtés de relations inhérentes dans le timbre d'*identité*, et il brouille alors les indices en faisant émerger de nouvelles relations ambiguës, de nouveaux timbres évolutifs. Keller ajoute qu'il est fort probable que les micro-variations du timbre « aident dans la construction d'une image mentale de la structure musicale »⁵⁹¹.

Les rapports mathématiques intrinsèques au spectre d'une note fondamentale généralisés aux micro-paramètres (de fréquence, de durée et de vitesse de modulation), aux méso-paramètres (de durées des structures harmoniques et de transformations locales de timbre), et aux dimensions de la macrostructure (les durées des parties et les transformations d'état), vont permettre à Pape de construire un réseau de relations complexes qui, ensemble, font émerger l'œuvre *Harmonies of Time and Timbre*.

La musique de Pape peut donc se résumer à l'émanation de l'organisation dynamique d'un système de relations. Ses diverses qualités naissent des relations qui émergent de cette organisation, ainsi que des nouvelles relations émergeant à leur tour de la nature complexe de leur association.

III.3.6. Émergence et harmonie

Maintenant, considérons le concept de « Harmonies » choisi par Pape et ce qu'il signifie dans son œuvre : l'*unification des relations* entre tous les éléments de l'œuvre-système, ce qui représente un changement de paradigme conceptuel. Traditionnellement, la disjonction en *matériaux* des diverses dimensions musicales de hauteur, de durée, de timbre, de rythme, veut se substituer, comme le dit Morin, à « un paradigme de distinction/conjonction [qui permet] de distinguer sans disjoindre, d'associer sans identifier ou réduire. [...] Il porterait en lui le principe de l'*Unitas multiplex* »⁵⁹².

Ceci est conforme à la logique de l'harmonie, telle qu'elle est définie en général :

- Combinaison spécifique formant un ensemble dont les éléments divers et séparés se trouvent reliés dans un rapport de convenance, lequel apporte à la fois satisfaction et agrément.⁵⁹³
- Harmonie, rapport logique, absence de contradiction dans l'enchaînement des parties [d'un] tout.⁵⁹⁴

⁵⁹¹ Ibid., p. 199.

⁵⁹² MORIN EDGAR, *Introduction à la pensée complexe*, Paris, ESF éditeur, 1990 (Communication et complexité dirigée par Jacques-Antoine Malarewicz), p. 23.

⁵⁹³ <https://www.cnrtl.fr/definition/harmonie/substantif> vu le 12 jan 2019.

⁵⁹⁴ <https://www.cnrtl.fr/definition/coherence> vu le 12 jan 2019.

L'harmonie est donc une question d'agencement, de proportion, d'équilibre. L'harmonie chez Pape est une conception qui renvoie à l'idée de Rameau de la notion d'un son fondamental et ses dérivés. La conséquence de partir de relations d'intervalles justes pour régir le déploiement morphogénétique de l'œuvre ne représente pas une réinvention du concept d'harmonie, mais une extension logique de l'étendue de sa signification. L'harmonie qui émerge de ces relations « sous-entend à la fois l'unité au sens phénoménologique et le multiple au sens organisationnel »⁵⁹⁵ qui, selon Louis Dufort, renvoie au principe de *l'Unitas multiplex*.

L'harmonie de Pape est donc une harmonie multiple, qui, grâce à l'interconnexion de ses composants, provoque de nouvelles relations « intérieures » au sein de l'œuvre musicale, ainsi que de nouvelles relations « extérieures » entre l'œuvre-système et son environnement (l'espace physique de sa réalisation et l'espace virtuel chez l'auditeur). La nature même du son et de ses transformations dynamiques et spatiales *résiste* à ce que Xenakis a appelé « le feu froid de l'intelligence »⁵⁹⁶, ces calculs intellectuels imposés par le compositeur sur le matériau sonore.

Chez Pape, l'intuition du compositeur et la relation entre le son et le *Réel* de l'expérience du corps se manifestent au niveau de ce conflit. Il remarque que « la façon dont une sonorité change de couleur ou d'intensité et le changement de sa forme spatiale doit a priori être ressentie et imaginée par le corps – ceci ne peut ni être totalement prévu ni contrôlé par les calculs »⁵⁹⁷.

Les nouvelles relations extérieures doivent donc pénétrer tous les aspects de la réception formés par l'auditeur, comme nous l'avons vu, par la relation triangulaire entre sensation, perception et cognition. Ainsi, l'harmonie de Pape franchit les limites entre le son et le corps : elle construit une nouvelle relation harmonique qui émerge de l'expérience de l'œuvre.

III.3.6.1. L'émergence de la relation corps-son

Léonard Meyer a montré que la musique provoque des relations entre les sensations d'ordre physique et perceptif qui découlent de la présence d'attentes comblées ou non chez

⁵⁹⁵ DUFORT, *Approche systémique pour la composition d'œuvres acousmatiques, mixtes, vidéomusicales et pluridisciplinaires*, op. cit., 2014, p. 22..

⁵⁹⁶ Xenakis dans Xenakis, Messiaen, Arts-sciences : Alliages, Volume 27 Collection "Synthèses contemporaine Casterman, Paris, 1979. p 2.

⁵⁹⁷ Courrier électronique du compositeur à L. Meridan daté du 21 avril 2019, GP : « How a sound will change color, change intensity, and change its spatial form has to be felt and imagined in the body and can not be totally predicted and controlled via calculation ».

l'auditeur. Ces relations *implicatives* « peuvent être expérimentées comme une tension kinesthésique et sa résolution – c'est-à-dire, une sensation et un sentiment »⁵⁹⁸.

Dans son entretien avec Keeril Makan (2003), Pape confirme que sa musique est fondamentalement liée à l'expérience corporelle⁵⁹⁹. Nous constatons qu'elle relève d'une logique de sensation, de perception, de cognition, plus que d'une logique mathématique, à partir de laquelle elle est pourtant conçue. Cette logique physique est particulièrement ressentie dans les transitions entre les parties instrumentales et les interludes électroacoustiques. C'est dans ces moments que les harmonies déterministes franchissent le seuil entre l'ordre et le désordre, et ainsi nous font basculer vers des modes d'organisation plus chaotiques.

Pape affirme qu'ainsi, le son « vivant », tout comme le compositeur, est libre de s'affranchir de ses propres règles. Il souligne que « suivre le chemin du son *est* suivre le chemin de l'énergie et de vibration ressenti dans son propre corps »⁶⁰⁰. Pour lui, ceci revient à mettre en conflit le « feu froid » de l'intellect et ce qu'il appelle « le feu vibrationnel du corps » ou « feu chaud » du *Réel* : c'est-à-dire les sensations provoquées dans le corps par le son. Un lien essentiel réside donc entre ce que nous avons appelé l'*input* des informations « froides », qui seront interprétées dans le *processus* de l'exécution de l'œuvre par les musiciens, et seront imprégnées de « feu chaud » au moment de la *performance*. Pape ajoute :

Si les interprètes sont capables d'évoquer le feu chaud de l'œuvre et de le réunir de manière efficace avec les calculs froids des autres dimensions du son, autre chose, un fait inconnu et imprévisible, émergera, que l'on ne pouvait pas discerner seulement à partir d'une analyse de la partition. On ne peut pas tout noter dans une partition, quel que soit le niveau de détail employé.⁶⁰¹

III.3.6.1.1. De l'harmonie au chaos : une relation dialogique

La conception de l'harmonie chez Pape fait écho à celle d'Héraclite : « L'harmonie qui n'est pas apparente est meilleure que celle qui est apparente... La plus belle harmonie est née de différences. Toutes les choses sont nées de la discorde »⁶⁰². La musicologue Emanuela Pietrocini souligne : « Pour les Pythagoriciens, l'harmonie est, avant tout, l'unification des

⁵⁹⁸ MEYER, *Explaining Music*, *op. cit.*, 1973, p. 113, "[...] implicative relationships may be experienced as kinetic tension and resolution – that is, as feeling and affect", notre traduction.

⁵⁹⁹ K. MAKAN et G. PAPE, « An Interview with Gerard Pape », *op. cit.*, pp. 24, 26 et 31.

⁶⁰⁰ Courrier électronique du compositeur à L. Meridan daté du 21 avril 2019, GP : « So, living sound like a living composer is free to break its own rules and to follow the path of sound is to follow the path of energy and vibration in one's own body ».

⁶⁰¹ *Ibid.* GP : « If the performers can bring out the hot fire of the work and combine it successfully with the cold calculations of the other sonic dimensions, something else, an unpredictable unknown, will emerge, something which is unknowable from analysis of the score alone. We can not write all in the score, no matter how detailed ».

⁶⁰² PAPE, *MusiPoéSci*, *op. cit.*, 2015, p. 47.

opposés et elle s'étend à l'univers considéré dans son ensemble, ainsi, elle détermine un principe d'ordre dynamique entre l'opposition des forces qui le gouvernent »⁶⁰³.

La recherche d'une harmonie musicale « *pour aujourd'hui* », selon Pape, « doit nécessairement être un processus dynamique qui provient d'une lutte violente pour réconcilier en musique « discorde » et « contraire » avec leurs opposés polaires »⁶⁰⁴. C'est pour cette raison que la musique de Pape s'éloigne d'une conception traditionnelle de l'harmonie, quand la *beauté* résulte d'un agencement heureux et équilibré de lignes, de formes, de gestes ou de sons. La musique de Pape est violente, saisissante, comme si les forces de la nature déferlent sur les auditeurs via « le choc des opposés ». Dans son livre, *MusiPoéSci*, Pape explique sa définition d'harmonie telle qu'elle apparaît dans ses œuvres :

L'« harmonie » que j'ai trouvée n'est pas un « Un » consonant et synchrone où toutes les dimensions de timbre et de temps s'assemblent comme il faut. Mon harmonie est une « multiplicité hétérophonique spectrale » plutôt qu'une « unité polyphonique harmonique ». Dans ma musique, nous sommes plus proches de l'« harmonie » de violence métaphysique qui résulte des luttes cosmiques entre les forces dissonantes de vie et de mort, de création et de destruction (comme dans la philosophie d'Héraclite ou la musique de Xenakis).⁶⁰⁵

L'harmonie de Pape est donc une harmonie *dialogique*. Dans une perspective systémique, Jean-Claude Lugan explique la dialogie comme « un processus qui obéit à deux logiques semblant contradictoires ». Il affirme que « l'ordre et le désordre sont antinomiques ; l'un semble supprimer l'autre, mais en même temps, dans certaines conjonctures, ils peuvent collaborer et produire de l'organisation et de la complexité. Ce principe dialogique permet de maintenir la dualité au sein de l'unité »⁶⁰⁶. De son côté, Louis Dufort observe que « de la complexité de ces relations polarisées complémentaires-antagonistes (ordre/chaos) naîtront des sous-systèmes organisationnels, favorisant à leur tour l'émergence de nouveaux phénomènes et, conséquemment, de nouvelles informations »⁶⁰⁷.

Nous constatons que l'enjeu de l'ordre-désordre est central dans la conception des forces de consonance et de dissonance chez Pape, enjeu qui évoque « les forces de vie et de

⁶⁰³ MINATI Gianfranco, PESSA Eliano et ABRAM Mario, *Systemics of Emergence: Research and Development*, Softcover reprint of hardcover 1st ed. 2006, Springer, 2010, p. 402, "For the Pythagoreans, harmony is above all the unification of opposites, and extends to the universe considered as a whole, thus determining a dynamic principle of order between the opposed forces that govern it", notre traduction.

⁶⁰⁴ PAPE, *MusiPoéSci*, *op. cit.*, 2015, p. 48.

⁶⁰⁵ *Ibid.*, p. 48.

⁶⁰⁶ LUGAN Jean-Claude et MIDI-PYRENEES Conseil économique et social, *Lexique systémique et prospective*, Toulouse, 2006, p. 25.

⁶⁰⁷ DUFORT, *Approche systémique pour la composition d'œuvres acousmatiques, mixtes, vidéomusicales et pluridisciplinaires*, *op. cit.*, 2014, p. 22.

mort, de création et de destruction »⁶⁰⁸. Le conflit entre ces forces opposées est au cœur de l'énergie que le corps ressent pendant l'écoute d'une de ses œuvres.

Morin a identifié trois notions indispensables pour établir la relation entre l'ordre et le désordre que nous retrouvons mises en évidence dans l'œuvre *Harmonies of Time and Timbre* : l'organisation, la transformation et l'interaction.⁶⁰⁹ Ordre et désordre, selon Morin, ne sont pas des concepts absolus qui se manifestent concrètement. Au contraire, « ils naissent l'un et l'autre ensemble et [...] ils renaissent sans cesse d'une indistinction génésique, ici nommée *chaos*. Ils sont relatifs et relationnels »⁶¹⁰.

La relation dialogique s'exprime chez Pape par le conflit entre harmonie et chaos et se manifeste au niveau des phénomènes. Il est donc évident que la logique de sa pensée musicale relève d'une conception des relations fondamentalement complexes : à la fois complémentaires, concurrentes, antagonistes, elles se situent au cœur de la dialogique de l'ordre et du désordre. Morin explique : « ainsi l'ordre et le désordre, sous un certain angle, sont, non seulement distincts, mais en opposition absolue ; sous un autre angle, en dépit des distinctions et oppositions, ces deux notions sont *une* »⁶¹¹. On constate que dans *Harmonies of Time and Timbre*, organisation, transformation et interaction coopèrent au sein des conflits des phénomènes qui émergent de cette dialogique.

Ce principe éloigne encore plus la conception harmonique de Pape de celle de Stockhausen. Tandis que Stockhausen cherchait le « un », l'unité de création qui se manifeste dans son harmonisation des paramètres avec sa super-formule musicale, la composition de Pape est faite d'excès, de multiplicité, de l'impossible lutte entre forces dissonantes et extrêmes polaires.

III.3.6.2. L'harmonie des niveaux de la forme

Dans la conception formelle de Pape, l'ordre et le désordre fonctionnent aux trois niveaux temporels : micro, méso et macro. Un comportement extrêmement désordonné au niveau micro peut provoquer un effet perceptible qui est plutôt homogène au niveau méso ou macro. Solomos, Soulez et Vaggione conviennent sur une approche multi-niveau qui « autorise également une nouvelle réflexion sur les relations entre objets, paramètres et morphologies »⁶¹².

⁶⁰⁸ PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 48.

⁶⁰⁹ MORIN, *La Nature de la nature*, op. cit., 1977, p. 80.

⁶¹⁰ Ibid., p. 79, (nos italiques).

⁶¹¹ Ibid. (italiques de l'auteur).

⁶¹² SOLOMOS, SOULEZ et VAGGIONE, *Formel - informel*, op. cit., 2003, p. 14.

Il est possible de considérer ces relations selon leurs propriétés spatio-temporelles, c'est-à-dire, à partir de leurs aspects synchrones et séquentiels. Ces aspects se manifestent dans la microforme comme structure et comportement, ou, si l'on reprend le terme de Smalley, par leur *spectro-morphology*. L'étude de McAdams et Bregman (1979) montre que la complexité perceptible dans un instant du son est largement dépendante de son contexte. De ce fait, le timbre d'une sonorité ne peut pas être correctement évalué si l'événement sonore est isolé de son contexte dans le flux musical. Les auteurs confirment que « le timbre est une propriété de la perception d'une organisation des flux plutôt que le résultat direct d'un spectre particulier, et, de ce fait, dépend de son contexte »⁶¹³.

La relation fusion-fission évidente dans le continuum de la microforme de *Harmonies of Time and Timbre* donne lieu à une relation matériau-forme (texture-geste) au niveau supérieur. La contextualisation d'un son le transforme en *événement* parce que le son entre en relation avec les sons qui l'entourent. C'est donc, bien la relation entre les sons qui émerge en tant qu'harmonie et qui est interprétée cognitivement comme une séquence musicale cohérente.

Au niveau méso, il est possible de distinguer plusieurs relations fonctionnelles entre les différentes dimensions de la perception : la relation entre le geste musical et la texture, celle qui se développe entre le timbre et l'espace et enfin l'influence de ces relations sur la densité et le mouvement perçu. Ces relations sont au cœur du développement musical de l'œuvre et de la cohérence de sa forme.

Michèle Castellengo remarque qu'un son « émerge » d'une texture (acoustiquement parce qu'il est plus fort ou que son spectre est très différent des autres). Par contre, dans le domaine perceptif, le son est interprété selon la sensibilité physique et culturelle de l'auditeur ainsi que selon l'attente suscitée par l'écoute. « En anticipant intérieurement le son à venir, [l'auditeur] le détecte sur la base de quelques indices qu'il a repérés antérieurement et mémorisés »⁶¹⁴. L'interaction et l'ambiguïté du continuum geste-texture sont au cœur de la dynamique de *Harmonies of Time and Timbre* et de la structure de son processus énergétique. Les tensions entre l'action dirigée et l'action intériorisée créent des contractions et des expansions d'énergie qui propulsent le discours musical vers son inévitable désintégration.

Chez Pape, la relation synchrone-successive au niveau de la macroforme est perçue comme une architecture de textures mouvantes à grande échelle. Il remarque que les changements d'état au niveau des macrostructures ne sont pas toujours évidents pour

⁶¹³ S. MCADAMS et A. BREGMAN, « Hearing Musical Streams », *op. cit.*, p. 40, "Timbre is a perceived property of a stream organization rather than the direct result of a particular waveform, and is thus context-dependent", notre traduction, (phrase en italiques dans l'original).

⁶¹⁴ CASTELLENGO, *Écoute musicale et acoustique*, *op. cit.*, 2015, p. 170.

l'auditeur, du fait de la lenteur de leur évolution. C'est pour cette raison qu'à la surface musicale, les macro-transitions sont mises en évidence par des ruptures, des silences ou des contrastes sonores importants.

De plus, le continuum spatio-temporel de Pape qui fait la transition entre les états d'ordre, de polyphonie, de chaos et de désordre donne la possibilité de créer des relations supplémentaires au niveau perceptif. Dans *Harmonies of Time and Timbre*, Pape introduit les relations fractales par l'application des rapports de proportion temporelle afin d'articuler son *harmonie* au niveau macro-formel. Ces rapports s'appliquent aussi bien aux parties principales qu'aux interludes électroacoustiques. Dans les deux cas, soit les proportions temporelles régissent le « feu chaud », soit les calculs mathématiques sont abandonnés au profit de l'intervention *réelle* et inspirée du compositeur.

III.3.6.3. L'émergence de la relation électro-instrumentale

Le modèle conventionnel de l'œuvre mixte pour instrument et bande magnétique est souvent caractérisé par une forme de dialogue entre les deux, ce qui n'est pas le cas dans *Harmonies of Time and Timbre*. Au lieu d'un échange entre deux plans spatiaux distincts, les limites entre l'espace acoustique et électroacoustique sont franchies. La flûte *participe* à la création des sonorités, lutte, fission fusion, espace.

La fonction électroacoustique de l'écriture instrumentale de *Harmonies of Time and Timbre* permet une extension des possibilités sonores avec des degrés multiples de séparation et de dislocation. La perspective sonore se trouve distordue par trois processus : l'amplification, la diffusion et les délais temporels. Ce traitement électroacoustique exagère les contrastes de positionnement des sources sonores perçues et leurs rapports dans l'espace physique. De plus, ce traitement participe à la fusion homogène des sons avoisinants provenant des couches multiples en corrélation polyphonique ou hétérophonique, surtout ceux qui sont caractérisés par leur contenu structural de bruit.

Malgré la position fixe de l'instrument et des haut-parleurs, la perception des sons désincarnés résulte de la complexité des relations entre timbre, geste, texture, mouvement, densité et espace — les instruments semblent être à la fois fixes (dans les parties principales) et mobiles (dans les interludes électroacoustiques). Les relations de causalité entrent en conflit sur le plan perceptif : la flûte est l'initiateur des sons acoustiques mais elle suscite des relations complexes dans l'espace réel et virtuel, ce qui rend ambiguë l'origine des sons entendus par l'auditeur.

Les comportements respectifs des sons émanant de la flûte et ceux projetés par le dispositif électronique coexistent malgré leur conflit fondamental. Les rôles de domination et

de subordination deviennent, eux aussi, ambigus et fluides — ils oscillent perpétuellement entre l'instrument et les émissions sonores désincarnées.

Les principes de fluidité et de variation perpétuelle qui sont au cœur de l'expression musicale de Gérard Pape, sont appliqués également à la mise en forme du dispositif électronique. Même si le matériau sur la bande semble figé, il est quand même maniable par l'interprète technique — la diffusion des huit canaux dans l'espace en temps réel entraînera des variations constantes d'interférences acoustiques.

De plus, les positionnements et les trajets changeants des lignes indépendantes dans l'espace multiphonique, tels qu'ils sont perçus par l'auditeur et par l'interprète pendant l'exécution, resteront perpétuellement variables et fluides, en fonction de l'inspiration de l'interprète technique et du comportement acoustique des sons dans cet espace. Leur diffusion acousmatique ouvre un champ libre à l'imagination de l'auditeur, qui peut construire des espaces multiples et suivre les trajets des diverses sonorités mises en mouvement dans ces espaces.

III.3.6.4. L'écoute non linéaire : l'émergence d'une hétérarchie

D'après Tenney et Polansky, une œuvre musicale est perçue comme « un réseau de sons, de motifs, de phrases, de séquences, et de mouvements ordonnés selon une hiérarchie »⁶¹⁵. Ils constatent que ce qui est important dans l'identification et la classification des événements sonores dans un flux musical, relève des *différences relatives* dans l'évolution des paramètres plutôt que de la magnitude de cette différence. Les changements seront donc interprétés selon leur contexte de ce qui précède et de ce qui suit.

On sait que dans le processus d'écoute, généralement, c'est ce qui change à la surface musicale qui attire l'attention de l'auditeur. Contrairement à ce constat, nous avons observé que l'architecture structurelle de *Harmonies of Time and Timbre* émerge pendant l'écoute en temps réel comme un réseau complexe de relations et de sous-relations. Dans ce contexte musical, un seul événement sonore peut être perçu de multiples façons en fonction de la logique des relations appréhendées par l'auditeur, ce qui ouvre de nombreux trajets possibles pour l'écoute d'une œuvre.

Les expériences des conduites d'écoute menées par François Delalande dans son étude « *Music analysis and reception behaviours : Sommeil by Pierre Henry* »⁶¹⁶ démontrent que nous n'adoptons pas de façon continue un certain perspectif d'écoute dans notre parcours

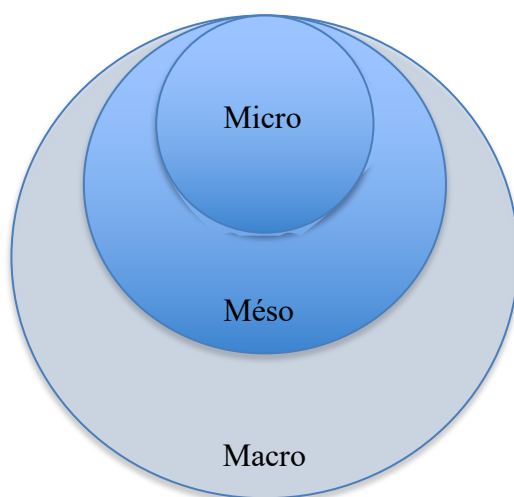
⁶¹⁵ TENNEY et POLANSKY, « Temporal gestalt perception in music », *art. cit.*, 1980, p. 205.

⁶¹⁶ DELALANDE François, « Music analysis and reception behaviours: Sommeil by Pierre Henry », *Journal of New Music Research* 27 (1-2), 01.06.1998, pp. 13-66. En ligne: <<https://doi.org/10.1080/09298219808570738>>.

auditif d'une œuvre. Stéphane Roy résume le processus ainsi : « l'auditeur écoute les matières, les unités (écoute taxinomique), il se laisse porter par les affects (écoute empathique), il s'attarde à l'histoire, à la progression discursive des sons (écoute figurative) »⁶¹⁷. McAdams et Bregman proposent alors le terme d'*hétérarchie*⁶¹⁸, afin de mieux décrire le système de contextualisation des données dans une telle situation d'écoute.

Les différentes échelles temporelles se trouvent interconnectées. Roads décrit cette relation comme l'*encapsulation* des événements sur un niveau temporel donné par le niveau supérieur. Il est donc évident que l'intervention sur un niveau aura une conséquence sur les autres niveaux aussi. Il ajoute que « l'interaction entre les niveaux micro, méso et macro n'est cependant pas une relation simple. Des changements linéaires sur une échelle temporelle donnée ne garantit pas un effet perceptible sur les échelles temporelles attenantes »⁶¹⁹.

L'encapsulation des niveaux



La conception des structures musicales chez Pape fait valoir la caractéristique non linéaire du processus d'écoute. Il est devenu apparent à McAdams que « la structure musicale,

⁶¹⁷ ROY Stéphane, « Atelier de maître tenu le 17 juin 2009 à l'Université de Montréal. », 2009, p. 11. En ligne: <[www.creationsonore.ca](http://www.creationsonore.ca/uploads/2014/09/ateliers_stephane-roy) > uploads > 2014/09 > ateliers_stephane-roy>.

⁶¹⁸ MCADAMS et BREGMAN, « Hearing Musical Streams », *art. cit.*, 1979, p. 41, "It is felt that all of these levels of processing feed into each other in a sort of heterarchical (as opposed to a hierarchical) system. The point being made is that in the framework of music where all of these complex interactions are of great importance, the context that is created may be the essential determinant of the musical result of a given sound. One sound is potentially perceived in a great number of ways, depending on its context".

⁶¹⁹ ROADS, *Microsound*, *op. cit.*, 2004, p. 6, "The interaction between time scales is not, however, a simple relation. Linear changes on a given time scale do not guarantee a perceptible effect on neighboring time scales", notre traduction.

comme elle est perçue en temps-réel, est inextricablement liée aux processus d'attention »⁶²⁰. On peut définir la nature dichotomique de l'attention comme une lutte entre l'attention active et volontaire et l'attention passive ou involontaire.

Les deux formes d'attention semblent complémentaires dans un contexte d'écoute dans lequel les matériaux ou les relations entrent en interaction complexe, ou bien quand la densité d'informations est importante. Il est possible alors que pendant l'écoute, l'auditeur sélectionne un flux particulier en essayant de suivre son évolution au sein des interactions complexes. Par contre, il est également probable que l'attention alterne aléatoirement entre les chemins du réseau et entre les conduites d'écoute.

Cependant, McAdams explique que dans le cas d'une complexité excessive, les mécanismes d'organisation du système auditif vont avoir tendance à simplifier la perception. Par exemple, dans les études de Conlon Nancarrow pour pianola, la vitesse des notes successives est parfois tellement élevée que la concentration d'événements devient trop importante pour que le système auditif intègre toutes les informations. Certaines séquences sont alors perçues plutôt comme une texture ou même, comme dans l'*Étude No 21 Canon X* et à la fin de l'*Étude No 25*, des ondulations. Les notes successives fusionnent et sont perçues comme un timbre. Comme nous l'avons vu, il y a un seuil perceptif au-dessus duquel la succession des stimuli se fusionne en un seul événement qui présente de nouvelles qualités de timbre.

La musique est donc un processus qui se définit lors du processus de l'écoute. Selon Di Scipio, elle « émerge des opérations cognitives de l'auditeur »⁶²¹. Ainsi certains événements vont être perçus différemment selon l'auditeur et il apparaît que les structures complexes offrent à la perception une expérience quasiment illimitée de chemins d'écoute. Il est donc possible qu'une œuvre comme *Harmonies of Time and Timbre* soit « perceptually infinite for a given listener »⁶²², c'est-à-dire, qu'elle ouvre à chaque auditeur une dimension infinie.

III.3.6.5. Des relations tonales émergentes

Le cadre de référence de l'auditeur s'impose également dans l'écoute de *Harmonies of Time and Timbre*. Malgré la complexité des agrégats sonores, il est inévitable que les relations tonales soient suggérées pendant l'écoute. La nature des rapports et des proportions

⁶²⁰ MCADAMS et BREGMAN, « Hearing Musical Streams », *art. cit.*, 1979, p. 41, "[...] musical structure, as it is perceived in real-time, is inextricably bound to attentional processes", notre traduction.

⁶²¹ SOULEZ et VAGGIONE, *Manières de faire des sons*, *op. cit.*, 2011, p. 83 à 100, Makis Solomos, « Sur la notion d'"émergence" et sur Agostino Di Scipio ».

⁶²² MCADAMS et BREGMAN, « Hearing Musical Streams », *art. cit.*, 1979, p. 42.

qui forment le germe à partir duquel tous les matériaux sont générés rend possible une interprétation des relations tonales. Il est tout à fait probable que la relation entre la fondamentale du départ, *do*, et l'apogée de son élan à l'intervalle d'une neuvième sur *ré*, suggère une prochaine étape sur *sol*, afin de « combler » l'attente d'une relation tonique-dominante. Comme nous l'avons constaté, cette relation réside dans la structure spectrale de la note fondamentale, et, de ce fait, les implications pour une lecture « tonale » sont implicites.

Il est également difficile de ne pas tenter de « résoudre » l'ambiguïté d'un accord majeur/mineur qui semble osciller dans un état d'instabilité extrême au cours du deuxième interlude : la relation sensible-tonique est également perceptible en arrière-plan de cette sonorité fluctuante.

III.3.6.6. La relation entre l'entité de base et l'entité émergente

Jaegwon Kim observe que les relations émergentes peuvent être des relations de dépendance, de supériorité et d'infériorité, ou bien des relations causales. Il donne l'exemple des relations *phénoménologiques* qu'il décrit comme « des phénomènes de surface, qui surgissent de relations sous-jacentes plus profondes et qui doivent être expliqués d'après ces relations »⁶²³. D'ailleurs, la psychophysique a montré que la relation entre un stimulus physique et la réaction subjective qu'il provoque n'est pas d'ordre quantitatif : elle ne peut être expliquée que par la relation entre des seuils différentiels, c'est-à-dire, par une relation proportionnelle.⁶²⁴

Dufourt affirme que « la perception n'est pas séparable de la cognition. [...] Les contraintes biologiques et psychologiques qui caractérisent ce qu'on appelle un matériau musical ont leur ordre propre, qui diffère sensiblement du registre de complexité d'un signal acoustique »⁶²⁵. C'est pour cette raison qu'il est possible d'expliquer les interférences acoustiques, tandis que le matériau musical survient comme un émergent de celles-ci.

Cet aspect irréductible des émergents est souligné par Kim. Il affirme que « les propriétés émergentes ne sont ni additives ni soustractives, et ne sont pas *prédictibles* à partir des propriétés du niveau inférieur dont elles surgissent »⁶²⁶. Cependant, cette condition soulève un problème épistémologique : une fois que les relations entre les conditions de base

⁶²³ KIM, *Trois essais sur l'émergence*, op. cit., 2014, p. 21.

⁶²⁴ Cf. la Loi de Weber-Fechner

⁶²⁵ DUFOURT, *La musique spectrale*, op. cit., 2014, p. 50 à 51.

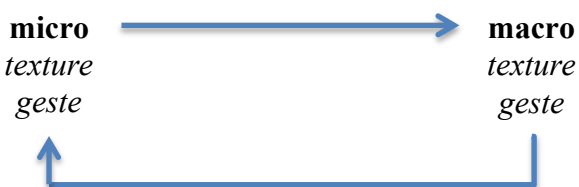
⁶²⁶ KIM, *Trois essais sur l'émergence*, op. cit., 2014, p. 9.

et la survenance des phénomènes ont été décrites une première fois, dorénavant, il sera, en théorie, possible de prédire une émergence à partir de configurations de base semblables.

Au contraire, décrire un événement ne peut en aucun cas constituer une explication. L'explication, selon Kim, renvoie à une démarche réductrice ou mécaniste qui rend compte d'une certaine propriété par l'analyse de la microstructure qui le constitue. Le fait qu'un effet émergent survienne peut-être *décrit* sans que cette description *explique* sa cause. De ce fait, il est tout à fait possible de prédire un effet émergent à partir de circonstances déjà observées qui ont produit ce type d'effet. L'observation des effets émergents chez Ligeti, Scelsi et Xenakis a certainement orienté la recherche de Pape.

III.3.6.7. L'émergence de l'efficacité causale

La relation entre l'interaction et les modifications qui sont observées comme étant le résultat des boucles rétroactives est connue sous le nom d'efficacité causale (*feedback*). La combinaison des éléments interconnectés aura une incidence interactive sur les comportements et les éléments qui sont responsables du phénomène émergent même. Morin décrète que dans une telle configuration, « il faut abandonner la hiérarchie simple entre infra (texture, structure) et supra (texture, structure) au profit d'une rétroactivité organisationnelle où le produit ultime rétroagit en transformant ce qui le produit »⁶²⁷. Nous voulons réinterpréter le modèle infra-supra de Morin selon l'approche multiforme de Pape dans laquelle *micro* correspond à *infra* et *macro* à *supra* :



Les sons de Pape semblent respirer dans un espace dynamique en métamorphose constante. La vie intérieure de sa musique suit une logique de croissance organique à partir des structures conçues par les relations de rapport et de proportion mathématique. Dans ce contexte, l'intervention du compositeur au niveau des interrelations à l'immense pouvoir de changer le contexte même de leurs interactions et ainsi de faire émerger de nouvelles qualités sonores et d'ouvrir de nouvelles relations spatiales à la perception.

⁶²⁷ MORIN, *La Nature de la nature*, op. cit., 1977, p. 110.

Conclusion

Lire la musique est pour les musicologues. On ne peut pas relier directement notes et sons.⁶²⁸

John Cage

Le son est né de la complexité. La musique, elle aussi. L'essence de son apparition repose sur sa nature irréductible, celle de l'unité multiplexe. La musique n'est pas issue d'une simple collection de sons qui existent indépendamment les uns des autres. L'acte de composer ne se résume pas à organiser le son : en vérité, c'est la création d'un réseau de relations complexes. La perception des interactions de ces relations est ce que l'on va percevoir comme forme et comme effet musical.

Selon le modèle scientifique généralisé depuis quelque temps, la notion d'émergence apparaît au sein des systèmes complexes et dynamiques pour décrire la création de niveaux d'interaction, d'auto-organisation, et la survenance des nouvelles entités, phénomènes et relations. Un émergent peut aussi bien être un objet unique et individuel qu'un ensemble de « propriétés qui caractérisent une classe entière d'êtres [...] par exemple tout phénomène traité par la biologie »⁶²⁹.

Notre objectif était de trouver un modèle théorique qui nous permettrait de rendre compte de l'œuvre de Gérard Pape, et de faire apparaître les mécanismes responsables de l'émergence et de ses effets. Ce faisant, nous étions amenés à développer une approche spécifique à cette musique. Dégagées de l'œuvre musicale, considérée ici comme un système complexe et dynamique, les lois qui régissent et limitent son organisation structurelle et ses mécanismes fonctionnels nous ont permis de comprendre les diverses stratégies mises en œuvre par le compositeur dans un but esthétique. Notre approche ne vise pas à approfondir en détail, mais plutôt à comprendre le sens global de l'effet musical en fonction de la durée, telle qu'on la perçoit, en temps réel.

Selon la *Musicologie générale et sémiologie* de Nattiez, l'analyse de la partition, au niveau neutre (ANN), est d'ordre *descriptif* tandis que l'analyse des dimensions esthétiques et

⁶²⁸ CAGE, *Silence*, op. cit., 1961, p. 172, "Reading music is for musicologists. There is no straight line to be drawn between notes and sounds", notre traduction.

⁶²⁹ EMMECHE Claus, KOPPE Simo et STJERNFELT Frederick, « Explaining Emergence: Toward an Ontology of Levels », *Journal for General Philosophy of Science / Zeitschrift für Allgemeine Wissenschaftstheorie* 28 (1), 1997, p. 6.

poïétiques constituent une démarche *explicative*. Notre approche inverse les rôles précisés par Nattiez : nous avons choisi de décrire et d'analyser l'effet musical en partant du niveau esthétique. Ainsi, l'analyse des dimensions esthétiques nous fournit, *a priori*, une description des formes, des phénomènes et des relations rencontrés au moment de la réception. Puis, à partir des informations trouvées dans la partition, au niveau *neutre*, nous avons pu construire des hypothèses pouvant expliquer les mécanismes responsables de l'apparition du phénomène musical.

Au cours de notre étude, nous avons tenté d'identifier les éléments historiques et culturels qui, dans les sciences et en musique, ont suivi au cours du XX^e siècle une évolution parallèle, ce qui nous permet de comprendre la résurgence de la notion d'émergence depuis les années quatre-vingt-dix. Il est montré que ce genre de processus par lequel une idée nouvelle apparaît « spontanément » dans des domaines différents, est induit par des dynamiques de groupe. Dans son article sur les modèles de comportement collectif, Mark Granovetter explique que les études des comportements sociologiques qui rompent avec les valeurs et les normes institutionnelles, soutiennent que l'apparition de nouvelles normes ou idées « émergent » d'un phénomène de comportement collectif.⁶³⁰

Boulez souligne, lui aussi, ce phénomène à propos de l'évolution du langage musical quand il parle d' « une vague collective qui [a] entraîné ces diverses fixations » ou d'« épidémies redoutables et régulières »⁶³¹ chez les compositeurs de l'avant-garde. Mais, aujourd'hui, pour le compositeur contemporain, on peut définir l'impact de la technologie sur la création musicale comme « une expérience collective du développement technique ». Hugues Dufourt évoque cet effet collectif au sein de l'élaboration de la conception de la musique spectrale, qui, selon lui, a pour trait commun l'informatique musicale. Par cette nouvelle technologie, la musique connaît un « changement d'échelle auquel les traits spécifiques du matériau musical ont été identifiés. [...] Changer d'échelle, c'est interroger différemment le phénomène sonore »⁶³². Il souligne que la musique spectrale « a su comprendre et exploiter la construction théorique des nouveaux objets que réalisait l'informatique musicale »⁶³³.

Pape, quant à lui, se distingue par une approche qui s'appuie sur des modèles dynamiques, morphogénétiques et chaotiques. Il interroge la nature énergétique du phénomène sonore dans le but de créer les structures musicales qui semblent évoluer grâce à

⁶³⁰ GRANOVETTER Mark, « Threshold Models of Collective Behavior », *American Journal of Sociology* 83 (6), 1978, pp. 1420-1443.

⁶³¹ BOULEZ, *Penser la musique aujourd'hui*, *op. cit.*, 1963, p. 17.

⁶³² DUFOURT, *La musique spectrale*, *op. cit.*, 2014, p. 19.

⁶³³ *Ibid.*

leur propre force interne. Il le précise clairement : « l'émergence [...] n'est pas illusoire, car l'interactivité entre des niveaux micro, méso et macro de la forme a comme effet des transformations de structure à chaque niveau [...] qui peuvent bien influencer les perceptions de l'observateur à chaque niveau de la forme »⁶³⁴.

Comme le fait la théorie générative de Lerdahl and Jackendoff et l'approche analytique de Heinrich Schenker, nous avons cherché à décrire la façon dont un auditeur met en relation l'effet produit à la surface de la structure musicale avec la structure sous-jacente. Au départ, ce que nous avons trouvé intéressant dans leurs approches était la façon de relier les ruptures, dans le flux de progression des matériaux musicaux, avec les relations harmoniques inhérentes à sa structure fondamentale. Nous avons décelé ce genre même de relation dans l'œuvre de Pape, mais dans un contexte entièrement non tonal. De la même façon, l'articulation des états de stabilité et d'instabilité, de tension et de relâchement, ainsi que les contrastes de matériaux ordonnés, désordonnés et chaotiques renvoient à une relation harmonique sous-jacente.

Ainsi, considérés dans leur contexte global, les composants musicaux servent une fonction commune : celle de l'expérience sensible, perceptive et cognitive du fait musical. A l'instant de son écoute, l'auditeur, lui aussi, entre en interaction avec le système de l'œuvre, ce qui lui permet de participer pleinement à l'expérience musicale, en formant les hypothèses sur sa progression et ses comportements futurs. Stéphane Roy souligne le fait que « l'auditeur participe *a posteriori* à cette dialectique entre stratégie et règles : il la retrace consciemment ou inconsciemment à travers l'œuvre, il développe ainsi une "compétence" spécifique à l'œuvre, l'autorisant à émettre, au cours d'une audition en temps réel, ses propres hypothèses sur les voies que l'évolution musicale peut emprunter »⁶³⁵.

Comme nous avons pu le constater, les outils de la systémique (la description analogique, la mise en relation binaire et les échelles de qualité) permettent de considérer cette évolution à partir d'une description qualitative et de la comparer aux données quantitatives définies dans la partition. Même si cette description analogique peut varier selon les auditeurs, ce n'est que le fonctionnement symbolique qui changera de sujet en sujet.

Étant donné que l'œuvre est engendrée à partir d'une structure invariable et que son évolution suit le trajet défini par son *attracteur*, le parcours de l'œuvre restera similaire et chaque interprétation (performance ou analyse) rejoindra, d'une façon plus ou moins fidèle, cette représentation générale de l'essence musicale de l'œuvre. Nous soulignons, encore, que malgré le fait que la perception de chaque auditeur, y compris la perception « praticienne »

⁶³⁴ PAPE, « Forme, Émergence et Astrophysique », *art. cit.*, 2016.

⁶³⁵ ROY, *L'analyse des musiques électroacoustiques, modèles et propositions*, *op. cit.*, 2003, p. 491.

décrite par Schaeffer, est variable de personne en personne et de réception à réception de l'œuvre, toutes ces variations appartiennent à une culture plus large, commune, qui relève de symboles collectifs. Smalley nous rejoint sur ce point dans son approche *spectro-morphologique*, qui utilise les échelles de qualité pour réunir la multiplicité des interprétations, échelles qui renvoient plutôt aux aspects symboliques.⁶³⁶ Nous avons repris nombre de ses échelles comme point de départ pour notre investigation.

Dans un contexte spécifique qui considère la musique selon les théories des systèmes dynamiques, David Burrows commente : « Quand de tels systèmes impliquent des récepteurs comme dans le cas de la musique, ces récepteurs forment des hypothèses sur le développement de l'attracteur, plutôt que sur les programmes qui le génèrent »⁶³⁷.

Ainsi, l'*attracteur* de l'œuvre est dévoilé par le déploiement du flux sonore d'instant en instant. Il sera modifié, ajusté, reconsidéré, transformé, peaufiné, par l'effet rétroactif et global de la perception, de la cognition et de la mémoire de l'auditeur pendant et après l'écoute, et s'enrichira à chaque expérience de l'œuvre. Le phénomène musical, comme le dit Marc Chouvel, repose dans « cette mutation de l'instant en durée, du chaos du flux auditif originaire en objet intelligible, de l'impulsion en geste et en figure »⁶³⁸. Emanuela Pietrocini, dans son article « *Music, Emergence and Pedagogical Process* », remarque que :

Le rôle de l'observateur est renforcé par la propriété d'identifier la cohérence dans le réseau de connexions des systèmes ; on pourrait dire que cette caractéristique particulière se développe comme émergence et contribue à définir un niveau supérieur d'abstraction dans lequel il y a une conscience et une perception de l'unité de l'ensemble. L'émergence, en fait, consiste à reconnaître une cohérence dans les processus qui n'étaient pas initialement reconnus en tant que tels par l'observateur-auditeur.⁶³⁹

En effet, le réseau de connexions au sein du système correspond au schème conceptuel d'une organisation musicale qui repose sur des niveaux formels tels qu'ils sont définis par Pape lui-même : micro, méso et macro. Ces niveaux répondent à un modèle d'organisation stratifiée systémique par lequel, on l'a vu, les réseaux locaux se trouvent encapsulés par les

⁶³⁶ SMALLEY Denis, « Can electroacoustic music be analysed? », *DALMONTE, Rossana, BARONI, Mario (Eds.) (1992). Secondo convegno europeo di analisi musicale. Università degli studi di Trento. Trento, Università degli Studi di Trento.*

⁶³⁷ BURROWS, « A Dynamical Systems Perspective on Music », *art. cit.*, 1997, p. 532. "When such systems involve perceivers, as in the case of music, the perceivers work with hypotheses about the development of the attractor, rather than programs for its generation", notre traduction.

⁶³⁸ CHOUVEL, *Analyse musicale, op. cit.*, 2006, p. 14.

⁶³⁹ Dans MINATI Gianfranco, PESSA Eliano et ABRAM Mario R., *Systemics of emergence: research and development, Congresso italiano di sistemica*, New York, Springer, 2006, p. 401, "...the observer's role is enhanced by the property of identifying coherence in the network of connections in systems ; one could say that this very characteristic develops as emergence and contributes towards defining a higher level of abstraction in which there is awareness and perception of the unity of the whole. Emergence, in fact, consists in recognizing coherence in processes that were not initially recognized as such by the observer-listener", notre traduction.

niveaux supérieurs au sein d'une structure globale. Hugues Dufourt relève la pertinence symbolique de l'évolution de la conception structurelle pendant la seconde moitié du XX^e siècle :

L'impératif structurel [...] ne s'explique pas par des propriétés inconditionnées de l'écriture qui imposerait de son propre chef des figures artificiellement cohérentes ; elle révèle seulement l'importance croissante des composantes symboliques de l'épistémè contemporaine qui construit ses objets dans un champ fonctionnel et s'étend comme un réseau de correspondances. Ce que l'on appelait le développement en musique cède le pas au pouvoir de connotation du symbole.⁶⁴⁰

Pape observe qu'une difficulté fondamentale de la composition aujourd'hui est d'éviter la progression d'une « simple succession d'agrégats ou de spectres verticaux ». Il lui semble plus important de trouver des structures et des stratégies à partir desquelles il est possible de « donner une sensation de progression harmonique »⁶⁴¹.

La complexité d'un modèle formel stratifié lui permet d'intervenir sur l'évolution sonore dans le détail, au niveau de la microforme, mais aussi sur le niveau méso dans les transformations de surface et puis, à grande échelle, quand une macroforme ou une texture globale se transforme en une autre. Ainsi, selon Pape, « une sensation de progression peut survenir sur les trois niveaux du temps et de la forme de façon synchrone »⁶⁴².

Pape a déjà remarqué ce phénomène émergent de mouvement harmonique dans l'œuvre de Ligeti. Il s'inspire des modèles de composition rencontrés dans les œuvres des compositeurs pionniers tels que Ligeti, Scelsi, Stockhausen et Xenakis afin de dégager de nouveaux modèles pour la transformation harmonique et pour favoriser l'évolution musicale de « nouvelles formes abstraites et libres », comme l'a souhaité Xenakis.

Ainsi, Pape retourne vers les modèles morphogénétiques « qui peuvent tout d'abord nous aider à conceptualiser ce problème de manque de hiérarchie ou de progression entre les spectres au niveau méso de la forme et du temps lui-même »⁶⁴³. Pour lui, la pertinence de tels modèles réside dans la potentialité qu'ils ont d'établir des mécanismes d'auto-organisation susceptibles de provoquer des formes émergentes, à partir des systèmes complexes éloignés de l'équilibre. Pape résume sa conception de l'émergence ainsi :

Les harmonies-timbres peuvent s'enrichir progressivement dans le temps et développer une hiérarchie entre elles basée sur un modèle de forme émergente auto-organisationnelle de méso temps. Des spectres plus complexes émergeraient dans le

⁶⁴⁰ DUFOURT, *La musique spectrale*, *op. cit.*, 2014, p. 44 à 45.

⁶⁴¹ PAPE, *MusiPoéSci*, *op. cit.*, 2015, p. 126.

⁶⁴² *Ibid.*, p. 131.

⁶⁴³ *Ibid.*, p. 128.

temps en conséquence de la progression, en commençant par des formes musicales de niveau « cellulaire » simple et de leurs harmonies associées, et en évoluant vers des harmonies de niveau « tissu » plus complexe, puis des harmonies de niveau « organe » puis des harmonies de niveau « système » donnant une sensation de progression harmonique.⁶⁴⁴

On peut dire que la conception musicale de Pape rejoint celle des philosophes grecs qui affirment : « Tout arrive par hasard et nécessité ». Notre étude a montré que, de nos jours, la création joue sur le hasard par l'introduction d'éléments aléatoires, ou comme Xenakis le dit, d'événements *exceptionnels*. Ces éléments sont générateurs de variation, de diversité, d'instabilité au sein du système et peuvent introduire des comportements instables et l'amener vers un changement de phase, un hasard, une transition vers le chaos. C'est le contraire de la nécessité, qui pour Jean-Claude Heudin relève de « la tendance naturelle de tout système physique à évoluer vers un état d'équilibre »⁶⁴⁵, c'est-à-dire, la stabilité et le maintien du système. Heudin reprend la réflexion de Prigogine : « comprendre la richesse de la nature, ces deux notions sont indispensables et intimement mêlées : "*hasard et nécessité coopèrent au lieu de s'opposer*" »⁶⁴⁶. C'est ainsi que l'on retrouve dans les modèles de la nature même, la conception harmonique de Pape.

Il nous semble que la beauté saisissante de la musique de Pape s'explique par sa conception héraclitienne d'harmonie et d'équilibre au sens « cosmique ». Dans cette musique on retrouve les rapports et l'équilibre pythagoricien des proportions qui sont appliqués, non pas aux seules fréquences des notes, mais à tous les aspects de l'architecture de l'œuvre, même jusqu'à pénétrer la moelle du son. Nous avons montré que, par un processus de morphogénèse, la forme de l'œuvre *Harmonies of Time and Timbre* évolue à partir d'une seule note et se déploie dans une lutte d'oppositions et de phénomènes ambigus issus de l'interaction complexe des composants. Emanuela Pietrocini remarque :

En musique, on détecte la nécessaire persistance et la coexistence d'éléments contrastants ou apparemment inconciliables dont l'interaction donne naissance à ce que l'on appelle « la beauté » ; cela peut être plus précisément défini en termes de complexité, comme une propriété émergente de la production artistique. [...] La perception, la représentation, l'abstraction, la créativité et la non-linéarité sont parmi les propriétés émergentes du système-musique.⁶⁴⁷

⁶⁴⁴ Ibid.

⁶⁴⁵ Dans DALLET, CHAPOUTHIER et NOËL, *La création, définitions et défis contemporains*, op. cit., 2009, p. 105.

⁶⁴⁶ Ibid. (tiré de Prigogine, *Order out of Chaos*, 1984), italiques de l'auteur.

⁶⁴⁷ MINATI et PESSA, *Emergence in Complex, Cognitive, Social, and Biological Systems*, op. cit., 2002, p. 399, "In music, it is detected the necessary persistence and coexistence of contrasting or apparently irreconcilable elements whose interaction gives rise to what we call 'beauty'; this can be more accurately defined, by way of complexity, as an emergent property of artistic production. [...] Perception, representation,

Serge Martin nous rejoint quand il fait l'analogie entre musique et système complexe : « C'est seulement à l'examen le plus superficiel qu'un langage musical se donne comme un ensemble de règles plus ou moins impératives. [...] il se présente plutôt comme un système aux possibilités multiples et c'est à ce niveau que l'œuvre belle se distingue de l'œuvre simplement cohérente »⁶⁴⁸.

Notre analyse comparative des aspects transcendants et immanents de *Harmonies of Time and Timbre* nous a permis d'identifier les informations qui servent comme « *input* » au système et qui relèvent du processus musical. Ainsi, nous avons pu comprendre les mécanismes de fonctionnement de l'œuvre comme un système d'éléments en interaction complexe et dynamique.

L'émergence des formes, des phénomènes et des relations musicales est identifiée si elle répond à l'ensemble des principes ci-dessous :

- Le contexte de l'organisation et du comportement au sein du système complexe que nous avons identifié par l'organisation structurelle et fonctionnelle de l'œuvre-système.
- Le critère que son effet est la création ou la synthèse d'une nouvelle entité, propriété ou relation. Nous avons pu constater dans l'œuvre de *Harmonies of Time and Timbre* que la forme globale de l'œuvre émerge d'un processus de morphogenèse et que ce processus donne lieu à un certain nombre d'illusions sonores, de phénomènes transmodaux et de relations émergentes.
- Les conditions que cet effet soit irréductible à ses composants et qu'il obéisse au principe d'*efficacité causale* tel qu'il est trouvé dans les boucles de rétroaction, ou *feedback*. La nature irréductible de l'effet musical chez Pape est mise en évidence par les multiples niveaux d'interaction, d'interdépendance et d'interconnectivité que nous avons pu identifier par cette étude. Les effets de rétroaction ont été trouvés autant dans le système conceptuel de la composition (au niveau poïétique) que dans le processus du déploiement dynamique du matériau musical ainsi qu'au moment de sa réception. Ce principe temporel s'avère primordial dans la compréhension du fait d'émergence.

Par conséquent, les effets émergents apparaissent dans l'expérience musicale du fait de son caractère dynamique. Morin nous rappelle que « le grand temps du Devenir est synchrétique ». La globalité de l'approche systémique nous permet d'obtenir une optique plus

abstraction, creativity and non-linearity are, among the emergent properties of the music-system", notre traduction.

⁶⁴⁸ MARTIN Serge, *Le Langage musical : sémiotique des systèmes*, Klincksieck, 1978, p. 43.

synthétique du fait musical par la prise en compte de son caractère dynamique. Ainsi, on comprend que l'harmonie de Pape est un concept qui intègre le temps : « il mêle en lui diversement, dans ses flux, ses enchevêtrements, ces divers temps, avec des îlots temporaires d'immobilisation (cristallisation, stabilisations) des tourbillons et cycles de temps réitératifs. La complexité du temps *réel* est dans ce syncrétisme riche »⁶⁴⁹.

Nous avons mis en lumière la conception musicale de Pape, qui pénètre dans la vie intérieure des sonorités. Beaucoup plus qu'organiser le son, la démarche de composition de Pape relève d'une conception dynamique et transformative du son même. On trouve dans sa musique le son comme élément à la fois structurel et structurant. Pape « compose » le son dans ses infimes détails de micro-comportements à partir desquels émergent ses mésoformes et ses macroformes dynamiques et évolutives : les « architectures sonores mobiles ».

Cependant, l'harmonie de Pape s'exprime autant par les relations entre les composants sonores que, comme nous avons pu le remarquer, par les relations qu'il tisse entre le son, le corps, l'espace et le mouvement. Non seulement ces éléments sont interdépendants, mais ils sont indissociables, les uns des autres. Leurs relations relèvent d'un désir chez Pape de faire de l'œuvre musicale une expérience totalisante, dans le sens où Artaud parle d'un « théâtre de la cruauté ». Comme le dit si bien Leopoldo Siano en faisant référence à *Harmonies of Time and Timbre*, dans son introduction de l'ouvrage du compositeur, *MusiPoéSci* : « La séparation entre le corps qui est la scène et le corps qui est le public est abolie. [...] Pape souhaite s'assurer que l'auditeur ressente dans *son* corps le corps de la grande bête léviathanique qu'*est* le son »⁶⁵⁰.

Les effets transmodaux que nous avons relevés dans notre étude se présentent comme un ensemble d'effets qui ne peuvent pas être divisés : ils forment une totalité perceptive et émergente. Le jeu constant d'interactions pulsatoires et de variations d'intensités et de timbre nous invite à projeter un schème de contact qui est cohérent avec l'évolution sonore, ainsi ressentie comme sensation corporelle. Comme le dit Francesco Spampinato dans son étude sur les métaphores du geste dans l'écoute musicale chez Debussy : « De cette impression gestuelle découlent des images fortes qui fonctionnent comme des *attracteurs* d'indices corporels : le glissement sur une surface ou la poussée appliquée au siège d'une balançoire, [...] ou la poussée intense [...] de la vague (qui déploie son énergie après son impact, en nous traversant et en nous traînant) »⁶⁵¹. Nous avons relevé des métaphores semblables à partir de l'écoute de *Harmonies of Time and Timbre*.

⁶⁴⁹ MORIN, *La Nature de la nature*, op. cit., 1977, p. 87.

⁶⁵⁰ L. Siano dans PAPE, *MusiPoéSci*, op. cit., 2015, p. 25.

⁶⁵¹ SPAMPINATO, *Les incarnations du son*, op. cit., 2015, p. 115.

De plus, les effets d'ordre haptique qui apparaissent grâce à ces schèmes de contact évoquent également des sensations de geste instrumental. Celles-ci provoquent une forte conscience de la nature tactile du contact instrumental. La reproduction électroacoustique du son amplifié a changé de façon étonnante le rapport de l'auditeur au son. Dissociée en partie du geste de l'interprète, cette musique se libère d'une production qui est à la base « tributaire du corps humain ». ⁶⁵² En même temps, la présence du soliste crée un conflit permanent qui rend ambiguës les limites entre la chair et le son. Ainsi, le son dépasse les contraintes corporelles et se matérialise dans les dimensions suprahumaines. L'œuvre de Pape nous en porte témoignage.

En 1928, Robert Beyer a remarqué qu'il « existe non seulement la possibilité d'incarner le son, mais la nécessité urgente de le penser » ⁶⁵³. La révolution électronique nous a mis dans l'obligation de reconsidérer radicalement notre relation avec le monde sonore. Grâce aux techniques de spatialisation sonore, les haut-parleurs multiples peuvent générer des architectures sonores qui remplissent des espaces comme les décors de scène et qui peuvent se transformer perpétuellement. Le son donne du corps à l'espace, un espace à la fois virtuel et audible, superposé, multidimensionnel, scénique et illusoire. Beyer l'avait prédit en disant : « les formes que revêt ce monde technique sont encore, pour l'essentiel, quand elles traversent le domaine particulier de la musique, des mécanismes de reproduction, de caricature et de destruction — mais elles seront demain *le corps resplendissant d'un son d'une infinité spatiale*, la base de sa réalité, l'ouverture vers un nouveau royaume sonore. » ⁶⁵⁴

C'est ici dans ce royaume que l'on trouve l'œuvre musicale de Pape. Par l'interaction des changements de flux d'énergie et des décalages temporels de sa musique, il provoque des puissantes impulsions du mouvement dans le corps et dans l'espace. Dans cette force, on trouve le feu. Le feu froid et rationnel de l'harmonie de Pythagore, le feu d'une harmonie héraclitien, qui transforme les choses en leur contraire par une lutte des éléments opposés, ainsi que le feu puissant de Dionysos, qui, comme le dit Xenakis, est le pouvoir de la musique. Ce pouvoir « est tel qu'il vous transporte d'un état à l'autre. Comme l'alcool. Comme l'amour. Si je voulais apprendre comment composer la musique, c'était peut-être afin d'acquérir ce pouvoir. Le pouvoir de Dionysus » ⁶⁵⁵.

⁶⁵² BEYER, « Das problem der "Kommenden Musik" », Die musik, Berlin, 1928, traduit sous le titre « le problème de la "musique à venir" », *art. cit.*, 1996, p. 4.

⁶⁵³ Ibid.

⁶⁵⁴ Ibid., p. 3.

⁶⁵⁵ XENAKIS Iannis, BROWN Roberta et RAHN John, « Xenakis on Xenakis », *Perspectives of New Music vol.25 n°1-2*, 1987, p. 18, "The power of music is such that it transports you from one state to another. Like alcohol. Like love. If I wanted to learn how to compose music, maybe it was to acquire this power. The power of Dionysus", notre traduction.

Ce pouvoir est porté par l'énergie musicale chez Pape, de forces nées d'oppositions inhérentes au système de fonctionnement de l'œuvre. Pour reprendre la parole de l'écrivain Jacques-Henri Bernardin de Saint-Pierre : « L'esprit de l'homme accroît ses forces à proportion des forces que lui oppose la nature »⁶⁵⁶. On retrouve cette expérience de la musique chez Pape. Nous avons constaté une puissante cumulation de forces qui apparaissent comme une sorte d'énergie qui agit à travers l'espace et le corps. C'est bien cette force qui fait de Pape un artiste singulier. L'énergie de sa musique transcende l'espace et le temps et résonne dans le corps et dans la mémoire longtemps après la conclusion de l'œuvre.

Par cette énergie, mouvement et son s'harmonisent dans le corps de l'auditeur et dans la structuration de ses repères spatiaux-temporels. Dans sa thèse sur ce sujet, le psychomotricien Thomas Collignan confirme : « Son et mouvement donnent alors la possibilité d'inscrire la personne dans une réalité »⁶⁵⁷. Xenakis a déjà fait, en 1974, la même observation : « L'effet que la musique produit dépasse souvent nos méthodes rationnelles d'investigation. Des mouvements sont créés en vous, vous pouvez en être conscient ou non, les contrôler ou non, ils sont là en vous. C'est ainsi que la musique a une influence très profonde, chez l'homme »⁶⁵⁸.

C'est pour cette raison que la métaphore s'est révélée comme un outil extrêmement puissant pour la description des aspects transmodaux de *Harmonies of Time and Timbre*. Collignan ajoute que « le rythme signe dans le corps, le point de convergence du temps et de l'espace. » La musique de Pape, par l'interaction complexe de ses rythmes et de ses repères temporels, bouleverse une conception ordinaire du temps. A la réalité d'un temps chronométrique, nous ajouterons l'aspect de l'imaginaire qui selon le compositeur François-Bernard Mâche « permet de perdre la notion de temps et de déboucher sur l'intemporel ou sur l'éternel »⁶⁵⁹.

La musique de Pape s'insère dans un contexte contemporain qui s'approche finalement plus de l'esthétique de la musique acousmatique que de celle de la musique spectrale, un contexte parfaitement décrit par Jean-Claude Risset :

Les machines électriques, électroniques, et l'ordinateur, habilité par Max Matthews à traiter les sons, nous ouvrent des possibilités sans précédent – John Chowning et moi-

⁶⁵⁶ *Harmonies de la nature* (1815).

⁶⁵⁷ COLLIGNAN Thomas, *Le son : un aller-retour pour le corps.*, thèse, Université Bordeaux Segalen : Institut de Formation en Psychomotricité, 2011, p. 38.

⁶⁵⁸ Iannis Xenakis dans LYON. RAYMOND, « Propos impromptu », *Courrier Musical de France* n°48, 1974, p. 133.

⁶⁵⁹ SERROU Bruno et MACHE François-Bernard, *François-Bernard Mâche: de la musique, des langues et des oiseaux entretien*, 1 vol., Paris] [Bry-sur-Marne, M. de Maule Institut national de l'audiovisuel, 2007 (Collection Paroles de musicien), p. 272.

même en avons tiré parti dans nos recherches et nos musiques : ne pas se contenter de composer avec des sons préexistants, mais composer le son lui-même, le sculpter, l'étirer, le colorer, le façonner, le métamorphoser à l'envi ; créer des sons « paradoxaux », des illusions auditives, « erreur des sens, vérité de la perception », comme l'a dit le physiologiste Purkinje ; jouer sur la corde sensible des mécanismes auditifs pour créer des sons pouvant se rapprocher des sons familiers, mais aussi en diverger en échappant aux contraintes mécaniques, pour faire surgir des environnements sonores virtuels, pour évoquer par le son un univers imaginaire, immatériel.⁶⁶⁰

François-Bernard Mâche a observé que « le XX^e siècle musical cherche laborieusement à redéfinir un contact entre les universaux mythiques toujours vivants, le mode des sons nouveaux créés par l'homme, et les sons immémoriaux de la nature »⁶⁶¹. Il nous semble que, par la transversalité de l'approche de composition de Gérard Pape, ce contact est établi. La synergie des relations rencontrées dans la musique de Gérard Pape fait apparaître des effets émergents qui se distinguent des composants de base non seulement par leur différence quantitative, mais par leurs qualités qui renvoient aux forces de la nature autant dans leur violence que dans leur beauté.

Nous espérons que ce modèle méthodologique élaboré pour l'investigation des effets émergents, serve comme point de départ pour de futures recherches. L'étude a révélé que l'approche analytique et les modèles d'investigation de la systémique ne sont pas seulement compatibles – ils sont complémentaires. Par cette approche, nous avons pu décrire les effets qui ne peuvent pas être attribués directement à leurs causes, et les distinguer des effets simplement résultants.

Nous avons trouvé, qu'en réalité, l'ambiguïté qui existe entre certaines partitions musicales et la véritable rencontre de ces œuvres à la réception relève plutôt d'une anomalie d'ordre kuhmien que d'un gouffre béant d'ordre perceptif. La musique de Gérard Pape est parfaitement représentative de cette anomalie.

Compte tenu des limites de cette étude, la méthodologie développée dans ce travail peut s'avérer un instrument utile pour la recherche future des musiques complexes. Nous aimerions avoir l'occasion d'appliquer cette approche à un morceau pour voix ou pour instrument seul afin de voir à quel point les mécanismes d'émergence fonctionnent dans une seule ligne musicale qui n'entretient pas de relation avec d'autres instruments. L'œuvre pour contrebasse soliste, écrit par Pape en 2004, *3 Quantic Etudes*, offre certainement un terrain fertile pour un tel projet. Il sera également très intéressant de tenter une investigation des

⁶⁶⁰ Jean-Claude Risset dans l'introduction de AURIOL, *La clef des sons*, op. cit., 1994.

⁶⁶¹ MACHE François-Bernard, *Musique, mythe, nature ou les Dauphins d'Arion*, Paris, Klincksieck, 1983 (Collection d'esthétique 40), p. 136.

motets de la Renaissance qui atteignent parfois un niveau de complexité contrapuntique équivalent à la complexité que l'on trouve chez Pape. On pense en particulier au motet *Spem in alium* de Thomas Tallis qui intègre quarante voix indépendantes.

Il nous semble également qu'il importe de réfléchir avec plus de profondeur à la question du comportement énergétique. La systémique nous offre encore des possibilités pour un dépistage quantitatif des transitions énergétiques opérant non seulement localement à l'intérieur de l'événement sonore mais au niveau global de l'œuvre musicale.

Tout compte fait, comme Morin le dit, « L'émergence est trop liée à la globalité, et celle-ci trop liée à l'organisation pour qu'elle puisse être superficialisée »⁶⁶². Le défi contemporain pour le compositeur de musique dite « savante » n'est plus simplement d'organiser le son. Il devient l'architecte des réseaux de relations et d'interactions complexes au sein du son même. Pour la création d'« œuvres-systèmes » ayant un potentiel musical non linéaire, le musicien doit dorénavant s'approprier de nouvelles techniques, différentes des techniques conventionnelles qui ne produisent que des résultats linéaires et déterministes.

Peter Beyls commente que ces éléments d'opposition semblent être « au cœur de la créativité et se trouve au centre de la musique de notre époque »⁶⁶³. Il est donc possible de regarder l'émergence de formes, de phénomènes ou de relations au sein d'un système musical complexe et dynamique comme générative d'une nouvelle sorte de communication sonore. Les écosystèmes audibles d'Agostino Di Scipio élargissent cette perspective encore en faisant de l'interaction l'objet de la composition. Son approche relève de la notion de « forme sonore à caractère cybernétique, ou *systémique* : la musique constitue la structure de second ordre ou l'épiphénomène qui émerge d'un réseau de relations structurelles cachées »⁶⁶⁴.

Finalement, l'ère technologique nous donnera comme héritage l'opposition entre déterminisme et indéterminisme, ordre et désordre, hasard et nécessité, variation et stabilité. Dans le cadre de cet héritage Gérard Pape prend une place très particulière. L'originalité de sa conception harmonique lui a permis de réunir les forces qui s'opposent dans son œuvre. Il a réussi, à partir d'une seule note fondamentale, à créer une turbulence métaphysique et entre ordre et chaos, une ultime harmonie.

⁶⁶² MORIN, *La Nature de la nature, op. cit.*, 1977, p. 109.

⁶⁶³ BEYLS Peter, « Chaos and Creativity: The Dynamic Systems Approach to Musical Composition », *Leonardo Music Journal* 1 (1), 1991, p. 32. « at the heart of creativity and happen to be central to the music of our time ».

⁶⁶⁴ Di Scipio 1999b, cité par Makis Solomos « Notes sur la notion d'"émergence" et sur Agostino Di Scipio » p. 83-100, dans SOULEZ et VAGGIONE, *Manières de faire des sons, op. cit.*, 2011, p. 90.

Annexes

Harmonies of Time and Timbre : La partition⁶⁶⁵

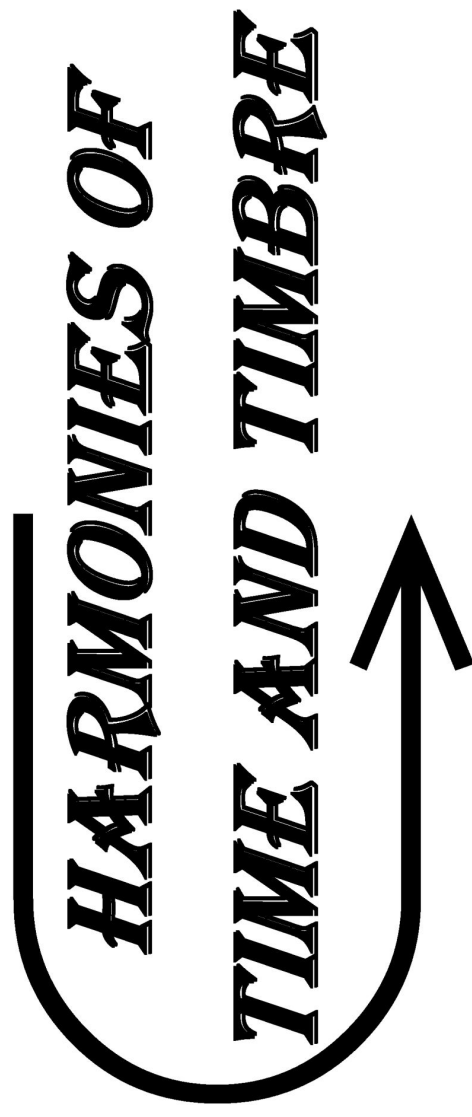
⁶⁶⁵ Reproduite ici avec la permission de l'auteur.



GERARD PAPE



**HARMONIES OF
TIME AND TIMBRE**



for solo flute and 8 strings

2010 - 2012



HARMONIES OF TIME AND TIMBRE I

Gerard Pape (2010)

Score in C

(For solo flute and 8 strings)

Flute
 20" \$=20,5" 36 pulsations: 8,8" (J=249) nr=1,2osc./s+1/21 (J=135) ord. sat. pure
 16" 39,3" 36 pulsations: 14,7" (J=149) nr=2,2osc./s+1/21 (J=183) ord. sat. pure
 12" 29,3" 36 pulsations: 10" (J=219) nr=1,2osc./s+1/21 (J=195) ord. sat. pure
 8" 20,5" 36 pulsations: 8,8" (J=249) nr=1,2osc./s+1/21 (J=135) ord. sat. pure
 4" 20" 36 pulsations: 10" (J=219) nr=1,2osc./s+1/21 (J=195) ord. sat. pure

Violin 1
 20" \$=57,2" 36 pulsations: 10" (J=219) nr=1,2osc./s+1/21 (J=195) ord. sat. pure
 16" 56" 36 pulsations: 10" (J=219) nr=1,2osc./s+1/21 (J=195) ord. sat. pure
 12" 54" 36 pulsations: 12" (J=182,5) nr=1,2osc./s+1/21 (J=165) ord. sat. pure
 8" 51,3" 36 pulsations: 14,7" (J=149) nr=2,2osc./s+1/21 (J=183) ord. sat. pure
 4" 47,1" 36 pulsations: 18,9" (J=116) nr=1,2osc./s+1/21 (J=105) ord. sat. pure

Violin 2
 20" \$=56" 36 pulsations: 10" (J=219) nr=1,2osc./s+1/21 (J=195) ord. sat. pure
 16" 56" 36 pulsations: 10" (J=219) nr=1,2osc./s+1/21 (J=195) ord. sat. pure
 12" 54" 36 pulsations: 12" (J=182,5) nr=1,2osc./s+1/21 (J=165) ord. sat. pure
 8" 51,3" 36 pulsations: 14,7" (J=149) nr=2,2osc./s+1/21 (J=183) ord. sat. pure
 4" 47,1" 36 pulsations: 18,9" (J=116) nr=1,2osc./s+1/21 (J=105) ord. sat. pure

Violin 3
 20" \$=54" 36 pulsations: 12" (J=182,5) nr=1,2osc./s+1/21 (J=165) ord. sat. pure
 16" 54" 36 pulsations: 12" (J=182,5) nr=1,2osc./s+1/21 (J=165) ord. sat. pure
 12" 51,3" 36 pulsations: 14,7" (J=149) nr=2,2osc./s+1/21 (J=183) ord. sat. pure
 8" 47,1" 36 pulsations: 18,9" (J=116) nr=1,2osc./s+1/21 (J=105) ord. sat. pure
 4" 39,6" 36 pulsations: 26,4" (J=83) nr=5/2 fund.=163,5Hz nr=1,2osc./s+1/21 (J=73) ord. sat. pure

Violin 4
 20" \$=51,3" 36 pulsations: 14,7" (J=149) nr=2,2osc./s+1/21 (J=183) ord. sat. pure
 16" 51,3" 36 pulsations: 14,7" (J=149) nr=2,2osc./s+1/21 (J=183) ord. sat. pure
 12" 47,1" 36 pulsations: 18,9" (J=116) nr=1,2osc./s+1/21 (J=105) ord. sat. pure
 8" 39,6" 36 pulsations: 26,4" (J=83) nr=5/2 fund.=163,5Hz nr=1,2osc./s+1/21 (J=73) ord. sat. pure
 4" 22" 36 pulsations: 44" (J=50) nr=3/2 fund.=96,1Hz nr=1,2osc./s+1/21 (J=45) ord. sat. pure

Cello 1
 20" \$=47,1" 36 pulsations: 18,9" (J=116) nr=1,2osc./s+1/21 (J=105) ord. sat. pure
 16" 47,1" 36 pulsations: 18,9" (J=116) nr=1,2osc./s+1/21 (J=105) ord. sat. pure
 12" 39,6" 36 pulsations: 26,4" (J=83) nr=5/2 fund.=163,5Hz nr=1,2osc./s+1/21 (J=73) ord. sat. pure
 8" 22" 36 pulsations: 44" (J=50) nr=3/2 fund.=96,1Hz nr=1,2osc./s+1/21 (J=45) ord. sat. pure
 4" 66" 36 pulsations: 66" (J=33) fundamental=65,4Hz score: *ritard.* molto tasto

Cello 2
 20" \$=39,6" 36 pulsations: 26,4" (J=83) nr=5/2 fund.=163,5Hz nr=1,2osc./s+1/21 (J=73) ord. sat. pure
 16" 39,6" 36 pulsations: 26,4" (J=83) nr=5/2 fund.=163,5Hz nr=1,2osc./s+1/21 (J=73) ord. sat. pure
 12" 22" 36 pulsations: 44" (J=50) nr=3/2 fund.=96,1Hz nr=1,2osc./s+1/21 (J=45) ord. sat. pure
 8" 66" 36 pulsations: 66" (J=33) fundamental=65,4Hz score: *ritard.* molto tasto

Cello 3
 20" \$=22" 36 pulsations: 44" (J=50) nr=3/2 fund.=96,1Hz nr=1,2osc./s+1/21 (J=45) ord. sat. pure
 16" 22" 36 pulsations: 44" (J=50) nr=3/2 fund.=96,1Hz nr=1,2osc./s+1/21 (J=45) ord. sat. pure
 12" 66" 36 pulsations: 66" (J=33) fundamental=65,4Hz score: *ritard.* molto tasto

Cello 4
 20" \$=66" 36 pulsations: 66" (J=33) fundamental=65,4Hz score: *ritard.* molto tasto
 16" 66" 36 pulsations: 66" (J=33) fundamental=65,4Hz score: *ritard.* molto tasto
 12" 66" 36 pulsations: 66" (J=33) fundamental=65,4Hz score: *ritard.* molto tasto
 8" 66" 36 pulsations: 66" (J=33) fundamental=65,4Hz score: *ritard.* molto tasto
 4" 66" 36 pulsations: 66" (J=33) fundamental=65,4Hz score: *ritard.* molto tasto

IA (ratio 3 : 2)

Relation durée/vitesse = 2

PHASE I

Flute
 17 $1'06''$ $S=5,9''$ 32 pulsations: $7,5''$ ($\Delta=264$) $1'19,4''$ 32 pulsations: $18,9''$ ($\Delta=105$) $1'38,3''$ 32 pulsations: $16,5''$ ($\Delta=120$) $1'54,8''$ 32 pulsations: $7,8''$ ($\Delta=170$) $2'02,6''$ 32 pulsations: $8,5''$ ($\Delta=233$)

Vln. 1
 17 $1'06''$ $P10=133$ fund = $377,87$ Hz $1'26,3''$ 32 pulsations: $20,3''$ ($\Delta=95$)

Vln. 2
 17 $1'06''$ $P8=113$ fund = $319,73$ Hz $1'30''$ 32 pulsations: $24''$ ($\Delta=81$)

Vln. 3
 17 $1'06''$ $P7=103$ fund = $290,67$ Hz $1'32,4''$ 32 pulsations: $26,4''$ ($\Delta=73$)

Vln. 4
 17 $1'06''$ $P5=83$ fund = $235,53$ Hz $1'39''$ 32 pulsations: $33''$ ($\Delta=59$)

Vcl. 1
 17 $1'06''$ $P4=73$ fund = $203,47$ Hz $1'43,7''$ 32 pulsations: $37,7''$ ($\Delta=51$)

Vcl. 2
 17 $1'06''$ $P2=53$ fund = $145,33$ Hz $1'58,8''$ 32 pulsations: $52,8''$ ($\Delta=37$)

Vcl. 3
 17 $1'06''$ $P1=43$ fund = $116,27$ Hz $2'04''$ 32 pulsations: $66''$ ($\Delta=29$)

Vcl. 4
 17 $1'06''$ $87,2$ Hz $2'04''$ 32 pulsations: $88''$ ($\Delta=22$)

IB (ratio 4 : 3)

Relation durée/vitesse = 4 (doublement de période)

Flute: 32 pulsations: 9" (J=220) $vbr = 2,42 osc./s + 1/21$ (J=145)
 2'25" $vbr = 1,56 osc./s + 1/21$ (J=95)
 2'11,1" $vbr = 1,56 osc./s + 1/21$ (J=95)
 2'39,32" $vbr = 2,75 osc./s + 1/21$ (J=142,5)
 2'51,54" $vbr = 1,56 osc./s + 1/21$ (J=93,75)
 50 pulsations: 1189" (J=259)
 2'50,9" $vbr = 1,56 osc./s + 1/21$ (J=93,75)
 50 pulsations: 17,6" (J=170,45)

Vln. 1: 32 pulsations: 1189" (J=252,3) $vbr = 2,31 osc./s + 1/21$ (J=138,75) $vbr = 1,56 osc./s + 1/21$ (J=90)
 2'39,32" $vbr = 2,31 osc./s + 1/21$ (J=138,75)
 2'51,54" $vbr = 1,56 osc./s + 1/21$ (J=90)
 50 pulsations: 1189" (J=252,3)
 2'51,54" $vbr = 1,56 osc./s + 1/21$ (J=90)
 50 pulsations: 18,33" (J=163,66)

Vln. 2: 32 pulsations: 1189" (J=252,3) $vbr = 2,31 osc./s + 1/21$ (J=138,75) $vbr = 1,56 osc./s + 1/21$ (J=90)
 2'39,32" $vbr = 2,31 osc./s + 1/21$ (J=138,75)
 2'51,54" $vbr = 1,56 osc./s + 1/21$ (J=90)
 50 pulsations: 1189" (J=252,3)
 2'51,54" $vbr = 1,56 osc./s + 1/21$ (J=90)
 50 pulsations: 18,33" (J=163,66)

Vln. 3: 32 pulsations: 1222" (J=245,5) $vbr = 2,25 osc./s + 1/21$ (J=135)
 2'39,32" $vbr = 2,25 osc./s + 1/21$ (J=135)
 2'51,54" $vbr = 1,44 osc./s + 1/21$ (J=86,25)
 50 pulsations: 1222" (J=245,5)
 2'51,54" $vbr = 1,44 osc./s + 1/21$ (J=86,25)
 50 pulsations: 19,13" (J=156,8)

Vln. 4: 32 pulsations: 1222" (J=245,5) $vbr = 2,25 osc./s + 1/21$ (J=135)
 2'39,32" $vbr = 2,25 osc./s + 1/21$ (J=135)
 2'51,54" $vbr = 1,44 osc./s + 1/21$ (J=86,25)
 50 pulsations: 1222" (J=245,5)
 2'51,54" $vbr = 1,44 osc./s + 1/21$ (J=86,25)
 50 pulsations: 19,13" (J=156,8)

Vc. 1: $vbr = 2,25 osc./s + 1/21$ (J=135)
 2'39,32" $vbr = 2,25 osc./s + 1/21$ (J=135)
 2'51,54" $vbr = 1,44 osc./s + 1/21$ (J=86,25)
 50 pulsations: 1222" (J=245,5)
 2'51,54" $vbr = 1,44 osc./s + 1/21$ (J=86,25)
 50 pulsations: 19,13" (J=156,8)

Vc. 2: $vbr = 2,25 osc./s + 1/21$ (J=135)
 2'39,32" $vbr = 2,25 osc./s + 1/21$ (J=135)
 2'51,54" $vbr = 1,44 osc./s + 1/21$ (J=86,25)
 50 pulsations: 1222" (J=245,5)
 2'51,54" $vbr = 1,44 osc./s + 1/21$ (J=86,25)
 50 pulsations: 19,13" (J=156,8)

Vc. 3: 50 pulsations: 109" (J=27,3) $vbr = 2,25 osc./s + 1/21$ (J=135)
 2'34" $vbr = 2,25 osc./s + 1/21$ (J=135)
 50 pulsations: 109" (J=27,3)
 2'56" $vbr = 2,25 osc./s + 1/21$ (J=135)
 50 pulsations: 88" (J=34) $vbr = 2,25 osc./s + 1/21$ (J=135)
 P1=5/4 fund.=136,25Hz. $vbr = 2,25 osc./s + 1/21$ (J=135)
 molto baso

Vc. 4: $vbr = 2,25 osc./s + 1/21$ (J=135)
 2'34" $vbr = 2,25 osc./s + 1/21$ (J=135)
 50 pulsations: 109" (J=27,3)
 molto baso

IC (ratio 5 : 4)

Relation durée/vitesse = 4

47 Flute

47 Vln. 1

Vln. 2

Vln. 3

Vln. 4

Vc. 1

Vc. 2

Vc. 3

Vc. 4

50 pulsations: 36.67" (♩ = 81.18)
 nbr. = 0.25 osc./s + 1/21 (♩ = 45)
 puro

50 pulsations: 40" (♩ = 75)
 P7 = 11/4 fund. = 289.75 Hz.
 molto basso
 nbr. = 0.69 osc./s + 1/21 (♩ = 41.25)

50 pulsations: 40" (♩ = 75)
 P4 = 1/4 fund. = 289.75 Hz.
 molto basso
 nbr. = 0.69 osc./s + 1/21 (♩ = 41.25)

50 pulsations: 44" (♩ = 68.2)
 P6 = 10/4 fund. = 272.5 Hz.
 molto basso
 nbr. = 0.65 osc./s + 1/21 (♩ = 37.5)

50 pulsations: 44" (♩ = 68.2)
 P0.04 fund. = 272.5 Hz.
 molto basso
 nbr. = 0.65 osc./s + 1/21 (♩ = 37.5)

50 pulsations: 49.8" (♩ = 61.3)
 P5 = 9/4 fund. = 245.25 Hz.
 molto basso
 nbr. = 0.5625 osc./s + 1/21 (♩ = 33.75)

50 pulsations: 25.88" (♩ = 115.9)
 nbr. = 0.6 osc./s + 1/21 (♩ = 65.75)
 sat.

50 pulsations: 27.54" (♩ = 108.9)
 P1.2 = 16/4 fund. = 436 Hz.
 molto ponticello
 nbr. = 1 osc./s + 1/21 (♩ = 60)

50 pulsations: 27.54" (♩ = 108.9)
 P4 = 1/4 fund. = 436 Hz.
 molto ponticello
 nbr. = 1 osc./s + 1/21 (♩ = 60)

50 pulsations: 29.33" (♩ = 102.3)
 P1.1 = 15/4 fund. = 408.75 Hz.
 molto ponticello
 nbr. = 0.94 osc./s + 1/21 (♩ = 56.25)

50 pulsations: 29.33" (♩ = 102.3)
 P1.1 = 15/4 fund. = 408.75 Hz.
 molto ponticello
 nbr. = 0.94 osc./s + 1/21 (♩ = 56.25)

50 pulsations: 73.33" (♩ = 41)
 P2 = 6/4 fund. = 163.5 Hz.
 molto basso
 nbr. = 0.375 osc./s + 1/21 (♩ = 22.5)

62 Flute

4'16,67'' sat ID fff 36 pulsations:30'' ($\text{J}=72$)
 $\text{vibr.} = 1,68\text{osc.}/\text{s} \cdot 1/1/21$ ($\text{J}=66$)

62 Vln. 1

4'20'' $\text{S}=19,7''$ ID fff 36 pulsations:31,43'' ($\text{J}=68,72$)
 $\text{P16}=2115$ fund.=549,36Hz.
 $\text{vibr.} = 1,06\text{osc.}/\text{s} \cdot 1/1/21$ ($\text{J}=63$)

Vln. 2

4'20'' $\text{S}=18,3''$ ID fff 36 pulsations:33'' ($\text{J}=65,45$)
 $\text{P15}=2015$ fund.=523,2Hz.
 $\text{vibr.} = 1,06\text{osc.}/\text{s} \cdot 1/1/21$ ($\text{J}=60$)

Vln. 3

4'24'' $\text{S}=12,56''$ ID fff 36 pulsations:34,76'' ($\text{J}=62,18$)
 $\text{P14}=1945$ fund.=497,04Hz.
 $\text{vibr.} = 0,95\text{osc.}/\text{s} \cdot 1/1/21$ ($\text{J}=57$)

Vln. 4

4'24'' $\text{S}=10,46''$ ID fff 36 pulsations:36,67'' ($\text{J}=58,9$)
 $\text{P13}=1845$ fund.=470,88Hz.
 $\text{vibr.} = 0,95\text{osc.}/\text{s} \cdot 1/1/21$ ($\text{J}=54$)

Vc. 1

4'24'' $\text{S}=8,31''$ ID fff 36 pulsations:38,87'' ($\text{J}=55,64$)
 $\text{P12}=1715$ fund.=444,7Hz.
 $\text{vibr.} = 0,86\text{osc.}/\text{s} \cdot 1/1/21$ ($\text{J}=51$)

Vc. 2

4'24'' $\text{S}=6,36''$ ID fff 36 pulsations:60'' ($\text{J}=36$)
 $\text{P6}=1115$ fund.=287,76Hz.
 $\text{vibr.} = 0,55\text{osc.}/\text{s} \cdot 1/1/21$ ($\text{J}=33$)

Vc. 3

4'24'' $\text{S}=4,36''$ ID fff 36 pulsations:110'' ($\text{J}=19,64$)
 $\text{P1}=615$ fund.=156,96Hz.
 $\text{vibr.} = 0,36\text{osc.}/\text{s} \cdot 1/1/21$ ($\text{J}=18$)

Vc. 4

4'24'' $\text{S}=2,36''$ ID fff 36 pulsations:182'' ($\text{J}=6,36$)
 $\text{fund.}=130,8$ Hz.
 $\text{vibr.} = 0,24\text{osc.}/\text{s}$

ID (ratio 6 : 5)

Relation durée/vitesse = 8 (doublement de période)

Flute

- 18'48,24" \rightarrow sat **IIA** fff sub pppp
- 19'04,24" \rightarrow sat **IIB** fff
- 19'22,51" \rightarrow pure **IIC** pppp
- 19'42,78" \rightarrow sat **IID** fff

49 pulsations:16" ($\Delta=183,92$)
 $P10=1111$ fund.=1468,83Hz.
 $\text{mbr.}=-2,9$ osc./s/1/1/21 ($\Delta=165$)

49 pulsations:19,27" ($\Delta=161,04$)
 $P10=1111$ fund.=1265,12Hz.
 $\text{mbr.}=-2,11$ osc./s/1/1/21 ($\Delta=144,5$)

52 pulsations:20,27" ($\Delta=153,56$)
 $P10=1111$ fund.=1199,28Hz.
 $\text{mbr.}=-2,17$ osc./s/1/1/21 ($\Delta=130,24$)

52 pulsations:22,27" ($\Delta=139,81$)
 $P10=1111$ fund.=1065,25Hz.
 $\text{mbr.}=-1,88$ osc./s/1/1/21 ($\Delta=118,54$)

49 pulsations:20,1" ($\Delta=146,4$)
 $P9=1011$ fund.=1169,2Hz.
 $\text{mbr.}=-2,19$ osc./s/1/1/21 ($\Delta=131,34$)

49 pulsations:22,33" ($\Delta=131,76$)
 $P8=911$ fund.=1052,28Hz.
 $\text{mbr.}=-1,97$ osc./s/1/1/21 ($\Delta=118,25$)

49 pulsations:25,11" ($\Delta=117,12$)
 $P7=811$ fund.=935,36Hz.
 $\text{mbr.}=-1,4$ osc./s/1/1/21 ($\Delta=104,55$)

49 pulsations:28,71" ($\Delta=102,48$)
 $P6=711$ fund.=818,44Hz.
 $\text{mbr.}=-1,53$ osc./s/1/1/21 ($\Delta=91,94$)

52 pulsations:40" ($\Delta=63,55$)
 $P4=511$ fund.=479,69Hz.
 $\text{mbr.}=-0,88$ osc./s/1/1/21 ($\Delta=53,87$)

52 pulsations:44,5" ($\Delta=69,96$)
 $P5=611$ fund.=528,19Hz.
 $\text{mbr.}=-0,89$ osc./s/1/1/21 ($\Delta=59,32$)

Violins I-IV

- 19'04,53" \rightarrow molto basso pppp
- 19'04,53" \rightarrow molto basso pppp
- 19'04,53" \rightarrow molto basso pppp
- 19'04,53" \rightarrow molto basso pppp
- 19'04,53" \rightarrow molto basso pppp

Violas I-IV

- 19'11,18" \rightarrow molto basso pppp **IIE**
- 19'27,4" \rightarrow molto particolare fff **IID**

311

312

Flute

Vln. 1

Vln. 2

Vln. 3

Vln. 4

Vc. 1

Vc. 2

Vc. 3

Vc. 4

52 pulsations: 20.27" (J=153.56)
P10=11/1 fund=1169.29Hz
vibr.=1.2 osc./s. / 1/2 T (J=130.24)

52 pulsations: 22.27" (J=139.6)
P8=9/1 fund=946.51Hz (J=125.64)
P7=8/1 fund=843.12Hz (J=106.86)

52 pulsations: 24.78" (J=125.64)
P8=9/1 fund=946.51Hz (J=125.64)
vibr.=1.2 osc./s. / 1/2 T (J=106.86)

52 pulsations: 27.88" (J=111.68)
P7=8/1 fund=843.12Hz (J=94.69)

52 pulsations: 31.86" (J=97.72)
P6=7/1 fund=737.73Hz (J=82.85)

52 pulsations: 35.97" (J=83.6)
P4=5/1 fund=667.65Hz (J=75)

52 pulsations: 37.17" (J=83.76)
P6=6/1 fund=632.34Hz (J=71.02)

52 pulsations: 40.82" (J=76.36)
P5=5/1 fund=590.58Hz (J=64.65)

49 pulsations: 18.27" (J=161.04)
P10=11/1 fund=1286.12Hz
vibr.=2.1 osc./s. / 1/2 T (J=144.5)

49 pulsations: 20.27" (J=153.56)
P10=11/1 fund=1169.29Hz
vibr.=2.1 osc./s. / 1/2 T (J=130.24)

49 pulsations: 22.27" (J=139.6)
P8=9/1 fund=946.51Hz (J=125.64)
vibr.=1.2 osc./s. / 1/2 T (J=106.86)

49 pulsations: 24.78" (J=125.64)
P8=9/1 fund=946.51Hz (J=125.64)
vibr.=1.2 osc./s. / 1/2 T (J=106.86)

49 pulsations: 27.88" (J=111.68)
P7=8/1 fund=843.12Hz (J=94.69)

49 pulsations: 31.86" (J=97.72)
P6=7/1 fund=737.73Hz (J=82.85)

49 pulsations: 35.97" (J=83.6)
P4=5/1 fund=667.65Hz (J=75)

49 pulsations: 37.17" (J=83.76)
P6=6/1 fund=632.34Hz (J=71.02)

49 pulsations: 40.82" (J=76.36)
P5=5/1 fund=590.58Hz (J=64.65)

21' 45.32" (J=161.04)
P10=11/1 fund=1286.12Hz
vibr.=2.1 osc./s. / 1/2 T (J=144.5)

21' 103.50" (J=153.56)
P10=11/1 fund=1169.29Hz
vibr.=2.1 osc./s. / 1/2 T (J=130.24)

21' 23.86" (J=139.6)
P8=9/1 fund=946.51Hz (J=125.64)
vibr.=1.2 osc./s. / 1/2 T (J=106.86)

21' 27.97" (J=125.64)
P8=9/1 fund=946.51Hz (J=125.64)
vibr.=1.2 osc./s. / 1/2 T (J=106.86)

21' 30.45" (J=125.64)
P8=9/1 fund=946.51Hz (J=125.64)
vibr.=1.2 osc./s. / 1/2 T (J=106.86)

21' 33.55" (J=111.68)
P7=8/1 fund=843.12Hz (J=94.69)

21' 37.53" (J=97.72)
P6=7/1 fund=737.73Hz (J=82.85)

21' 41.51" (J=83.76)
P6=6/1 fund=632.34Hz (J=71.02)

21' 44.51" (J=76.36)
P5=5/1 fund=590.58Hz (J=64.65)

21' 58.51" (J=83.76)
P6=6/1 fund=632.34Hz (J=71.02)

20' 54.34" (J=43.92)
P2=3/1 fund=350.71Hz
vibr.=0.6 osc./s. / 1/2 T (J=39.41)

21' 09.8" (J=83.6)
P4=5/1 fund=667.65Hz (J=75)

21' 19.12" (J=106.86)
P8=9/1 fund=946.51Hz (J=125.64)
vibr.=1.2 osc./s. / 1/2 T (J=106.86)

21' 30.45" (J=125.64)
P8=9/1 fund=946.51Hz (J=125.64)
vibr.=1.2 osc./s. / 1/2 T (J=106.86)

21' 33.55" (J=111.68)
P7=8/1 fund=843.12Hz (J=94.69)

21' 37.53" (J=97.72)
P6=7/1 fund=737.73Hz (J=82.85)

21' 41.51" (J=83.76)
P6=6/1 fund=632.34Hz (J=71.02)

21' 44.51" (J=76.36)
P5=5/1 fund=590.58Hz (J=64.65)

21' 47.51" (J=71.02)
P4=5/1 fund=667.65Hz (J=75)

21' 50.51" (J=64.65)
P3=4/1 fund=749.66Hz (J=64.65)

21' 53.51" (J=58.36)
P2=3/1 fund=831.67Hz (J=58.36)

21' 56.51" (J=52.12)
P1=2/1 fund=913.68Hz (J=52.12)

21' 59.51" (J=45.88)
P1=2/1 fund=995.69Hz (J=45.88)

22' 02.51" (J=39.64)
P1=2/1 fund=1077.70Hz (J=39.64)

22' 05.51" (J=33.36)
P1=2/1 fund=1159.71Hz (J=33.36)

22' 08.51" (J=27.08)
P1=2/1 fund=1241.72Hz (J=27.08)

22' 11.51" (J=20.8)
P1=2/1 fund=1323.73Hz (J=20.8)

22' 14.51" (J=14.52)
P1=2/1 fund=1405.74Hz (J=14.52)

22' 17.51" (J=8.24)
P1=2/1 fund=1487.75Hz (J=8.24)

22' 20.51" (J=1.96)
P1=2/1 fund=1569.76Hz (J=1.96)

22' 23.51" (J=-4.32)
P1=2/1 fund=1651.77Hz (J=-4.32)

22' 26.51" (J=-10.6)
P1=2/1 fund=1733.78Hz (J=-10.6)

22' 29.51" (J=-16.88)
P1=2/1 fund=1815.79Hz (J=-16.88)

22' 32.51" (J=-23.16)
P1=2/1 fund=1897.80Hz (J=-23.16)

22' 35.51" (J=-29.44)
P1=2/1 fund=1979.81Hz (J=-29.44)

22' 38.51" (J=-35.72)
P1=2/1 fund=2061.82Hz (J=-35.72)

22' 41.51" (J=-42)
P1=2/1 fund=2143.83Hz (J=-42)

22' 44.51" (J=-48.28)
P1=2/1 fund=2225.84Hz (J=-48.28)

22' 47.51" (J=-54.56)
P1=2/1 fund=2307.85Hz (J=-54.56)

22' 50.51" (J=-60.84)
P1=2/1 fund=2389.86Hz (J=-60.84)

22' 53.51" (J=-67.12)
P1=2/1 fund=2471.87Hz (J=-67.12)

22' 56.51" (J=-73.4)
P1=2/1 fund=2553.88Hz (J=-73.4)

22' 59.51" (J=-79.68)
P1=2/1 fund=2635.89Hz (J=-79.68)

23' 02.51" (J=-85.96)
P1=2/1 fund=2717.90Hz (J=-85.96)

23' 05.51" (J=-92.24)
P1=2/1 fund=2799.91Hz (J=-92.24)

23' 08.51" (J=-98.52)
P1=2/1 fund=2881.92Hz (J=-98.52)

23' 11.51" (J=-104.8)
P1=2/1 fund=2963.93Hz (J=-104.8)

23' 14.51" (J=-111.08)
P1=2/1 fund=3045.94Hz (J=-111.08)

23' 17.51" (J=-117.36)
P1=2/1 fund=3127.95Hz (J=-117.36)

23' 20.51" (J=-123.64)
P1=2/1 fund=3209.96Hz (J=-123.64)

23' 23.51" (J=-129.92)
P1=2/1 fund=3291.97Hz (J=-129.92)

23' 26.51" (J=-136.2)
P1=2/1 fund=3373.98Hz (J=-136.2)

23' 29.51" (J=-142.48)
P1=2/1 fund=3455.99Hz (J=-142.48)

23' 32.51" (J=-148.76)
P1=2/1 fund=3538.00Hz (J=-148.76)

23' 35.51" (J=-155.04)
P1=2/1 fund=3619.01Hz (J=-155.04)

23' 38.51" (J=-161.32)
P1=2/1 fund=3701.02Hz (J=-161.32)

23' 41.51" (J=-167.6)
P1=2/1 fund=3783.03Hz (J=-167.6)

23' 44.51" (J=-173.88)
P1=2/1 fund=3865.04Hz (J=-173.88)

23' 47.51" (J=-180.16)
P1=2/1 fund=3947.05Hz (J=-180.16)

23' 50.51" (J=-186.44)
P1=2/1 fund=4029.06Hz (J=-186.44)

23' 53.51" (J=-192.72)
P1=2/1 fund=4111.07Hz (J=-192.72)

23' 56.51" (J=-199)
P1=2/1 fund=4193.08Hz (J=-199)

23' 59.51" (J=-205.28)
P1=2/1 fund=4275.09Hz (J=-205.28)

24' 02.51" (J=-211.56)
P1=2/1 fund=4357.10Hz (J=-211.56)

24' 05.51" (J=-217.84)
P1=2/1 fund=4439.11Hz (J=-217.84)

24' 08.51" (J=-224.12)
P1=2/1 fund=4521.12Hz (J=-224.12)

24' 11.51" (J=-230.4)
P1=2/1 fund=4603.13Hz (J=-230.4)

24' 14.51" (J=-236.68)
P1=2/1 fund=4685.14Hz (J=-236.68)

24' 17.51" (J=-242.96)
P1=2/1 fund=4767.15Hz (J=-242.96)

24' 20.51" (J=-249.24)
P1=2/1 fund=4849.16Hz (J=-249.24)

24' 23.51" (J=-255.52)
P1=2/1 fund=4931.17Hz (J=-255.52)

24' 26.51" (J=-261.8)
P1=2/1 fund=5013.18Hz (J=-261.8)

24' 29.51" (J=-268.08)
P1=2/1 fund=5095.19Hz (J=-268.08)

24' 32.51" (J=-274.36)
P1=2/1 fund=5177.20Hz (J=-274.36)

24' 35.51" (J=-280.64)
P1=2/1 fund=5259.21Hz (J=-280.64)

24' 38.51" (J=-286.92)
P1=2/1 fund=5341.22Hz (J=-286.92)

24' 41.51" (J=-293.2)
P1=2/1 fund=5423.23Hz (J=-293.2)

24' 44.51" (J=-299.48)
P1=2/1 fund=5505.24Hz (J=-299.48)

24' 47.51" (J=-305.76)
P1=2/1 fund=5587.25Hz (J=-305.76)

24' 50.51" (J=-312.04)
P1=2/1 fund=5669.26Hz (J=-312.04)

24' 53.51" (J=-318.32)
P1=2/1 fund=5751.27Hz (J=-318.32)

24' 56.51" (J=-324.6)
P1=2/1 fund=5833.28Hz (J=-324.6)

24' 59.51" (J=-330.88)
P1=2/1 fund=5915.29Hz (J=-330.88)

25' 02.51" (J=-337.16)
P1=2/1 fund=5997.30Hz (J=-337.16)

25' 05.51" (J=-343.44)
P1=2/1 fund=6079.31Hz (J=-343.44)

25' 08.51" (J=-349.72)
P1=2/1 fund=6161.32Hz (J=-349.72)

25' 11.51" (J=-356)
P1=2/1 fund=6243.33Hz (J=-356)

25' 14.51" (J=-362.28)
P1=2/1 fund=6325.34Hz (J=-362.28)

25' 17.51" (J=-368.56)
P1=2/1 fund=6407.35Hz (J=-368.56)

25' 20.51" (J=-374.84)
P1=2/1 fund=6489.36Hz (J=-374.84)

25' 23.51" (J=-381.12)
P1=2/1 fund=6571.37Hz (J=-381.12)

25' 26.51" (J=-387.4)
P1=2/1 fund=6653.38Hz (J=-387.4)

25' 29.51" (J=-393.68)
P1=2/1 fund=6735.39Hz (J=-393.68)

25' 32.51" (J=-400)
P1=2/1 fund=6817.40Hz (J=-400)

25' 35.51" (J=-406.28)
P1=2/1 fund=6899.41Hz (J=-406.28)

25' 38.51" (J=-412.56)
P1=2/1 fund=6981.42Hz (J=-412.56)

25' 41.51" (J=-418.84)
P1=2/1 fund=7063.43Hz (J=-418.84)

25' 44.51" (J=-425.12)
P1=2/1 fund=7145.44Hz (J=-425.12)

25' 47.51" (J=-431.4)
P1=2/1 fund=7227.45Hz (J=-431.4)

25' 50.51" (J=-437.68)
P1=2/1 fund=7309.46Hz (J=-437.68)

25' 53.51" (J=-443.96)
P1=2/1 fund=7391.47Hz (J=-443.96)

25' 56.51" (J=-450.24)
P1=2/1 fund=7473.48Hz (J=-450.24)

25' 59.51" (J=-456.52)
P1=2/1 fund=7555.49Hz (J=-456.52)

26' 02.51" (J=-462.8)
P1=2/1 fund=7637.50Hz (J=-462.8)

26' 05.51" (J=-469.08)
P1=2/1 fund=7719.51Hz (J=-469.08)

26' 08.51" (J=-475.36)
P1=2/1 fund=7801.52Hz (J=-475.36)

26' 11.51" (J=-481.64)
P1=2/1 fund=7883.53Hz (J=-481.64)

26' 14.51" (J=-487.92)
P1=2/1 fund=7965.54Hz (J=-487.92)

26' 17.51" (J=-494.2)
P1=2/1 fund=8047.55Hz (J=-494.2)

26' 20.51" (J=-500.48)
P1=2/1 fund=8129.56Hz (J=-500.48)

26' 23.51" (J=-506.76)
P1=2/1 fund=8211.57Hz (J=-506.76)

26' 26.51" (J=-513.04)
P1=2/1 fund=8293.58Hz (J=-513.04)

26' 29.51" (J=-519.32)
P1=2/1 fund=8375.59Hz (J=-519.32)

26' 32.51" (J=-525.6)
P1=2/1 fund=8457.60Hz (J=-525.6)

26' 35.51" (J=-531.88)
P1=2/1 fund=8539.61Hz (J=-531.88)

26' 38.51" (J=-538.16)
P1=2/1 fund=8621.62Hz (J=-538.16)

26' 41.51" (J=-544.44)
P1=2/1 fund=8703.63Hz (J=-544.44)

26' 44.51" (J=-550.72)
P1=2/1 fund=8785.64Hz (J=-550.72)

26' 47.51" (J=-557)
P1=2/1 fund=8867.65Hz (J=-557)

26' 50.51" (J=-563.28)
P1=2/1 fund=8949.66Hz (J=-563.28)

26' 53.51" (J=-569.56)
P1=2/1 fund=9031.67Hz (J=-569.56)

26' 56.51" (J=-575.84)
P1=2/1 fund=9113.68Hz (J=-575.84)

26' 59.51" (J=-582.12)
P1=2/1 fund=9195.69Hz (J=-582.12)

27' 02.51" (J=-588.4)
P1=2/1 fund=9277.70Hz (J=-588.4)

27' 05.51" (J=-594.68)
P1=2/1 fund=9359.71Hz (J=-594.68)

27' 08.51" (J=-600.96)
P1=2/1 fund=9441.72Hz (J=-600.96)

27' 11.51" (J=-607.24)
P1=2/1 fund=9523.73Hz (J=-607.24)

27' 14.51" (J=-613.52)
P1=2/1 fund=9605.74Hz (J=-613.52)

27' 17.51" (J=-619.8)
P1=2/1 fund=9687.75Hz (J=-619.8)

27' 20.51" (J=-626.08)
P1=2/1 fund=9769.76Hz (J=-626.08)

27' 23.51" (J=-632.36)
P1=2/1 fund=9851.77Hz (J=-632.36)

27' 26.51" (J=-638.64)
P1=2/1 fund=9933.78Hz (J=-638.64)

27' 29.51" (J=-644.92)
P1=2/1 fund=10015.79Hz (J=-644.92)

27' 32.51" (J=-651.2)
P1=2/1 fund=10097.80Hz (J=-651.2)

27' 35.51" (J=-657.48)
P1=2/1 fund=10179.81Hz (J=-657.48)

27' 38.51" (J=-663.76)
P1=2/1 fund=10261.82Hz (J=-663.76)

27' 41.51" (J=-670.04)
P1=2/1 fund=10343.83Hz (J=-670.04)

27' 44.51" (J=-676.32)
P1=2/1 fund=10425.84Hz (J=-676.32)

27' 47.51" (J=-682.6)
P1=2/1 fund=10507.85Hz (J=-682.6)

27' 50.51" (J=-688.88)
P1=2/1 fund=10589.86Hz (J=-688.88)

27' 53.51" (J=-695.16)
P1=2/1 fund=10671.87Hz (J=-695.16)

27' 56.51" (J=-701.44)
P1=2/1 fund=10753.88Hz (J=-701.44)

27' 59.51" (J=-707.72)
P1=2/1 fund=10835.89Hz (J=-707.72)

28' 02.51" (J=-714)
P1=2/1 fund=10917.90Hz (J=-714)

28' 05.51" (J=-720.28)
P1=2/1 fund=11000.00Hz (J=-720.28)

28' 08.51" (J=-726.56)
P1=2/1 fund=11082.01Hz (J=-726.56)

28' 11.51" (J=-732.84)
P1=2/1 fund=11164.02Hz (J=-732.84)

28' 14.51" (J=-739.12)
P1=2/1 fund=11246.03Hz (J=-739.12)

28' 17.51" (J=-745.4)
P1=2/1 fund=11328.04Hz (J=-745.4)

28' 20.51" (J=-751.68)
P1=2/1 fund=11410.05Hz (J=-751.68)

28' 23.51" (J=-757.96)
P1=2/1 fund=11492.06Hz (J=-757.96)

28' 26.51" (J=-764.24)
P1=2/1 fund=11574.07Hz (J=-764.24)

28' 29.51" (J=-770.52)
P1=2/1 fund=11656.08Hz (J=-770.52)

28' 32.51" (J=-776.8)
P1=2/1 fund=11738.09Hz (J=-776.8)

28' 35.51" (J=-783.08)
P1=2/1 fund=11820.10Hz (J=-783.08)

28' 38.51" (J=-789.36)
P1=2/1 fund=11902.11Hz (J=-789.36)

28' 41.51" (J=-795.64)
P1=2/1 fund=11984.12Hz (J=-795.64)

28' 44.51" (J=-801.92)
P1=2/1 fund=12066.13Hz (J=-801.92)

28' 47.51" (J=-808.2)
P1=2/1 fund=12148.14Hz (J=-808.2)

28' 50.51" (J=-814.48)
P1=2/1 fund=12230.15Hz (J=-814.48)

28' 53.51" (J=-820.76)
P1=2/1 fund=12312.16Hz (J=-820.76)

28' 56.51" (J=-827.04)
P1=2/1 fund=12394.17Hz (J=-827.04)

28' 59.51" (J=-833.32)
P1=2/1 fund=12476.18Hz (J=-833.32)

29' 02.51" (J=-839.6)
P1=2/1 fund=12558.19Hz (J=-839.6)

29' 05.51" (J=-845.88)
P1=2/1 fund=12640.20Hz (J=-845.88)

29' 08.51" (J=-852.16)
P1=2/1 fund=12722.21Hz (J=-852.16)

29' 11.51" (J=-858.44)
P1=2/1 fund=12804.22Hz (J=-858.44)

29' 14.51" (J=-864.72)
P1=2/1 fund=12886.23Hz (J=-864.72)

29' 17.51" (J=-871)
P1=2/1 fund=12968.24Hz (J=-871)

29' 20.51" (J=-877.28)
P1=2/1 fund=13050.25Hz (J=-877.28)

29' 23.51" (J=-883.56)
P1=2/1 fund=13132.26Hz (J=-883.56)

29' 26.51" (J=-889.84)
P1=2/1 fund=13214.27Hz (J=-889.84)

29' 29.51" (J=-896.12)
P1=2/1 fund=13296.28Hz (J=-896.12)

29' 32.51" (J=-902.4)
P1=2/1 fund=13378.29Hz (J=-902.4)

29' 35.51" (J=-908.68)
P1=2/1 fund=13460.30Hz (J=-908.68)

29' 38.51" (J=-914.96)
P1=2/1 fund=13542.31Hz (J=-914.96)

29' 41.51" (J=-921.24)
P1=2/1 fund=13624.32Hz (J=-921.24)

29' 44.51" (J=-927.52)
P1=2/1 fund=13706.33Hz (J=-927.52)

29' 47.51" (J=-933.8)
P1=2/1 fund=13788.34Hz (J=-933.8)

29' 50.51" (J=-940.08)
P1=2/1 fund=13870.35Hz (J=-940.08)

29' 53.51" (J=-946.36)
P1=2/1 fund=13952.36Hz (J=-946.36)

29' 56.51" (J=-952.64)
P1=2/1 fund=14034.37Hz (J=-952.64)

29' 59.51" (J=-958.92)
P1=2/1 fund=14116.38Hz (J=-958.92)

30' 02.51" (J=-965.2)
P1=2/1 fund=14198.39Hz (J=-965.2)

30' 05.51" (J=-971.48)
P1=2/1 fund=14280.40Hz (J=-971.48)

30' 08.51" (J=-977.76)
P1=2/1 fund=14362.41Hz (J=-977.76)

30' 11.51" (J=-984.04)
P1=2/1 fund=14444.42Hz (J=-984.04)

30' 14.51" (J=-990.32)
P1=2/1 fund=14526.43Hz (J=-990.32)

30' 17.51" (J=-996.6)
P1=2/1 fund=14608.44Hz (J=-996.6)

30' 20.51" (J=-1002.88)
P1=2/1 fund=14690.45Hz (J=-1002.88)

30' 23.51" (J=-1009.16)
P1=2/1 fund=14772.46Hz (J=-1009.16)

30' 26.51" (J=-1015.44)
P1=2/1 fund=14854.47Hz (J=-1015.44)

30' 29.51" (J=-1021.72)
P1=2/1 fund=14936.48Hz (J=-1021.72)

30' 32.51" (J=-1028)
P1=2/1 fund=15018.49Hz (J=-1028)

30' 35.51" (J=-1034.28)
P1=2/1 fund=15100.50Hz (J=-1034.28)

30' 38.51" (J=-1040.56)
P1=2/1 fund=15182.51Hz (J=-1040.56)

30' 41.51" (J=-1046.84)
P1=2/1 fund=15264.52Hz (J=-1046.84)

30' 44.51" (J=-1053.12)
P1=2/1 fund=15346.53Hz (J=-1053.12)

30' 47.51" (J=-1059.4)
P1=2/1 fund=15428.54Hz (J=-1059.4)

30' 50.51" (J=-1065.68)
P1=2/1 fund=15510.55Hz (J=-1065.68)

30' 53.51" (J=-1071.96)
P1=2/1 fund=15592.56Hz (J=-1071.96)

30' 56.51" (J=-1078.24)
P1=2/1 fund=15674.57Hz (J=-1078.24)

30' 59.51" (J=-1084.52)
P1=2/1 fund=15756.58Hz (J=-1084.52)

31' 02.51" (J=-1090.8)
P1=2/1 fund=15838.59Hz (J=-1090.8)

31' 05.51" (J=-1097.08)
P1=2/1 fund=15920.60Hz (J=-1097.08)

31' 08.51" (J=-1103.36)
P1=2/1 fund=16002.61Hz (J=-1103.36)

31' 11.51" (J=-1109.64)
P1=2/

52 pulsations: 20.27" (J=153.56)
P10=11/1 fund=1159.29Hz
wbr.=2.1 osc./s / 1/21 (J=130.24)

52 pulsations: 22.27" (J=139.81)
P10=11/1 fund=1055.23Hz
wbr.=1.99 osc./s / 1/21 (J=118.54)

52 pulsations: 24.27" (J=128.26)
P10=11/1 fund=969.33Hz
wbr.=1.81 osc./s / 1/21 (J=108.77)

52 pulsations: 27.2" (J=139.6)
P9=10/1 fund=1053.9Hz
wbr.=1.9 osc./s / 1/21 (J=118.38)

52 pulsations: 24.78" (J=125.64)
P8=9/1 fund=946.51Hz
wbr.=1.78 osc./s / 1/21 (J=106.56)

52 pulsations: 27.88" (J=111.68)
P7=8/1 fund=843.12Hz
wbr.=1.59 osc./s / 1/21 (J=94.69)

52 pulsations: 31.86" (J=97.72)
P6=7/1 fund=737.34Hz
wbr.=1.38 osc./s / 1/21 (J=82.85)

49 pulsations: 29.3" (J=100.32)
P6=6/1 fund=801.9Hz
wbr.=1.2 osc./s / 1/21 (J=90)

52 pulsations: 49" (J=63.55)
P4=5/1 fund=479.65Hz
wbr.=0.98 osc./s / 1/21 (J=53.87)

52 pulsations: 91.67" (J=38.13)
P2=3/1 fund=297.78Hz
wbr.=0.55 osc./s / 1/21 (J=32.31)

52 pulsations: 22.27" (J=139.81)
P10=11/1 fund=1055.23Hz
wbr.=1.99 osc./s / 1/21 (J=118.54)

52 pulsations: 24.27" (J=128.26)
P10=11/1 fund=969.33Hz
wbr.=1.81 osc./s / 1/21 (J=108.77)

52 pulsations: 27.2" (J=139.6)
P9=10/1 fund=1053.9Hz
wbr.=1.9 osc./s / 1/21 (J=118.38)

52 pulsations: 24.78" (J=125.64)
P8=9/1 fund=946.51Hz
wbr.=1.78 osc./s / 1/21 (J=106.56)

52 pulsations: 27.88" (J=111.68)
P7=8/1 fund=843.12Hz
wbr.=1.59 osc./s / 1/21 (J=94.69)

52 pulsations: 31.86" (J=97.72)
P6=7/1 fund=737.34Hz
wbr.=1.38 osc./s / 1/21 (J=82.85)

49 pulsations: 29.3" (J=100.32)
P6=6/1 fund=801.9Hz
wbr.=1.2 osc./s / 1/21 (J=90)

52 pulsations: 49" (J=63.55)
P4=5/1 fund=479.65Hz
wbr.=0.98 osc./s / 1/21 (J=53.87)

52 pulsations: 91.67" (J=38.13)
P2=3/1 fund=297.78Hz
wbr.=0.55 osc./s / 1/21 (J=32.31)

Flute: 22'44.67" IIC pppp

Vln. 1: 23'13.11" molto tasto pppp IIC

Vln. 2: 23'06.03" molto ponticello mf IIC

Vln. 3: 23'09.13" molto tasto pppp IIC

Vln. 4: 23'13.11" molto tasto pppp IIC

Vc. 1: 23'01.01" molto tasto pppp IIA

Vc. 2: 23'09.8" molto ponticello mf IID

Vc. 3: 23'15.67" molto ponticello mf IID

Vc. 4: 23'15.67" molto ponticello mf IID

49 pulsations: 16" ($\lambda = 183.92$)
 $P_{10} = 1/11$ fund. = 1468.834 Hz ($\lambda = 165$)
 $wbr. = 2/26$ osc. / $\lambda + 1/21$ ($\lambda = 165$)

49 pulsations: 18.27" ($\lambda = 161.04$)
 $P_{10} = 1/11$ fund. = 1386.794 Hz ($\lambda = 144.5$)
 $wbr. = 2/17$ osc. / $\lambda + 1/21$ ($\lambda = 144.5$)

52 pulsations: 20.27" ($\lambda = 153.56$)
 $P_{10} = 1/11$ fund. = 1159.20 Hz ($\lambda = 130.24$)
 $wbr. = 2/17$ osc. / $\lambda + 1/21$ ($\lambda = 130.24$)

52 pulsations: 24.5" ($\lambda = 127.1$)
 $P_9 = 10/11$ fund. = 959.3 Hz ($\lambda = 107.75$)
 $wbr. = 1/8$ osc. / $\lambda + 1/21$ ($\lambda = 107.75$)

52 pulsations: 27.22" ($\lambda = 114.39$)
 $P_8 = 9/11$ fund. = 863.37 Hz ($\lambda = 97$)
 $wbr. = 1/8$ osc. / $\lambda + 1/21$ ($\lambda = 97$)

52 pulsations: 30.63" ($\lambda = 101.68$)
 $P_7 = 8/11$ fund. = 767.44 Hz ($\lambda = 86.19$)
 $wbr. = 1/4$ osc. / $\lambda + 1/21$ ($\lambda = 86.19$)

52 pulsations: 38" ($\lambda = 88.97$)
 $P_6 = 7/11$ fund. = 671.51 Hz ($\lambda = 75.42$)
 $wbr. = 1/26$ osc. / $\lambda + 1/21$ ($\lambda = 75.42$)

52 pulsations: 40.93" ($\lambda = 76.26$)
 $P_5 = 6/11$ fund. = 575.68 Hz ($\lambda = 64.65$)
 $wbr. = 1/26$ osc. / $\lambda + 1/21$ ($\lambda = 64.65$)

52 pulsations: 53.4" ($\lambda = 58.3$)
 $P_4 = 5/11$ fund. = 440.15 Hz ($\lambda = 49.43$)
 $wbr. = 0/26$ osc. / $\lambda + 1/21$ ($\lambda = 49.43$)

52 pulsations: 59" ($\lambda = 34.98$)
 $P_2 = 3/11$ fund. = 264.08 Hz ($\lambda = 29.65$)
 $wbr. = 0/8$ osc. / $\lambda + 1/21$ ($\lambda = 29.65$)

52 pulsations: 245" ($\lambda = 12.71$)
 $wbr. = 0/26$ osc. / $\lambda + 1/21$ ($\lambda = 12.71$)

IID ratio 10 : 11



52 pulsations: 22.27" (f=139.81)
P10=1171 fund.=1055.234Hz
wbr.=1.18 osc./s+1/2T (f=118.54)

52 pulsations: 24.67" (f=128.26)
P10=1171 fund.=965.33Hz
wbr.=1.01 osc./s+1/2T (f=108.77)

52 pulsations: 26.7" (f=116.6)
P9=1011 fund.=880.3Hz
wbr.=1.65 osc./s+1/2T (f=98.87)

52 pulsations: 29.67" (f=104.94)
P9=911 fund.=792.27Hz
wbr.=1.48 osc./s+1/2T (f=89)

52 pulsations: 33.38" (f=93.28)
P7=811 fund.=704.24Hz
wbr.=1.32 osc./s+1/2T (f=79.09)

52 pulsations: 36.14" (f=81.62)
P6=711 fund.=616.24Hz
wbr.=1.19 osc./s+1/2T (f=69.21)

52 pulsations: 37.17" (f=83.76)
P5=611 fund.=632.34Hz
wbr.=1.18 osc./s+1/2T (f=71.02)

Flute: IID, IIE, pppp, ppp, pp, p, mf, f, sfz, 30'11.53'', 30'35.8'', 30'49.26'', 30'58.8''

Vln. 1: IIE, pppp, ppp, pp, p, mf, f, sfz, 29'55.83'', 30'22.53'', 30'49.15'', 49.58''

Vln. 2: IIE, pppp, ppp, pp, p, mf, f, sfz, 29'52.86'', 30'22.53'', 30'49.15'', 46.6''

Vln. 3: IIE, pppp, ppp, pp, p, mf, f, sfz, 29'49.15'', 30'22.53'', 30'42.9''

Vln. 4: IIE, pppp, ppp, pp, p, mf, f, sfz, 29'44.39'', 30'22.53'', 30'38.14''

Vc. 1: pppp, ppp, pp, p, mf, f, sfz, 30'14.5'', 30'49.15''

Vc. 2: pppp, ppp, pp, p, mf, f, sfz

Vc. 3: pppp, ppp, pp, p, mf, f, sfz

Vc. 4: pppp, ppp, pp, p, mf, f, sfz

8/32

Flute

Vln. 1

Vln. 2

Vln. 3

Vln. 4

Vc. 1

Vc. 2

Vc. 3

Vc. 4

IIICb

8^{va} 6/11 Flute

Vln. 1

Vln. 2

Vln. 3

Vln. 4

Vc. 1

Vc. 2

Vc. 3

Vc. 4

54:47.48ⁿ P=204.57 V=204.18 U=200.83

54:52.48ⁿ P=204.45 V=226.00 U=200.04

54:57.48ⁿ P=202.86 V=191.15 U=200.28

55:03.48ⁿ P=204.57 V=204.18 U=200.83

55:08.48ⁿ P=204.57 V=204.18 U=200.83

55:13.48ⁿ P=204.57 V=204.18 U=200.83

55:18.2ⁿ P=400.02 V=340.88 U=300.00

55:22.4ⁿ P=402.23 V=345.44 U=300.37

55:27.4ⁿ P=402.23 V=345.44 U=300.37

55:32.4ⁿ P=402.23 V=345.44 U=300.37

55:37.13ⁿ P=386.72 V=332.04 U=281.87

55:41.13ⁿ P=386.72 V=332.04 U=281.87

55:45.06ⁿ P=386.72 V=332.04 U=281.87

55:49.86ⁿ P=386.72 V=332.04 U=281.87

55:54.8ⁿ P=386.72 V=332.04 U=281.87

55:58.87ⁿ P=386.72 V=332.04 U=281.87

55:03.05ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:08.05ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:13.05ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:18.05ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:23.05ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:28.05ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:33.05ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:38.05ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:43.05ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:48.05ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:53.05ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:58.05ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:03.25ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:08.25ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:13.25ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:18.25ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:23.25ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:28.25ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:33.25ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:38.25ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:43.25ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:48.25ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:53.25ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:58.25ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:03.58ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:08.58ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:13.58ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:18.58ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:23.58ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:28.58ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:33.58ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:38.58ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:43.58ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:48.58ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:53.58ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:58.58ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:03.97ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:08.97ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:13.97ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:18.97ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:23.97ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:28.97ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:33.97ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:38.97ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:43.97ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:48.97ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:53.97ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:58.97ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:03.99ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:08.99ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:13.99ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:18.99ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:23.99ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:28.99ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:33.99ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:38.99ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:43.99ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:48.99ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:53.99ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

55:58.99ⁿ P=102.05 V=96.19 U=92.76

IIICc

626

Flute

Vln. 1

Vln. 2

Vln. 3

Vln. 4

Vc. 1

Vc. 2

Vc. 3

Vc. 4

8^{va} 641

Flute

Vln. 1

Vln. 2

Vln. 3

Vln. 4

Vc. 1

Vc. 2

Vc. 3

Vc. 4

IIIcD

Detailed description of the score: The score is for a woodwind and string ensemble. It consists of eight staves. The top staff is for Flute (8^{va} 641). Below it are four Violin staves (Vln. 1-4) and two Viola staves (Vc. 1-2). The bottom three staves are empty. The music is written in treble clef for all instruments. The key signature has one sharp (F#). The score includes various musical notations such as notes, rests, dynamics (p, mp, mf, f), and articulation marks. A purple arrow points to a measure in the Flute part, and a purple circle highlights a measure in the Violin 1 part.

42

Flute

Vln. 1

Vln. 2

Vln. 3

Vln. 4

Vc. 1

Vc. 2

Vc. 3

Vc. 4

IIICf

IIICe

Investigation des méso-phénomènes

PHASE I Phénomènes

Groupement en méso unités	1	2	3	4	5
Durée	1m06s	1m28s	1m50s	2m12s	2m34s
Dimensions spatiales					
Orientation verticale (verticalité spectrale)					
Altitude - Profondeur	Écartée - en profondeur	Concentrée - écartée	Écartée	Écartée	Concentrée - en altitude
Distribution	Stratifiée	Stratifiée (dispersée)	Stratifiée	Stratifiée	Stratifiée
Le champ « perspective » (Image frontale)					
Latitude (G/D)	Périphérique /centrique	Centrique	Périphérique	Ouverte	Ouverte + Centrique (FI)
Longitude (F/A)	Fl : Proche C : approche	Fl : Proche C : récession	Approche-récession	Contrastes Proche Lointain	En expansion Virtuel >F/A
Champ parallèle	Polarisé - lié	Lié - polarisé	Lié	Polarisé	Lié
Champ périphérique	Linéaire	Annulaire - linéaire	Annulaire	Linéaire	Annulaire
Champ libre	Vecteurs	Contigu - vecteurs	Vecteurs	Vecteurs	Vecteurs
Transformation dynamique spatiale	Contraction (longitude)	Expansion (longitude)	Expansion (longitude+ latitude)	Expansion (altitude)	Statique
« Circumspace » (autour)					
Description analogique	Le son s'étend dans tous les directions, s'appuyant contre le corps et se plie autour comme « m'entourant et m'enveloppant dans un nuage dense »		Immersion totale, prise dans une lutte violente contre les forces de la nature, Illusion de déplacement difficile du corps, à traverser le nuage dense des sonorités		Le son semble <i>transpercer</i> le corps
Dimensions temporelles					
Comportement					
Geste Contour global Mouvement local	Descendant Cyclique	Ascendant Cyclique	Descendant Cyclique	Ascendant Itératif	Plane Oscillatoire
Comportement Texture (mouvement interne)	Oscillatoire Régulier - complexe	Oscillatoire Complexe - régulier	Convolution Itératif + complexe	Complexe Itératif et cyclique	Oscillatoire Réciproque

Caractéristiques du mouvement					
Indépendance Nature du flux Contour Transformation	Asynchrone Continu Conjoint Apériodique	Asynchrone Continu Conjoint Apériodique	Synchrone Dis/continu Disjoint Apériodique	Synchrone Discontinu Conjoint Périodique	Synchrone Discontinu Conjoint Périodique
Typologie spatio- temporelle	<i>Streamed – flocked</i>	<i>Flocked – streamed</i>	<i>Flocked + streamed</i>	<i>Flocked</i>	<i>Streamed – flocked</i>
Perception temporelle	Vlc. 4 suspendu Accél.	Vlc. 4 Suspendu Ralenti	Temps élastique	Temps étendu + sens d'urgence	Temps suspendu
Transformation de la Vitesse	Accél./retard.	Accél./retard.	Cycle répété Vif – ralenti	Saccadée	Maintien des changements réguliers
Dimensions transmodales					
D'ordre visuel					
Images ou plasticité	Fl : flamme perturbée par le vent Vlcs. : Essaim d'abeilles Vagues		Passage difficile à travers l'essaim, une tempête, ou même une tempête de sable		Lumière brillante
Dimensions qualitatives des matériaux sonores	Vacillant Bourdonnement Dense nuage percé par les éclats de lumière intense		Chaotique changements de couleurs intenses	Éclats intenses	Strident, perçant + Frémissant
D'ordre tactile					
Sensations du corps (toucher, kinesthésie)	Sens du vol, mouvement Léger frottements, perturbations du vent		Recommence ment	Perturbations soudaines, vertige, danger imminent de soudaines douleurs vives	Rebondisse- ments internes, réaction comme aux <i>Larsens</i>
Perceptions haptiques : toucher, pression	Vlc. 4 semble émerger du néant comme un léger frottement dans les graves Fl : Sensation de difficultés de respiration	Secousses	Complexe sensations « comme s'ils me touchent partout »	Lutte pour reprendre le souffle. Hésitant : « comme si on risquait de se brûler »	Changements réguliers de pression

Dimensions énergétiques			
Énergie acoustique perçue	Croissance et déclin en forme d'arche	Étendu et agressif	Intense et focalisé
Énergie comportementale	Extrêmement instable, fluctuant		Stable

Énergie cumulative, maintenue, dissipative	Cumulatif	Dissipatif	Dissipation itérative, transition vers un point culminant	Baisse radicale et soudaine puis attaques de forces chaotiques	Arrivé au niveau... maintient en état d'inertie énergétique
Portée par la progression musicale	Mouvement vers un point culminant	L'intensité énergétique se retire	Relance, recommencement	Reprise énergétique	Prolongation d'attente
D'ordre cinétique (énergie portée par le mouvement sonore dans l'espace)	Sens de l'énergie à l'intérieur de l'air	Emporté par l'énergie	Sursauts énergétiques	Accablé	Porté par une force d'inertie énergétique,
D'ordre haptique ou kinesthésique	Grattement, trainant contre une force	Croissance de force de résistance de l'air (flûte)	Croissance de forces de résistance et frottement (cordes)	Vagues de choque	Stabilité externe, instabilité interne
Énergie ressentie par le corps	Croissance de pression < intensité	Pression en déclin > intensité relâchement	Choque abrupte, puis comme étant prise par l'orage	Accumulation de forces motrices en lutte d'inertie	Apesanteur, résolution, résignation

INTERLUDE I Phénomènes

Groupement	1
Durée	4m32s
Dimensions spatiales	
Orientation verticale (verticalité spectrale)	
Altitude - Profondeur	Écarté - Expansion vertical
Distribution	Le champ sonore est plutôt dispersé
Le champ « perspective » (Image frontale)	
Latitude (G/D)	Périphérique /centrique
Longitude (F/A)	Circulaire émanant d'un point central
Champ parallèle Champ périphérique Champ libre	Polarisé Annulaire Points
Transformation dynamique spatiale	Espace virtuel, explosion des dimensions perçues Ecarté Contig Ambiguïté densité/diffus
« Circumspace » (autour)	
Description analogique	L'espace nous entoure, nous enveloppe. Il semble respirer. Nous sommes transportés dans un autre monde, irréel, fait de souvenirs lointains, d'espace virtuel. Les sons semblent de taille plus importante que précédemment, mais inconsistant et éphémère.
Dimensions temporelles	
Comportement	
Geste Contour global Mouvement local	Erratique Vortex/acentrique (multidirectionnel)
Comportement Texture (mouvement interne)	Convolution/diffraction Itératif + complexe
Caractéristiques du mouvement	
Indépendance Nature du flux Contour Transformation	Asynchrone Discontinu Dis/conjoint Apériodique
Typologie spatio-temporel	<i>Contorted motion</i>
Perception temporelle Vitesse	Impression d'avance rapide, mais malgré cela, on perd le sens de direction temporelle (le flèche du temps). Au lieu, il semble qu'il y a une distorsion temporelle, comme une sorte de « hors temps » d'un trou noir.

Dimensions transmodales	
D'ordre visuel	
Images ou plasticité	Tornade, tempête, fumée d'un champ de bataille
Dimensions qualitatives des matériaux sonores	Translucide, éphémère, fumée vaporeuse.
D'ordre tactile	
Sensations du corps (kinesthésie, etc.)	Friction de l'air sur la peau, des muscles qui se contractent pour garder la stabilité, sensation de frôlements furtifs des mouvements vifs dans l'air.
Perceptions haptiques : toucher, pression	Frottement, sensation de contraste entre la mobilité de l'espace et nous qui sommes fixés sur place.
Dimensions énergétiques	
Énergie acoustique perçue	Éruptions erratiques, rafales en accumulation
Énergie comportementale	Mouvements répétitifs, comme des contractions involontaires des muscles
Énergie cumulative, maintenue, dissipative	Simultanément cumulative et dissipative
Portée par la progression musicale	Perte de sens de direction, tourbillons chaotiques
D'ordre cinétique (énergie portée par le mouvement sonore dans l'espace)	Intense turbulence, soufflements, dépassé par le chaos des forces de la nature
D'ordre haptique ou kinesthésique	Perte de connexion des gestes instrumentaux, il ne reste que l'énergie
Énergie ressentie par le corps	Comme des chatouillements, de petits tiques musculaires, état paradoxal : comme si l'on est continuellement en train de passer à travers le son tout en étant immobile.

PHASE II Phénomènes

Groupement	1	2	3	4	5
Durée	2m56s	3m21s	3m43s	4m01s	4m29s
Dimensions spatiales					
Orientation verticale (verticalité spectrale)					
Altitude	Fixe				
Profondeur	Fixe	Fixe	Fixe	Fixe	Fixe
	Mobile en profondeur – s’ouvre en profondeur				
Distribution	Stratifiée				
Le champ « perspective » (Image frontale)					
Latitude (G/D)	Fixe – ouvert en largeur horizontale				
Longitude (F/A)	Fixe – ouvert en profondeur horizontale. Les extrêmes sont définis par la flûte (avant) et le violoncelle 4 (au lointain)				
Champ parallèle	Polarisé				
Champ périphérique	Annulaire				
Champ libre	Vecteurs et 360° qui s’entrecroisent au centre				
Transformation dynamique spatiale	Contig – isolé Écarté-concentré				
« Circumspace » (autour)					
Description analogique	Impression d’être perdu dans un vide à l’intérieur du son. L’espace n’a plus d’importance. Le sol semble absorber le corps et puis il se dissout.				
Dimensions temporelles					
Comportement					
Geste Contour global	Descente répétée (cyclique)				
	Descente répétée	Descente répétée	Descente répétée	Descente répétée	Descente répétée
Mouvement local	Descente en continue, unidirectionnelle				
Texture (mouvement interne)	Oscillatoire- Convolution Régulier-complexe				

Caractéristiques du mouvement					
Indépendance	Asynchrone (Flûte/Violoncelles 1,2,3), Synchrone (Violons + Violoncelle 4)				
Nature du flux	Multiples flux continu +/- discontinu				
Contour	Disjoint (parties supérieures) conjoint (parties inférieures)				
Transformation	Périodique et complexe				
Typologie spatio-temporel	<i>Streamed</i> (extérieur) + <i>flocked</i> (intérieur)				
Perception temporelle	Reprise d'un temps pulsé. Une boucle temporelle, dépliement continu infini, l'impression d'avancer sans changer de position (paradoxe).				
Transformation de la Vitesse	En transformation continue (intérieur) mais vitesse temporellement stable à la surface.				
Dimensions transmodales					
D'ordre visuel					
Images ou plasticité	Traversée d'un labyrinthe dans l'obscurité (flûte qui tâtonne dans le noir), de multiples couches en mouvement latérale, satellites en orbite autour du soleil resplendissant				
Dimensions qualitatives des matériaux sonores	Lumineux	Frottements entre les couches, son percussif boisé	Couleurs chancelantes et assombries	Épaisseur et densification, scintillement de la flûte	Sonorités douces et rondes, voluptueuses
D'ordre tactile					
Sensations du corps	Tournoyer en spirale, balancement, voguer en bateau, porté doucement par le son, le sol semble s'éclipser, on flotte dans le son				
Dimensions énergétiques					
Énergie acoustique perçue	Excitation de déphasage et de réverbération dans l'espace physique.				
Énergie comportementale	Sensation d'accumulation énergétique malgré l'état de maintien.				
Énergie cumulative, maintenue, dissipative	Cumulative, glissement en lente descente				
Portée par la progression musicale	L'énergie est continuellement portée par le lent déroulement des matériaux musicaux, sens de prolongation éternelle, chaque changement harmonique signale à la fois résolution et recommencement, ainsi la spirale continue à s'élargir.				
D'ordre cinétique (énergie portée par le mouvement sonore dans l'espace)	Bercé par le son, l'impression de s'enfoncer dans le siège.				
D'ordre haptique ou kinesthésique	Sensation de la pression de son contre la peau, une légère force d'inertie.				
Énergie ressentie par le corps	Comme étant prise dans un vortex au ralenti				

INTERLUDE II Phénomènes

Groupement	1
Durée	6m11s
Dimensions spatiales	
Orientation verticale (verticalité spectrale)	
Altitude - Profondeur	Concentré profond
Distribution	Chevauchement en décalage verticale
Le champ « perspective » (Image frontale)	
Latitude (G/D)	Ouverture horizontal
Longitude (F/A)	En ouverture perspective
Champ parallèle Champ périphérique Champ libre	Lié Annulaire Contigu
Transformation dynamique spatiale :	Espace virtuel, explosion des dimensions perçues surtout en largeur et en profondeur
« Circumspace » (autour)	
Métaphore imagination	Les sonorités graves semblent élastiques, animées - ils se comportent en collectif, unifiées et interdépendantes avec l'espace. Le son s'étale de façon liquide autour de l'auditeur, formant une sorte de couverture chauffant. Les légères suggestions des sonorités des violons émergent comme des points très localisés, suspendus dans l'air au-dessus de nos têtes.
Dimensions temporelles	
Comportement	
Geste : contour global Mouvement local	Ondulation Réciproque et multidirectionnel
Comportement Texture (mouvement interne)	Convergence/divergence Accumulation et dilatation
Caractéristiques du mouvement	
Indépendance Nature du flux Contour Transformation	Asynchrone Continu Disjoint Périodique
Typologie spatio-temporelle	Mouvement <i>flocked</i>

Perception temporelle Vitesse accél./ralenti, suspendu	Temps statique et élastique, les cycles semblent s'agiter en <i>jitter</i> et sans direction : il se détache de la flèche du temps.
Dimensions transmodales	
D'ordre visuel	
Images ou plasticité	En fort contraste avec le premier interlude, ici on imagine une présence solide, sombre, tactile et immense.
Dimensions qualitatives des matériaux sonores	Obscure, épaisse, un liquide opaque et visqueux.
D'ordre tactile	
Sensations du corps (kinesthésie, etc.)	Vibrations, interactions, battements, modulations d'amplitude et de fréquence, l'apparition des fréquences latérales.
Perceptions haptiques : toucher, pression	Le son semble ramper sur le sol et s'enfoncer en profondeur
Dimensions énergétiques	
Énergie acoustique perçue	Accumulation de l'excitation de résonances et de réverbération
Énergie comportementale	L'énergie qui émane de la masse semble évoquer une forme « vivante ».
Énergie cumulative, maintenue, dissipative	Maintien du flux énergétique jusqu'à la fin de l'interlude, ou sensiblement on ressent une cumulation très lente. L'énergie s'estompe abruptement.
Portée par la progression musicale	Il n'y a pas de progression : on ne peut pas former d'hypothèse sur la façon dont l'interlude va être conclu. Il n'y a que la sensation de l'énergie qui nous enveloppe.
D'ordre cinétique (énergie portée par le mouvement sonore dans l'espace)	Sensation de forces d'inertie, comme si l'on est poussé doucement mais on se tient contre cette force.
D'ordre haptique ou kinesthésique	L'énergie portée par les gestes de l'archet contre la corde semble entrer en contact avec le corps : cette intimité de contact donne une impression très physique.
Énergie ressentie par le corps	Aveugle, on ne peut que ressentir l'eau tiède et obscure qui nous entoure.

PHASE III Phénomènes

Groupement	1	2	3
Durée	4m31s	5m31s	12m00s
Dimensions spatiales			
Orientation verticale (verticalité spectrale)			
Altitude – Profondeur	Concentrée – divergent	Concentrée sur les fréquences au médium	Écarté Transformation vers concentré en altitude
Distribution	Chevauchée	Groupée	Stratifié Trame de croisement complexe
Le champ « perspective » (Image frontale)			
Latitude (G/D)	Périphérique Ouverte	Centrique, en entonnoir	Transformation vers un point central, oscillation d'expansion-contraction
Longitude (F/A)	Flûte proche, cordes en approche	Flûte proche, graves au lointain	Oscillation d'approche-récession
Champ parallèle	Polarisé – lié	Polarisé	Polarisé
Champ périphérique	Linéaire	Séparation de la flûte de la texture contiguë des cordes	Linéaire
Champ libre	Vecteurs		Vecteurs
Transformation dynamique spatiale	Contraction longitude	Expansion Longitude : opposition des plans	Expansion-contraction en continu Expansion en altitude Transformation d'espace immense et profond vers la concentration sur un point central très élevé
« Circumspace » (autour)			
Description analogique	Comme si l'on retire le couverture – sensation d'être exposé à l'espace, de perte de prise	Le son remplit l'espace dans une couche épaisse – les strates ondule sur l'axe verticale comme de multiples vaguelettes sur multiples surfaces superposées.	Les gestes filetés s'entrecroisent en mouvement vertical et créent une trame complexe qui s'étend vers les hauteurs.

Dimensions temporelles			
Comportement			
Geste : contour global Mouvement local	Cyclique Divergent en cycles d'opposition	Cyclique Instable	Ascendant – descendant en lents cycles Oscillatoire
Comportement Texture (mouvement interne)	Oscillatoire Régulier-irrégulier	Saccadé Complexe-irrégulier	Réciproque et complexe Itératif et cyclique
Caractéristiques du mouvement			
Indépendance Nature du flux Contour Transformation	Asynchrone Continu Conjoint Apériodique	Asynchrone Continu Conjoint Apériodique	Asynchrone Continu
Typologie spatio-temporel	<i>Flocked - streamed</i>	<i>Fl : streamed</i> <i>Cordes : Flocked</i>	Ambiguïté : <i>Flocked/streamed</i>
Perception temporelle Vitesse accél./ralenti, suspendu	Sautes d'accélération du temps perçu	Ralenti : la lenteur des cordes est en opposition avec le sens d'urgence de la flûte	Le temps s'étire en prolongation infinie : comme si le point final est continuellement différé. Puis, le temps s'arrête abruptement.
Dimensions transmodales			
D'ordre visuel			
Images ou plasticité	Le glissando du violoncelle semble comme une corde de secours...	Des trompettes	Brisure étincelante
Dimensions qualitatives des matériaux sonores	Cotonneuses et fuyantes	Aspect métallique mais doux Sonorités cuivrées, bourdonnement	Lumière, brillance, éclat, évoque des sons des insectes
D'ordre tactile			
Sensations du corps (kinesthésie, etc.)	Tiré en deux directions opposées, sensation de chute libre	Comme une sorte de crise de secousses	Mobilité (balancement en avant et arrière)
Perceptions haptiques : toucher, pression	Intimité, Exposition, comme si l'on a retiré « le couvercle »	Crachements, grattements	Dérapiage, mobilité (perte de stabilité)

Dimensions énergétiques			
Énergie acoustique perçue	Faible, renaissance par superposition	Ondes de choque	Intense, les piques aigues sont douloureuses
Énergie comportementale	Stabilisation / déstabilisation	Complexe Tensions en inter-opposition	Intense énergie de mouvement, perte de contrôle
Énergie cumulative, maintenue, dissipative	Cumulation de répétitions	Maintien	Cumulation d'irrégularités
Portée par la progression musicale	Résolution / Croissance - déclin	Maintien mais lente croissance, résolution puis estompée brusquement	Déchainement
D'ordre cinétique (énergie portée par le mouvement sonore dans l'espace)	Le son semble résonner à l'intérieur du corps	Soudaine attaque de <i>jitters</i> , agitation nerveuse	Chaos, imprévisible sautes et changements de charge énergétique, prise d'élan
D'ordre haptique ou kinesthésique	Intense intimité (vocalises)	Gestes répétitifs	Sensation d'incertitude, on entend le mouvement vers des points culminants, mais le changement de direction est inattendu et surprenant
Énergie ressentie par le corps	Aspirée depuis l'intérieur	Sauts d'intensité, frustration	Intense sensation d'attente et de force d'inertie

Relevé des métaphores

Macro-phénomènes

Métaphores Apparaît-, impression, comme, semble, émerg-, illusion.	Typologie Espace, temps, mouvement, visuel, tactile, énergie, du vivant.
L'impression d'un temps qui respire, qui est mobile et qui se transforme au gré du son.	Temps
L'impression que la salle est habitée par le son, qu'il se déplace dedans et qu'il remplit la salle, qu'il enveloppe le spectateur, qu'il le transperce.	Du vivant
L'impression d'un mouvement en spirale	Mouvement
L'impression des spirales qui tourne vers l'extérieur et vers l'intérieur simultanément	Mouvement
Perçus comme les sons qui agissent en interaction directe avec la substance de l'espace, l'air, et qui ont leur propre vie interne (le son animé)	Du vivant
La frontière entre la respiration et le son est entendue comme un point de rupture entre la chair et le son	Tactile
La musique semble émaner et tourner autour d'un point central et mobile sur l'axe vertical	Mouvement
Le mouvement interne semble de plus en plus actif au cours des transformations globales.	Mouvement
Chaque partie semble tracer des mouvements et des formes spirales différentes.	Mouvement
De longs mouvements semblent tourner en descendant ou en remontant, mouvement oscillatoire à grande échelle, tel des mouvements planétaires autour du soleil, l'expansion pulsatoire des galaxies.	Mouvement
La flutiste semble avoir le souffle coupé - de lutter pour parvenir à une respiration aisée	Tactile
Des poly-rythmes qui émergent par l'interaction entre les pulsations indépendantes des lignes	Temps

Méso-phénomènes

Phase I

Métaphores	Typologie
Apparaît-, impression, comme, semble, émerg-, illusion	Espace, temps, mouvement, visuel, tactile, énergie, du vivant.
Semble émerger du néant comme un léger frottement dans les graves.	Mouvement
L'entrée de la flûte : ressemble plutôt à une déflagration d'énergie.	Énergie
Comme des vagues, comme la marée qui se retire.	Mouvement
Comme un point d'ancrage.	Espace
Mouvement d'un bateau qui vogue sur l'océan.	Mouvement
Comme si elles essayaient d'atteindre quelque chose qui les dépassait, de vouloir atteindre la flûte.	Du vivant
La flûte semble s'élever dans les airs, errant de lieu en lieu, toute comme notre attention pendant l'écoute, cherchant un point de repos.	Du vivant
Les sonorités des cordes semblent arriver vers nous depuis le lointain.	Espace - mouvement
Les rythmes semblent jaillir aléatoirement autour de l'espace.	Espace - mouvement

Interlude I

Métaphores	Typologie
Impression du temps accéléré : Effet « <i>fast forward</i> ».	Temps
Impression du déjà-vu.	Visuel
Impression d'être dépassé par le chaos des forces de la nature.	Énergie
Pédale : impression de toujours tendre vers le haut, d'être orienté vers l'avant.	Mouvement
Comme des bouffées de fumée.	Visuel
Comme des lointains souvenirs.	Visuel
Comme un miroir qui se brise en éclats.	Visuel
Comme être pris par un rêve qu'on a déjà fait auparavant.	Temps
Comme une brume vaporeuse.	Visuel
Le souffle de la flûte semble rebondir autour de l'espace.	Espace - mouvement
Les harmonies semblent s'accumuler comme des lointains souvenirs.	Temps
L'interlude semble nous tenir sur place (mouvement).	Mouvement
Son flux semble infiltrer l'espace où il se transforme en fumée vaporeuse de champ de bataille.	Visuel
Semble retracer à haute vitesse le terrain harmonique traversé.	Temps
Énergie d'une tornade, énergie débridée.	Énergie

Phase II

Métaphores	Typologie
Apparaît-, impression, comme, semble, émerg-, illusion	Espace, temps, mouvement, visuel, tactile, énergie, du vivant.
Comme un long voyage, une mission fastidieuse à accomplir.	Temps
Comme un rite ancien, danse astrale.	Temps - mouvement
Image d'un roi soleil autour duquel tourne lentement ses sujets.	Visuel
Flûte semble prise dans une boucle de lutte interne.	Énergie
Vlc. basse comme une boussole qui maintien la stabilité et dirige la progression globale.	Espace - mouvement
Comme une grande expansion ou inspiration.	Énergie
Suspendus dans l'espace.	Espace
Chaque nouvelle harmonie semble représenter un nouveau défi, une nouvelle structure dans le labyrinthe.	Visuel
Elle semble tâtonner dans le noir.	Tactile
Ligne de basse : image d'un satellite lointain, elle semble ramper sur le sol, loin en dessous l'ensemble des autres qui tournent dans un grand mouvement céleste.	Tactile – espace - mouvement
On semble tourner en boucle sur le même terrain.	Mouvement - temps
Ligne de basse se détache par son éloignement vertical et semble tirer les couches supérieures dans un mouvement circulaire qui descend en ralenti.	Espace - mouvement
Semble passer en mode ralenti.	Temps
Évoque la spirale infernale de Danté.	Visuel
Le décalage entre les mouvements lents et ondulatoires des voix graves est mis en contraste avec l'activité plus énergétique des violons.	Mouvement – temps - énergie

Interlude II

Métaphores	Typologie
Impression du son venu d'un autre monde, du rêve.	Temps
Les violons apparaissent, suspendu dans les airs comme une fine couche de nuages.	Espace - visuel
De grosses vagues s'ouvrent dans l'espace et semble couvrir le sol, rampant et ondulant comme une énorme bête mythique venue des profondeurs.	Mouvement – visuel - espace
Les battements vrombissants qui se fusionnent et semble s'étaler dans un mouvement élastique qui s'ouvre continuellement vers l'extérieur.	Mouvement
Long glissando du violoncelle montant des graves nous apparaisse comme une corde de secours et semble nous tirer du vide.	Espace - visuel

Semble à la fois conclure partie 2 et préparer 3.	Temps
L'espace semble s'ouvrir en profondeur et il y a une forte sensation du son rampant sur le sol.	Espace - mouvement
Sa présence solide, tactile et immense fait un contraste radical avec le premier interlude.	Tactile

Phase III

Métaphores	Typologie
Apparaît-, impression, comme, semble, émerg-, illusion	Espace, temps, mouvement, visuel, tactile, énergie, du vivant.
« Sound fills out the space in a thick blanket – vertical layers wavering up and down in space multiple waves on surface of water. Flat layers moving all over their surface ».	Tactile
Émerge comme une conséquence de l'interlude.	Temps
La flûte s'impose de façon énergétique et surprenant.	Énergie
Impression que le son grimpe verticalement.	Mouvement
Impression que les hauteurs descendent en même temps que les profondeurs montent.	Mouvement
Impression de briser le plafond dans un éclat de lumière brillante.	Visuel - énergie
Apparaît depuis l'intérieur de l'interlude.	Mouvement
Glissandi émerge de la texture.	Mouvement
Mouvement zigzag ensemble font apparaître une toile complexe en trois dimensions qui semble se diriger en mouvement spiral ascendant, expansion et contraction verticale.	Mouvement – visuel - espace
Ensemble ils forment un grand entonnoir sonore qui se tend vers le ciel, prenant son élan dans les profondeurs.	Visuel - espace
Longs zigzags de glissandi qui semble décoller du sol et transpercer le plafond.	Mouvement - énergie
Illusion que le son respire et prend son élan pour un décollage imminent.	Du vivant - énergie
Le temps semble s'étirer de plus en plus, de tourner en rond.	Temps - mouvement
Vécu comme en boucle temporel.	Temps
Les durées semblent passer différemment : le temps semble fluctuer à la David Lynch.	Temps
Cette masse sinueuse semble pousser contre le sol, chaque boucle semble à la fois à monter et de rester sur place - illusion de Shepard.	Mouvement - visuel
Au dernier instant une rupture violente semble déchirer l'espace.	Énergie
La flûte semble tirer contre des liens stables qui la tiennent, virevoltant vigoureusement, elle semble vouloir exprimer quelque chose (vocalises).	Énergie - du vivant
Tous les instruments semblent se mettre d'accord, ils semblent commencer	Du vivant - espace

à rebondir contres leurs contraintes et de vouloir franchir les limites physiques de la salle.	
L'énergie semble sur le déclin.	Énergie
Flûte vocalise fin : semble signaler un départ vers les états plus chaotiques.	Du vivant - temps
L'action musicale semble agrandir petit à petit l'espace.	Espace
Les cordes gazouillent avec de plus en plus d'éclat mais sont petit à petit englouties par la croissance d'air émanant du piccolo – une bulle qui est devenu si large et pleine qu'elle fusionne avec leur flux sonore en les dévorant.	Du vivant – espace - énergie
On constate un mouvement général vers une pureté sonore, une lumière aveuglante soutenu par les aigus stridents du piccolo, une brisure étincelante aux plus hauts sommets des aigus.	Visuel
Chaque vague d'énergie qui la traverse monte en crescendo et puis se calme momentanément avant de reprendre avec force leur trajet commun vers les hauteurs.	Énergie - mouvement
Avec chaque relance énergétique.	Énergie

Les Cenci : un opéra de la cruauté

Dans son manifeste de 1935, *Le théâtre et son double*, Antonin Artaud a proposé qu'une révolution du théâtre était essentielle et urgente, que l'on avait besoin d'un théâtre qui « nous réveille : nerfs et cœur ». *Les Cenci*⁶⁶⁶ est son premier et seul spectacle né de son concept d'un *théâtre de la cruauté* :

Une idée du théâtre s'est perdue. Et dans la mesure où le théâtre se borne à nous faire pénétrer dans l'intimité de quelques fantoches, et où il transforme le public en voyeur, on comprend que l'élite s'en détourne et que le gros de la foule aille chercher au cinéma, au music-hall, au cirque, des satisfactions violentes, et dont la teneur ne le déçoit pas. [...] Tout ce qui agit est une cruauté. C'est sur cette idée d'action poussée à bout, et extrême que le théâtre doit se renouveler.⁶⁶⁷

Si Gérard Pape a pris comme livret d'opéra la pièce d'Artaud, c'est effectivement parce qu'il a trouvé dans les propos de l'écrivain, des résonances d'un concept théâtral qui correspond tout à fait à ses propres idées d'un *théâtre total* : un opéra où l'action n'est plus la force motrice mais se déroule en second plan derrière une atmosphère omniprésente, une atmosphère censée communiquer les sentiments et l'expression sur le plan métaphysique ; un opéra où le décor, les costumes, les lumières et les mouvements gravitationnels des chanteurs contribuent à cette atmosphère déroutante.

Son opéra *Les Cenci* en trois actes d'après la pièce d'Antonin Artaud, est pour sept voix solistes avec un orchestre de flûtes, un orchestre de saxophones, six percussionnistes, chœur, bande et dispositif électronique joué en direct. Le projet a commencé en 2000, lors qu'un premier volet de l'opéra (comprenant un prélude pour orchestre de flûtes et les premiers deux tableaux de l'Acte I) a été réalisé en collaboration avec l'acteur Michel de Maulne dans le rôle de Cenci. En 2005, une représentation de la totalité du premier Acte de l'opéra (d'une durée d'une heure), est créée au Festival de la Poésie à Paris, sous la direction de Pierre-Alain Biget avec l'Orchestre de Flûtes Français, Varia Voce et solistes Andreas Fischer (Cenci), Angelika Luz (Béatrice), Nicholas Isherwood (Camillo) et Janet Pape (Lucrétia). La scénographie, la vidéo et les costumes ont été créés par Ana-Paula Portilla, selon les procédés décrits par Artaud dans *Le théâtre et son double*. L'opéra est désormais précédé par un nouveau prélude électroacoustique, totalement retravaillé à partir des échantillons du prélude antérieur.

⁶⁶⁶ *Les Cenci* a eu lieu au Théâtre des Folies-Wagram à Paris en mai 1935, avec un décor et des costumes de Balthus. La mise en scène et le rôle de Cenci étaient assurés par Artaud lui-même. La pièce a été retirée de l'affiche après 17 représentations pour raison d'échec financier.

⁶⁶⁷ ARTAUD, *Œuvres, op. cit.*, 2004, p. 1743.

Une création de l'opéra complète qui intègre les Actes II et III, d'une durée totale de trois heures, n'a toujours pas été réalisée à ce jour.

Avant de procéder à la composition, le compositeur s'est inspiré d'enregistrements de la voix d'Antonin Artaud fait par Radio France en 1946 (INA). Intrigué par la voix particulière d'Artaud ainsi que par son énonciation, Pape a eu l'idée de créer une voix pour le personnage de Cenci qui utilise les capacités « totales » de la voix — d'écrire une partie vocale qui comprend un registre vocal compréhensif au lieu des hauteurs spécifiques.⁶⁶⁸ A la base, la partie pour Cenci n'est pas une partie chantée, l'intention étant plutôt une extension de *sprechstimme* (la voix parlée) et de la voix théâtrale. Ce traitement de la voix soulève une première problématique : celle d'une notation à la fois précise et abordable pour l'interprète.

Tout comme Artaud en son temps, Pape croit que « l'expérience de l'art doit devenir de plus en plus vive, excitante et réelle à tout niveau »⁶⁶⁹. Il explique dans son entretien avec Keeril Makan que les jeunes ne vont plus au concert de « musique classique » parce qu'elle est trop loin de leur réalité. Il s'intéresse à la possibilité de créer par des œuvres artistiques une *expérience totale* qui établit un lien profond entre l'art et la réalité de l'individu.⁶⁷⁰ Dans son opéra *Les Cenci*, « ces apparitions [...] chargées de désorganiser et de pulvériser les apparences [...] ne posséderont leur vraie magie que dans une *atmosphère de suggestion hypnotique* où l'esprit est atteint par une *pression directe sur les sens* »⁶⁷¹. En intégrant les idées surréalistes d'Artaud « d'action poussée à bout, et extrême » dans la forme musicale, le traitement du temps, l'expression lyrique et la transformation continue du son, Gérard Pape fait de son opéra une expérience du *théâtre total* dans le sens artaudien.

Thématiques principales

Les Cenci est une tragédie qui gravite autour de l'héroïne-victime Béatrice, impuissante face à son père, à l'église et à son destin. Cenci, son père, est le héros du mal, incarnant ce destin maléfique et représentant la cruauté contre laquelle Béatrice lutte. Après avoir arrangé les meurtres de deux de ses propres fils, il procède au viol de sa fille. Béatrice finit par être complice du meurtre de son père et elle est condamnée par la papauté à être exécutée. Tout cela se passe dans un climat de fatalité, de destin imparable. Béatrice annonce le thème principal de la pièce : « Mon père, voilà mon mauvais destin »⁶⁷². Elle représente la

⁶⁶⁸ Echange avec le compositeur à Bordeaux, le 2 août 2013.

⁶⁶⁹ MAKAN et PAPE, « An Interview with Gerard Pape », *art. cit.*, 2003, p. 30.

⁶⁷⁰ *Ibid.*, p. 30 à 32.

⁶⁷¹ ARTAUD, *Œuvres, op. cit.*, 2004, p. 582, nos italiques.

⁶⁷² « Les Cenci » dans *ibid.*, p. 606.

lutte contre la cruauté qui l'opprime (Cenci), la terreur qu'il lui inspire, et le désir de vengeance. Au final, dans l'acceptation de son propre crime, elle refuse la culpabilité et croit que la mort va la rapprocher de son père. Effectivement, un destin cruel et maudit. Dans le premier acte, tout est mis en place pour les crimes qui vont suivre. Dans le premier tableau, on assiste à une discussion entre Cenci et Camillo, l'envoyé du Pape. Camillo représente les intentions du Pape, ses jugements et ses accusations. Il est essentiellement corrompu : « Si je croyais en Dieu » et « Je prierai tout de même le Seigneur »⁶⁷³ et il s'engage principalement dans des discours persuasifs avec Cenci. Quant à Cenci, il s'exprime souvent par des monologues et par des récits des flux de sa conscience. De plus, Cenci a une fonction secondaire — Artaud exprime ses propres pensées à travers ce personnage :

Ce qui distingue les forfaits de la vie de ceux du théâtre, c'est que dans la vie on fait plus et on dit moins, et qu'au théâtre on parle beaucoup pour faire une toute petite chose. Et bien, moi, je rétablirai l'équilibre et je le rétablirai au détriment de la vie... et quand ce sera fait autant qu'homme vivant peut le faire, qu'on vienne accuser mon cabotinage et mon goût du théâtre si on le peut. Je veux dire, si on l'ose.⁶⁷⁴

Cenci représente le destin incarné, « il m'arrive plus d'une fois en rêve de m'identifier avec le destin. » et « Je suis une force de la nature [...] je cherche et je fais le mal par destination et par principe ». Sa devise : « un beau chef-d'œuvre noir, c'est le seul héritage qu'il importe encore de laisser »⁶⁷⁵.

C'est dans ce climat de fatalité qu'Artaud vise à pousser l'action à bout, aux extrêmes de la cruauté. En sortant et l'acteur et le spectateur de sa zone de confort, autant par son récit que par les procédés théâtraux, il remet en question les procédés du théâtre traditionnel. Tandis qu'Artaud cherchait à libérer ses personnages à aller aux extrêmes de la cruauté, Gérard Pape cherche à aller « au fond [de] toutes les ressources de timbres de la voix [...et des instruments] »⁶⁷⁶. Selon Vinko Globokar : « Composer, c'est, entre autres choses, mettre constamment en question ce que l'on nomme trop à la légère la tradition et qui n'est fréquemment qu'une suite d'habitudes confortables. Par analogie, jouer d'un instrument signifie également mettre constamment en question des habitudes manuelles. Il est évident que cela doit être l'une des préoccupations du compositeur »⁶⁷⁷.

⁶⁷³ Ibid., p. 604.

⁶⁷⁴ Ibid.

⁶⁷⁵ Ibid., p. 603.

⁶⁷⁶ Dans les notes de programme de l'Orchestre de flûtes français, 17 janvier 2008.

⁶⁷⁷ GLOBOKAR Vinko, « Les rapports du "physique", du "psychique" et du "rationnel" - une problématique de la composition, dans *La musique en projet*, Paris, Gallimard, 1975, pp. 159 à 168.

Ces conventions d'intensités graphiques sont abandonnées dans la partition du troisième tableau, écrit plus tard (en 2004). Ce tableau diffère des deux premiers dans sa construction, dans son intégration d'un chœur ainsi qu'une partie pour dispositif électronique et puis aussi dans les conventions de la partition. Son écriture chorale atteignant une complexité *chaotique*, la partition reprend une notation qui supprime quelques conventions des premiers tableaux, optant pour une forme de notation *presque* traditionnelle et sûrement plus abordable pour les choristes.

La forme et l'organisation temporelle

La forme de l'opéra suit celle de la pièce d'Artaud. Le texte s'enchaîne sans interruption dans un discours fluide. Il n'y a ni coupe de texte, ni répétition de fragments, de phrases ou de motifs. Le traitement du texte est strictement linéaire. Malgré le souhait d'Artaud que la parole prenne moins d'importance, il est clair dans la pièce ainsi que dans l'opéra tiré de celle-ci que le texte est finalement le moteur structurant — la parole définit la forme.

Le premier acte est précédé par un prélude électroacoustique en huit canaux d'une durée de six minutes. Ce prélude ne sert pas d'ouverture d'opéra dans le sens classique, mais agit plutôt comme une introduction au spectacle total. Il consiste essentiellement de gestes sonores créés à partir des échantillons des sons des flûtes et de leurs transformations par processus électronique. D'une forme organique et d'une texture très dense, le prélude joue sur les contrastes de densités et de mouvements dans un espace en trois dimensions. Entouré par un barrage de stimuli auditifs, l'auditeur se trouve immédiatement plongé dans une *atmosphère de suggestion hypnotique où l'esprit est atteint par une pression directe sur les sens*.

La suggestion hypnotique est également présente dans l'organisation temporelle de la partition. La vitesse générale est de croche = 40 avec un temps de 1/4. Les rythmes sont très flexibles avec aucune pulsation correspondant aux barres de mesure. Normalement, la coordination temporelle est prise en charge par le chef d'orchestre. Cependant, les instrumentistes ont parfois des entrées et/ou des fins indépendantes ou des *tempi* indépendants, par exemple, dans les mesures 7 à 8 dans les octobasses. Cette convention du temps indépendant donne un résultat déstabilisant et souligne le caractère du rêve où tout est en train de s'écrouler dans un temps bizarre. À l'écoute, on ne décèle pas de repère rythmique autre que le rythme hypnotique porté par le texte. Malgré l'idéal d'Artaud voulant

que les paroles prennent une place secondaire, le fait que son texte exprime un narratif très direct place la parole naturellement plus en avant.

L'expression lyrique : les modes de chant

Chaque personnage de l'histoire est lié avec un *mode de chant* propre à lui qui crée une signature sonore, chacune avec ses traits caractéristiques de contour, de timbre et de manières de s'exprimer. La technique vocale est d'une extrême difficulté, colorée d'ornements micro-tonals, souvent avec des sauts exagérés, des passages étendus dans les extrémités de la tessiture et pour la plupart sans aucun repère de référence dans l'accompagnement. L'extrait ci-dessous (de p. 1) dessine le mode de chant qui caractérise Camillo, une mélodie très angulaire avec des sauts d'octaves altérés :

En faisant une réduction à l'octave, on voit apparaître une mélodie qui procède par des intervalles micro-tonales, essentiellement des mouvements très linéaires rapportés à l'octave afin de créer une ligne très disjointe.

Sa ligne mélodique est enrichie par ce que le compositeur désigne comme un *chemin de timbre* : une transformation du timbre de la voix chantée selon l'état émotionnel momentané du personnage. Il y a alors une transformation de la qualité de la voix en suivant : *méprisante* – *cynique* – *indifférent* – *cynique*, et ainsi de suite.

Ce mode de chant contraste avec celui de Cenci, qui ne chante pas mais qui emploie une sorte de *parlando* ou chant-parlé avec son propre *chemin de timbre* — le timbre de sa voix est modifié par un processus de transformation perpétuelle selon son état émotionnel. Dans cet extrait de la mesure 51, on voit la première entrée de Cenci et son *chemin de timbre* qui se transforme de *furieuse* — *grognant* — *rugissant*. La courbe pointillée sur la portée indique les hauteurs relatives pour l'inflexion de la voix parlée ; la deuxième ligne solide qui indique l'intensité, oscille entre *pppp* et *ffff*. On voit apparaître une expression lyrique poussée aux extrêmes d'une énonciation à la fois théâtrale et opératique, un champ sonore brutale et violent, tout comme le personnage qui l'articule.

De plus, les entrées vocales de Cenci sont souvent accompagnées par une figure instrumentale qui caractérise son mode de chant : des jets d'air dans les suraigus des flûtes avec des sifflets et des sirènes dans les percussions, suivi par une cellule de *doh-doh#-ré* répartie dans les flûtes. Cette figure va réapparaître dans une autre configuration à la mesure 324 quand Cenci se trouve tout seul, et puis encore à la mesure 373 quand il est en train de mijoter ses noires intentions envers sa fille. Voici l'évolution de cette figure à la mesure 324 puis 373 :

Un échange de voix s'opère entre les instruments, ainsi qu'une transposition de la figure dans les hyper-aigus, accompagnant la proclamation du Cenci : « Je torturai l'âme en profitant du corps ». Ce procédé évolutif met en évidence l'une des rares occasions où il y a un étroit lien entre le sens de la parole et la musique.

Enfin, voyons dans le deuxième tableau⁶⁷⁹ le mode de chant de Béatrice lors de son discours émotif avec Orsino le moine, qui malgré lui est amoureux d'elle. Caractéristique des vocalises pour soprano *colorature*, ses mélodies hautement dramatiques et dans une tessiture étendue dans le suraigu, pousse la voix aux extrêmes et intègrent les sauts d'intervalles peu habituels :

Le *chemin de timbre* de Béatrice fait apparaître sa fonction expressive, sa mélodie est chargée d'émotion : *tracassé* — *consterné* — *épouvanté* — *abattu*. Les rythmes sont en évolution constante avec des divisions qui changent du 7:4 à 6:4 à 5:4, et ainsi de suite. Ils font apparaître une élasticité temporelle qui est également miroitée dans la partie instrumentale — le rythme devient un flux de changements continus, un reflet de son état émotif.

Ces trois exemples des modes de chant employés par le compositeur illustrent bien la recherche d'un langage théâtral qui « pousse la voix », qui « utilise des vibrations et des qualités de voix » et qui « fait piétiner éperdument des rythmes » dont parle Antonin Artaud dans *Le théâtre et son double*.⁶⁸⁰

La transformation continue du son

Dans l'écriture lyrique de *Les Cenci*, la transformation continue du son est mise en évidence par les chemins de timbre et par le degré d'ornementation locale. La partie instrumentale est étroitement liée au texte et suit la structure délimitée par celui-ci. Cependant, le rôle de l'accompagnement instrumental n'est pas usuel. Pour la plupart, les instruments suivent la ligne vocale de très près, parfois en imitation, en inversion ou en décalage avec la voix. Ce traitement de l'accompagnement fait apparaître des dissonances de second ordre ainsi que des micro-rythmes à l'intérieur des sonorités. De plus, les hauteurs écrites ne font pas référence à une hauteur spécifique d'une fréquence fixe, mais plutôt à un

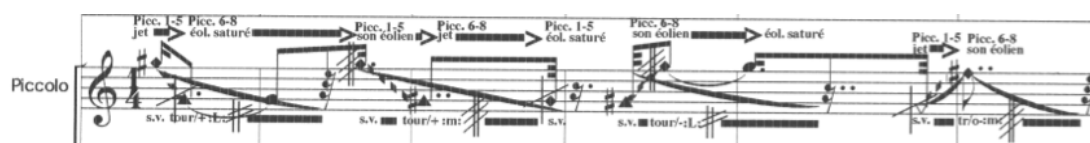
⁶⁷⁹ PAPE, *Les Cenci*, p. 38.

⁶⁸⁰ ARTAUD, *Œuvres*, op. cit., 2004, p. 559.

nuage micro-tonal *autour* de la note. Ce phénomène est provoqué par deux procédés primordiaux :

D'abord, les flûtes sont accordées selon un plan de *scordatura* ou chaque groupe de trois flûtes (un piccolo, une flûte et une flûte basse ou octobasse) s'accorde avec l'aide d'un accordeur numérique à une fréquence différente. Les huit niveaux sont respectivement 440 Hz, 433 Hz, 427 Hz, 421 Hz, 415 Hz, 404 Hz, 403 Hz et 397 Hz. Puis, les instruments sont dispersés autour du public dans la salle. Comme l'effet acoustique de *scordatura* est encore prononcé avec le temps de réverbération, les fluctuations de timbre et les oscillations des interférences acoustiques sont ainsi en mouvement continue dans l'espace autour des spectateurs.

Deuxièmement, les nuages micro-tonaux sont encore accentués par l'application des micro-ornements à la quasi-totalité des notes. Il y a trois genres de micro-ornements ou *vibrati* : des *vibrati-trilles*, des *vibrati-tours* et des *vibrati-appoggiatures*. Chacun entre eux a plusieurs modes de jeu, ce qui crée une palette très complexe de possibilités pour chaque hauteur, enrichissant énormément la complexité du timbre du son résultant. Par exemple, on voit dans cet extrait pour piccolo, la première note est marquée s.v. (sans *vibrato*) puis la suivante porte l'ornement *tour/+:L:#*, ce qui traduit comme un tour qui commence par une montée, d'une vitesse lente (2 à 3 événements par seconde) et d'une largeur d'un demi-ton. La ligne épaisse qui suit indique la durée de l'ornementation, dans ce cas il est égal à la durée de la note.



On peut aussi remarquer que toute note est désignée avec une altération micro-tonale. Cette écriture détaillée provoque une bande de fréquences instables toujours en mouvement et qui donne une structure intérieure et vivante au son, ainsi enrichissant son timbre. Le flux constant de fréquences instables et complexes fait apparaître une ambiguïté tonale, une *atmosphère omniprésente*.

Cette ambiguïté se manifeste parfois dans une fusion électro-instrumentale au niveau de l'écriture des instruments. Pape pousse son exploration des timbres purement acoustiques vers un modèle de production sonore de conception autrement électroacoustique. Il donne parfois des instructions aux instrumentistes pour jouer avec des techniques tirées directement

du studio électronique. Par exemple, le percussionniste doit « convolver »⁶⁸¹ en continu le son des timbales avec plusieurs autres instruments comme les grelots, les castagnettes de fer et les claves.⁶⁸² L'accompagnement instrumental ne sert finalement pas d'accompagnement dans le sens conventionnel, il n'essaye ni de mettre le texte en avant, ni de décrire le sens des mots. Son rôle est plutôt de souligner le caractère onirique de la mise en musique, d'accentuer les dissonances et de contribuer à la création d'une atmosphère déstabilisante et déroutante.

Au cœur de la cruauté

Le troisième tableau est de loin le plus bouleversant des trois et le plus rapproché de l'idéal d'Artaud. Chargé de dissonances violentes, la scène trois nous place en plein centre du conflit familial et social, au cœur de la cruauté. Pendant une fête-orgie donnée dans son château, Cenci annonce à sa famille ainsi qu'à tous les invités, la mort de ses deux fils.

Je vous ai réunis, non pour détruire, mais pour confirmer une légende. [...] Quelle plus sainte raison que celle qui réjouit mon cœur de père, et me montre que Dieu m'a surabondamment exaucé. [...] Eh bien quoi, vous refusez de comprendre : mes fils désobéissants et rebelles sont morts. Morts, dissipés, finis, vous entendez ? [...] Je bois à la perte de ma famille. S'il y a un Dieu, que la malédiction efficace d'un père les arrache tous de trône de Dieu.⁶⁸³

Après quoi les invités partent précipitamment, terrorisés, laissant Béatrice et sa belle-mère Lucrecia à la merci de Cenci.

Ici, les solistes et les instruments sont réunis avec un chœur de 24 chanteurs et une partie pour dispositif électroacoustique joué en direct et diffusé dans les huit haut-parleurs autour du public. L'accompagnement ne suit plus les lignes de chant — il les enveloppe dans une texture dense et très complexe. Dorénavant on entend moins les solistes au premier plan. Le texte reste toujours clair, mais la texture devient plus homogène et les sonorités des solistes s'intègrent dans la totalité du tissu sonore.

La structure musicale est construite de petites séquences de notes qui sont répétées selon les conventions de pulsations et de durées indiquées dans la partition. Les mesures représentent les proportions temporelles et les hauteurs sont indépendantes des durées. Le chef d'orchestre continue de battre à 40bpm mais il est libre de ralentir ou d'accélérer selon son gré. Le temps de chaque mesure est noté au-dessus de la mesure : 3 - 2 - 7 - 3 - 8 - 4 - 6 - 5 - etc., afin que le temps soit en flux continu et qu'il garde une fluidité totale. Plutôt que

⁶⁸¹ De 'convolution', un procédé par lequel le timbre d'un son est transformé par des éléments d'un autre son.

⁶⁸² PAPE, *Les Cenci*, p. 4.

⁶⁸³ ARTAUD, *Œuvres, op. cit.*, 2004, pp. 607, 608 et 609.

des notes avec durées déterminées, les indications rythmiques définissent les vitesses de pulsations et d'oscillations des notes ou des séquences de notes, toujours relatives aux proportions temporelles de la mesure. Les attaques et les dynamiques sont notées de façon conventionnelle.

Dans cet extrait des premières mesures de la partie pour flûte, le flûtiste transforme le timbre en continu avec sa voix et d'autres techniques de jeu comme les sons éoliens par exemple.

A musical score for flute, showing four measures. The first measure is marked with a circled '1' and '3'. The second measure is marked with a circled '2'. The third measure is marked with a circled '3' and '7'. The fourth measure is marked with a circled '4' and '8'. The lyrics are: "son éol + voix dans (sol)", "éol + voix dans", "son éol et voix dans (sol)", "éol + voix dans". Performance instructions include "mf", "fff", "subf", "pppp", and "subf".

Les séquences des notes commencent par les séquences construites autour de *do* et de *sol*, mais commence à se diversifier utilisant souvent les notes adjacentes, mais altérées avec les micro-tons. Petit à petit l'étendue devient des bandes de fréquences très riches de pulsations, d'oscillations et d'interférences acoustiques, ici les mesures 240 à 242 :

A complex musical score for voice (Soprano, Alto, Tenor, Bass) and instruments. The score is divided into three measures, labeled 240, 241, and 242. The lyrics are: "BOU", "OU", "CHE", "FOI", "PREND", "GARDE", "MAU", "VALS", "PIERE". Performance instructions include "mf", "pp", "ppp", "subf", "pppp", "subf", "mf", "pp", "ppp", "subf", "pppp", "subf". The score includes micro-tonal notations such as "RAVAGE", "ÉCRASANTE", "GUTTURAL", "DÉCHAÎNÉE", "RAVAGE", "ÉCRASANTE", "GUTTURAL", "GRONNEMENT".

La dernière mesure contient toutes les hauteurs avec les altérations micro-tonales, assurant une bande de fréquences très riche et complexe sur trois octaves.

Vis-à-vis les deux premiers tableaux, il y a ici un changement du style de notation du mode de chant de Béatrice. Les nouvelles conventions de la partition donnent plus de liberté à la chanteuse — les hauteurs sont maintenant relatives et elles sont indiquées par les courbes de *glissandi* qui dessine sa forme mélodique. Une ligne horizontale correspond à une hauteur stable et les courbes suivent les changements de direction de la mélodie. Ainsi, les *chemins de timbre* deviennent plus exagérés, la ligne en conséquence est très expressive et plus naturelle : (un extrait de la page 40, mesures 241 et 242).



De plus, l'addition d'une partie électroacoustique sert à enrichir l'espace sonore avec des échantillons divers, qui ajoutent à la tension inhérente dans la partition. Tout changement d'échantillon est détaillé dans la partition y compris leurs courbes d'intensités et d'attaques. L'échantillon change à la mesure, d'après l'idée de dissonance d'Artaud :

Ces moyens, qui consistent en des intensités de couleurs, de lumières ou de sons, qui utilisent la vibration, la trépidation, la répétition soit d'un rythme musical, soit d'une phrase parlée, qui font intervenir la tonalité ou l'enveloppement communicatif d'un éclairage, ne peuvent obtenir leur plein effet que par l'utilisation des dissonances. Mais ces dissonances, au lieu de les limiter à l'emprise d'un seul sens, nous les ferons chevaucher d'un sens à l'autre, d'une couleur à un son, d'une parole à un éclairage, d'une trépidation de gestes à une tonalité plane de sons, etc. ⁶⁸⁴

De ce fait, le compositeur est resté fidèle aux détails donnés dans la pièce d'Artaud, en utilisant les sons des cloches de cathédrale et de l'ondes-martenot, en étalant sur une palette de sonorités allant du son du vent et du tonnerre jusqu'aux chuchotements du public et les cris d'enfant.

Conclusion

Selon Mauricio Kagel sur le sujet de la composition d'un opéra contemporain, « Si le matériau diffère de ce qu'on attend ou de ce qu'on a l'habitude de percevoir, on ne peut que remercier celui qui a osé briser les normes »⁶⁸⁵. L'opéra *Les Cenci* de Gérard Pape remet en question les procédés d'un drame lyrique traditionnel dont les airs et les récitatifs dépeignent l'action en termes musicaux. Ces procédés sont effacés, donnant place à une nouvelle expression lyrique inspirée par les idées surréalistes d'Artaud pour un langage objectif et concret du théâtre :

⁶⁸⁴ Ibid., p. 582.

⁶⁸⁵ FUHRMANN Peter et KAGEL Mauricio, « L'Opéra, forme rigoureuse d'amusement » dans *La musique en projet*, Paris, Gallimard, 1975, p. 149.

Abandonnant les utilisations occidentales de la parole, il fait des mots des incantations. Il pousse la voix. Il utilise des vibrations et des qualités de voix. Il fait piétiner éperdument des rythmes. Il pilonne des sons. Il vise à exalter, à engourdir, à charmer, à arrêter la sensibilité. Il dégage le sens d'un lyrisme nouveau du geste, qui, par sa précipitation ou son amplitude dans l'air, finit par dépasser le lyrisme des mots.⁶⁸⁶

Le départ des codes traditionnels de cet opéra est évident dès son ouverture : il ne donne pas d'avant-goût des *leitmotifs*, il ne dépeint en rien les mélodies à venir. Dans l'opéra de Pape, le *leitmotif* est remplacé par les modes de chant, le rôle de la mélodie est repris par la sonorité. Par la réappropriation du *vibrato* en tant que transformateur du *son*, ainsi que par des *chemins de timbre* qui reprennent les modes d'expression vocales en tant que transformateur de *qualité* vocale, l'expression lyrique est déconnectée de sa fonction expressive. L'expression devient un outil qui « utilise des vibrations et des qualités de voix » afin de faire « des mots des incantations ». Le drame est délocalisé de la parole et intégré dans la trame sonore, dans l'énergie inhérente des sons et des gestes, dans la force et la tension de l'atmosphère omniprésente.

Les modes de jeu instrumental et les modes de chant sortent l'interprète de sa zone de confort autant par la notation que par l'action de production sonore. En allant aux extrêmes du registre, des attaques, des intensités, de l'articulation vocale, et de l'ornementation, Gérard Pape a réussi à intégrer le concept du langage théâtral d'Artaud dans son propre langage musical. Un langage à la fois complexe, intrigant et raffiné, mais à la base primordial, chargé d'émotion et intrinsèquement humain.

Par les dissonances temporelles et ornementales, le désaccordement par *scordatura*, et le balayage spectral d'une écriture progressivement plus dense, ainsi que par les éléments extra-musicaux de la vidéo, de l'éclairage et du geste, le sens du texte se trouve autant dans la parole que dans un « enveloppement communicatif » d'une atmosphère hyper-sensorielle, faisant de l'opéra *Les Cenci* un opéra de la cruauté dans le sens artaudien du théâtre total. Reste à voir au final, si dans l'éventualité d'une réalisation de la totalité de l'opéra, *Les Cenci* deviendra selon les mots de Cenci, « un beau chef-d'œuvre noir ».

⁶⁸⁶ ARTAUD, *Œuvres, op. cit.*, 2004, p. 559.

***Makbénach IV* : l'évolution du timbre dans l'espace multidimensionnel**

Introduction

Depuis *De l'origine des espèces* de Charles Darwin, la théorie de l'évolution a fait du chemin. D'abord elle s'est imposée à la communauté scientifique, puis elle a traversé le temps et les frontières disciplinaires et interdisciplinaires pour imprégner presque tous les concepts de la pensée humaine, ceux des sciences comme ceux des arts, l'idée « moderne » de *progrès* laissant place à la conception plus contemporaine d'*évolution*.

Appliqué à la musique, le terme *évolution* a imprégné, petit à petit, la praxis musicale et s'est imposé comme une préoccupation académique pour certains compositeurs-chercheurs, y compris Gérard Pape. Comme le mot *évolution* est appliqué de nos jours à tant de concepts différents, nous pensons utile de préciser le sens qu'il prend dans le contexte de notre analyse musicale : *L'évolution* est la *transformation* des sons multidimensionnels qui se manifeste par des *changements* de leurs caractéristiques paramétriques et *spectro-morphologiques* au cours du déroulement de la forme musicale. Remarquons que le mot *transformation* figure au cœur de cette définition — il se retrouve également au cœur des procédés de la composition musicale de Gérard Pape.

Les œuvres intitulées *Makbénach* font partie d'une série que Pape désigne comme ses *œuvres chaotiques* — chaque œuvre fait sa propre exploration du concept de chaos et trouve son chemin de transformation particulier entre des états d'ordre, de désordre et de chaos. Parmi cette série se trouve aussi *Battle* (1996) pour quatre voix solistes et bande magnétique, et *Le fleuve du désir*, (1994) qui existe en huit versions différentes, chaque version étant complète en soi et indépendante des autres.

Pape a trouvé une forme par laquelle le chaos peut trouver son chemin naturellement, au modèle de la musique *Gagaku* du Japon antique. Les formes hétérophoniques qui caractérisent cette musique créent une texture musicale ni homophonique ni polyphonique, mais quelque part entre les deux. Les lignes ou couches de matériau musical superposées sont identiques dans leur structure fondamentale mais légèrement décalées dans le temps et dans la réalisation de chaque couche. Il dit : « C'est une musique où les éléments asynchrones et désaccordés créent un désordre phénoménal. Les parties individuelles ne fusionnent pas, mais créent plutôt des interférences entre les lignes. Ce n'est pas du tout comme *Atmosphères* ou

Lontano de Ligeti, où plein de choses sont insérées pour former une masse importante. Ici, il s'agit plutôt d'une 'lutte' entre les parties »⁶⁸⁷.

Makbénach I était écrite pour saxophone, ensemble et bande, et a été réalisée entre 1996 et 1997 par le saxophoniste Daniel Kientzy.⁶⁸⁸ Une version purement acoustique pour saxophone et ensemble et puis une version purement électroacoustique (octophonique) ont été composées par la suite, chaque nouvelle interprétation étant une expression différente de la même inspiration et de la même forme générale. La présente et quatrième *Makbénach*, pour trombone soliste et dispositif électronique (ou huit trombones préenregistrés), s'éloigne plus encore de l'originale — la reconceptualisation hétérophonique pour trombone et pour son traitement ultérieur par dispositif électronique a exigé une réécriture totale des transformations du timbre. Cette nouvelle version explore les capacités techniques et de production sonore du trombone, donc, l'élaboration de la partition est très spécifique à l'instrument. L'expression du monde sonore de cette réécriture donne une version nettement distincte, même si les notes et la structure globale de *Makbénach I* sont revisitées.

Fortement représentative des préoccupations principales du compositeur pendant les quinze dernières années, *Makbénach IV* s'étire dans le temps — une œuvre qui suit sa propre courbe d'évolution. Son développement créatif et technique s'étend de 1998 à 2012 et représente plusieurs alternatives de mise en œuvre du dispositif électronique. La première version officielle pour trombone soliste et bande octophonique (des huit trombones préenregistrés) a été créé par John Kenny, tromboniste anglais, pendant un séjour en résidence artistique à Édimbourg en 2008. Puis, en collaboration avec Stefan Tiedje (interprète-informaticien), le compositeur a repensé le dispositif électronique afin que les huit couches hétérophoniques soient créées en temps réel via le logiciel MaxMSP. Cette dernière réalisation dont l'enregistrement fait l'objet de cette présente analyse musicologique, a été créée par John Kenny et Stefan Tiedje en 2012.

L'analyse de cette œuvre pour instrument et dispositif électronique met en évidence la problématique plus générale de l'œuvre mixte : comment créer des structures sonores dont le timbre et sa projection dans l'espace d'écoute soient cohérents ? Une telle œuvre transversale doit, par son langage musical, s'appropriier des frontières à la fois spatiales et perceptuelles qui existent forcément entre l'instrument acoustique et le son électronique projeté dans un espace multidimensionnel — des sources sonores de caractères et de fonctions si différentes. Puis, plus spécifiquement, par quels procédés compositionnels peut-on provoquer un

⁶⁸⁷ MERIDAN Lissa, Entretien avec Gérard Pape, Sargé sur Bray, le 15 mars 2013, p. 3.

⁶⁸⁸ PAPE, *Makbénach I*, interprétée par Daniel Kientzy, saxophone, Ensemble 2e2m dirigé par Paul Mefano, Gerard Pape, bande et projection sonore, sur Gerard Pape - Electroacoustic Chamber Works, (New York : Mode 67, 1998).

processus d'évolution sonore et son mouvement dans l'espace multidimensionnel au niveau de l'écriture musicale ?

Dès lors, on constate que l'analyse d'une œuvre contemporaine peut s'avérer parfois ambiguë. Une analyse formelle qui ne prendrait en compte que la structure statique de la partition donnerait une interprétation partielle et incomplète de l'œuvre. Cette partialité serait aggravée dans le cas d'une œuvre mixte ou celui d'une œuvre ouverte, où la partition ne comporte qu'une partie, plus ou moins importante, de l'intention musicale du compositeur. L'analyse de *Makbénach IV*, avec sa structure à la fois électro-instrumentale et hétérophonique, doit comprendre « une analyse multi-niveau dans laquelle chaque niveau intègre des détails omis au niveau précédent »⁶⁸⁹.

Nous avons donc choisi d'associer deux méthodes principales d'analyse. D'abord, une analyse de la partition qui prend en compte la théorie multi-formelle expliquée par Gérard Pape dans son article *Composition et transformation du son*.⁶⁹⁰ Puis, une analyse auditive et perceptuelle associée aux sonagrammes des extraits de l'enregistrement. Ce double niveau d'analyse de *Makbénach IV* permet de mieux appréhender la multiforme musicale entendue par l'auditeur en faisant apparaître les relations perceptuelles qui contribuent à la cohérence structurale. L'évolution sonore dépend aussi bien des détails constitutifs notés dans la partition, des relations inhérentes à l'architecture hétérophonique et à sa réalisation électro-instrumentale, et de la façon dont ces détails provoquent la mise en mouvement des sons dans le temps et l'espace multidimensionnel.

⁶⁸⁹ COOK, K Nicolas, *A Guide to Musical Analysis*, (Oxford : Oxford University Press, 1987), p. 371, notre traduction : [...] multi-layer analysis in which each level incorporates details that were omitted at the previous level.

⁶⁹⁰ PAPE Gérard, *Composition et transformation du son*, article (52 p.) dans Gérard Pape (Paris : Editions Michel de Maule/Mode Records, publication prévue en 2014).

1. La partition : une analyse multi-formelle

Pape propose que la possibilité d'une véritable évolution dans le langage musical se trouve dans l'habilité des compositeurs à donner une impression tridimensionnelle au son,⁶⁹¹ comme a suggéré le compositeur Giacinto Scelsi en 1953. La recherche de Jean-Claude Risset et David Wessel et leur exploration du timbre par l'analyse et la synthèse informatique nous aide à mieux comprendre les paramètres physiques du son et l'incidence de ces paramètres sur le timbre résultant. Dans *The Psychology of Music* (1982) ils ont proposé que l'ultime contrôle du timbre pourrait éventuellement ouvrir la possibilité de nouvelles architectures musicales.⁶⁹²

Tandis que Scelsi cherchait à créer des dimensions multiples dans sa musique par la manipulation minutieuse des timbres, György Ligeti visait le même but dans ses manipulations micro-polyphoniques des éléments rythmiques. Ligeti, quant à lui, parle d'une polyphonie « à la rythmique *multidimensionnelle* » qui « s'agit simplement de l'illusion acoustique d'une profondeur de champ qui n'existe pas objectivement dans la pièce musicale, mais qui se produit dans notre perception à la manière d'une image stéréoscopique »⁶⁹³. Ces idées viennent directement de son travail avec les ondes sinusoïdales dans ses œuvres électroniques précédentes, la *Pièce électronique no. 3*, en particulier.⁶⁹⁴ Dans sa propre théorie musicale, Pape résume ainsi la situation : « Ce qu'il nous faut est une sorte de notation musicale qui rende la dimension de profondeur du son capable d'être perçue et notée »⁶⁹⁵.

Réécrite en 2005, la portée supérieure *Timbre path (chemin de timbre)* de la partition de *Makbénach IV* peut représenter jusqu'à quinze techniques de jeu qui produiront des timbres différents et toujours changeants — les sons éoliens, les sifflements, les sons « multiphoniques », les trilles enharmoniques — un continuum de timbres en évolution constante. En plus, Pape abandonne complètement les indications d'intensité traditionnelle, en faveur des courbes et des traits d'intensité superposés graphiquement sur la portée principale :

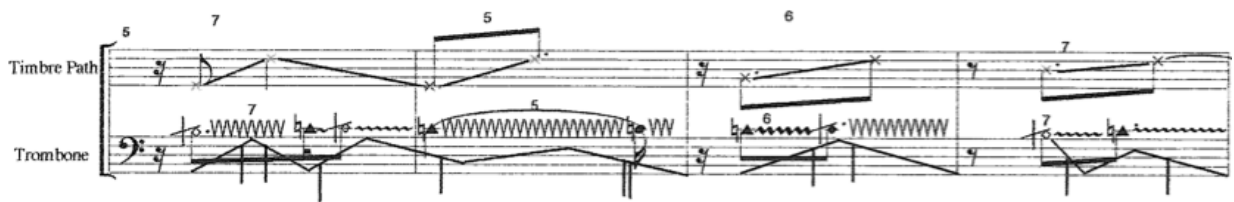
⁶⁹¹ PAPE, Composition et transformation du son, p. 9/52.

⁶⁹² RISSET Jean-Claude et WESSEL David L., Exploration of Timbre by Analysis and Synthesis dans DEUTSCH, Diana, *The Psychology of Music*, New York: Academic Press, 1982, pp. 49 et 50.

⁶⁹³ LIGETI, *Neuf essais sur la musique*, op. cit., 2001, p. 19.

⁶⁹⁴ Ibid., pp. 177 à 179.

⁶⁹⁵ PAPE, Composition et transformation du son, p. 2/52.



Les corps des notes sont remplacés par des formes différentes, chacune indiquant une accentuation d'attaque différente. Les petits chiffres au-dessus de chaque mesure indiquent des divisions temporelles. Sinon, la partition suit plus ou moins les principes de lecture traditionnelle et s'avère assez claire et facile à déchiffrer, malgré la grande quantité d'informations représentées et le niveau d'intégration du détail.

On constate qu'une partition n'est pas « la musique », et dans ce cas, elle n'est même pas une représentation ou une transcription directe de la musique. Elle représente plutôt un seul fil du tissu sonore qui constitue la forme hétérophonique de *Makbénach IV*. Alors, en quoi cela peut nous servir d'entreprendre une analyse formelle de la partition ? Comprendre la forme musicale dans son expression singulière va nous aider à comprendre ensuite la forme dans son expression hétérophonique et multiphonique.

Alors quelles analyses pour quels aspects musicaux ? Étant donné les spécificités de l'écriture instrumentale, il faut d'abord identifier les paramètres et les micro-paramètres composés, puis essayer de déterminer leurs rôles et leurs fonctions respectives dans l'architecture de l'œuvre. Si l'on reprend la théorie multiparamétrique de Pape, on peut identifier les paramètres suivants : Au niveau de la macrostructure, les modulations de temps et de vitesse, de longueurs des phrases, et l'organisation de structures harmoniques via les chemins de timbre. Au niveau de la microstructure, les six micro-paramètres désignés par Julio Estrada dans son article *Focusing on Freedom and Movement in Music*⁶⁹⁶ ont été ici repris par Pape. Ils constituent les transformations continues et multiples de ces six aspects de l'architecture du son : la hauteur, la durée, l'intensité (ou nuance), les accentuations d'attaque et les accentuations complémentaires, la structure harmonique (par les trois chemins de timbre différents) et le vibrato.

Il faut suivre le contrepoint de ces six micro-paramètres afin de mieux saisir les macro-timbres qui résultent de ce contrepoint et qui feront partie de la mésostructure dans la forme multiple et hétérophonique. Chacun de ces micro-paramètres participe à la structure sonore totale à tout moment. En décortiquant ces mécanismes dans une analyse minutieuse de la partition, il est possible de découvrir l'essentiel du processus de l'évolution du timbre au

⁶⁹⁶ ESTRADA, « Focusing on Freedom and Movement in Music », *art. cit.*, 2002.

niveau de l'écriture musicale et son rôle dans la construction d'un espace d'écoute multidimensionnel.

Guide de lecture pour l'analyse multi-formelle de la partition

<p>La macroforme Structure principale, caractéristiques générales, transitions.</p>					
Section A			Section B		
Zone A1	Zone A2	Zone A3	Zone B1	Zone B2	Zone B3
<p>La mésoforme Le continuum sonore, les modulations de la structure harmonique, modulations temporelles, structure de la segmentation des phrases et des gestes.</p>					
<p>La structure harmonique La note, la série harmonique, le cluster, ou le bruit.</p>		<p>Le temps Divisions de la mesure dans multiples pulsations d'une unité de base.</p>		<p>La segmentation L'organisation des phrases et des gestes, leurs caractéristiques.</p>	
<p>La microforme Le profil des micro-paramètres, les caractéristiques des transformations, les courbes de transformation et leur contrepoint.</p>					
<p>Hauteur Les contours mélodiques</p>	<p>Durée Les structures rythmiques</p>	<p>Intensité La nuance</p>	<p>Accentuation Les attaques et la pulsation rythmique</p>	<p>Timbre La structure harmonique</p>	<p>Vibrato La fluctuation de la structure harmonique</p>

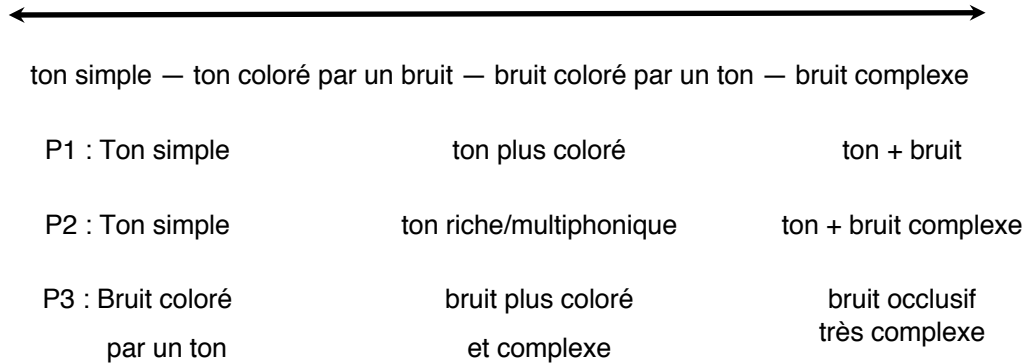
1.1 L'architecture monodique

Makbénach IV est essentiellement une pièce de forme binaire. Les deux sections principales se contrastent par leur caractère, leur timbre et dans leur organisation formelle. Ce contraste renvoie au titre de l'œuvre, *Makbénach* et à son sens, « la chair quitte les os »,⁶⁹⁷ une image dans laquelle est reflétée deux mondes parallèles, celui des vivants et celui des morts, un monde binaire.

La totalité des timbres représentés dans la partition décrivent un continuum sonore entre le ton et le bruit, entre la simplicité et la complexité harmonique, avec des gradations et des variations de couleur selon le chemin (P1, P2, P3) suivi :

⁶⁹⁷ Tiré du récit Histoire de la reine du matin et de Soliman, prince de génies dans DE NERVAL, Gérard. Le Voyage en Orient, édité par J. Guillaume & C. Richois. Paris, Gallimard, 1998, vol. 62.

Continuum de timbre



La première section est caractérisée par des structures sonores bruiteuses et aérées, des sons éthérés et inconsistants. Naturellement chaotiques par nature dans leur composition harmonique, l'évolution de ces sons suit un continuum qui pousse même cette nature à une limite critique où le bruit perd tout aspect de continuité et fait un bond vers le chaos extrême au niveau de la microforme sonore. Cette nature chaotique est exprimée également à de multiples niveaux de la forme musicale.

Dans l'organisation de la mésoforme de la section A, les modulations temporelles suivent les principes des systèmes dynamiques et chaotiques. Les transformations chaotiques de la vitesse de la pulsation établissent un comportement autour d'un *attracteur périodique*⁶⁹⁸, puis cet ordre bascule vers un état chaotique moins ordonné, autour de l'*attracteur étrange*⁶⁹⁹. Le chaos à ce niveau formel est ordonné à l'intérieur des zones équilibrées avec un nombre de phrases qui s'équilibrent autour d'un point central.

La section A suit une transformation continue d'une seule note, *do 4*, avec les variations micro-tonales. La forme de la section est articulée par les *événements exceptionnels*⁷⁰⁰ tels que les répétitions d'une même micro-hauteur, les durées et les silences plus longs, le motif rythmique de trois double-croches et l'absence totale d'accentuation complémentaire. Ces éléments sont plus concentrés autour du point central de la section, et

⁶⁹⁸ Dans le cas d'un système dynamique décrit par Ruelle et Takens, il est possible que le mouvement « tend vers un "attracteur périodique", ou cycle limite – une orbite qui a attiré toutes les orbites avoisinantes. » Gérard PAPE, *Composition et transformation du son*, article (52 p.) dans Gérard Pape (Paris : Editions Michel de Maule/Mode Records, publication prévue en 2014), p. 33/52.

⁶⁹⁹ LORENZ Edward, « Deterministic nonperiodic flow », *Journal of the Atmospheric Sciences* 20, 1963, pp. 130-141.

⁷⁰⁰ XENAKIS, « Musiques formelles », *art. cit.*, 1963, p. 37.

directement après ce point. Le résultat est une légère rémission, un moment de subtilité dans l'état chaotique juste avant que le cheminement musical tourne vers le chaos extrême.

La fin de cette première section s'annonce par des modulations aux niveaux multiples de la mésoforme et de la microforme : des changements de vitesse, des phrases plus régulières, un rallongement général au niveau rythmique, la figure d'anacrusse, les changements erratiques et concentrés d'intensité, une prolifération d'accents très lourds, des vibrato extrêmement variables et un mélange chaotique de bruit éphémère et transparent et de bruit extrêmement occlusif et violent.

Dans la deuxième section, nous sommes confrontés au monde binaire de *Makbénach IV* – un dialogue entre le matériel et l'immatériel. Cette section est structurée autour de la mise en opposition des éléments incompatibles, notamment le matériau « immatériel » et « bruiteux » de la section A et la nouvelle voix comprenant des sonorités plus « matérielles » traditionnellement associées au trombone. Ces deux éléments, qui sont définis d'abord par leur structure harmonique générale (chemin de timbre P1 et P3 respectivement), trouvent une « réconciliation » ultime par voie de l'introduction d'un troisième élément sonore (P2). Cet élément, hautement désordonné et erratique, provoque une évolution de la forme à de multiples niveaux.

La juxtaposition de l'ordre mélodique (P1) et de l'ordre chaotique du bruit (P3) est déstabilisée par les interpolations croissantes de cet élément (P2). Cela provoque un basculement de la mésoforme qui emprunte un chemin vers le chaos, suivant le modèle de « doublement de la période ». ⁷⁰¹ A la fin, les caractéristiques des deux matériaux opposés sont toujours présentes, mais plus rapprochées, corrompues, « interpénétrées ⁷⁰² » par le troisième élément sonore. Le matériau de P1 est poussé progressivement vers le bruit, celui de P3 devient plus mélodique et moins violent.

Le chaos à ce niveau formel est encore ordonné à l'intérieur des zones équilibrées avec un nombre équilibré de segmentations et de modulations de la structure harmonique autour d'un point central. En même temps, au niveau de la microforme, les micro-paramètres suivent un chemin de plus en plus chaotique.

⁷⁰¹ Mitchell Feigenbaum a redécouvert une route vers le chaos qui avait été étudiée dans les années 60 par Myrberg. Aujourd'hui, cette route est appelée « cascade de doublements de période » pour décrire la transition entre un comportement périodique et un attracteur chaotique. La dynamique de cette application présente un comportement très différent selon la valeur du paramètre r . Lorsque le paramètre r augmente, on obtient donc une succession de bifurcations entre les comportements périodiques et le chaos. Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Théorie_du_chaos, vue le 14 mai 2013

⁷⁰² Pape parle de l'interpénétration des éléments musicaux dans son opéra *Weaveworld* qui utilise ce modèle de doublement de la période, dans un contexte différent. Gérard PAPÉ, *Composition et transformation du son*, article (52 p.) dans Gérard Pape (Paris : Editions Michel de Maule/Mode Records, publication prévue en 2014), p. 31/52.

L'architecture élargie de la section B repose sur la série harmonique de *do I*. La forme est encore articulée par les *événements exceptionnels* tels que des notes étrangères, les deux motifs mélodiques, le développement du motif rythmique de la section A et l'effet *wah-wah*⁷⁰³ résultant des fluctuations rapides d'intensité. Chacune des trois « voix » sont caractérisées par les comportements différents des micro-paramètres.

A travers les formes multiples, Pape met en œuvre les principes de l'illusion acoustique d'une profondeur de champ dont parle Ligeti⁷⁰⁴, afin de composer toute dimension, y compris la profondeur et l'espace, de ses matériaux sonores. Selon Ligeti, cette profondeur de champ est évoquée par l'interaction des hauteurs (la verticale), les durées (l'horizontale), les intensités (proche/lointain) et les rapports des hauteurs (l'espace).

Nous constatons dans l'écriture musicale de Pape une profondeur sonore complexe qui se métamorphose perpétuellement par voie des transformations continues de tout aspect du timbre et de sa morphologie dans le temps, voire sa *spectro-morphologie*. L'écriture sur multiples niveaux formels et temporels met à l'épreuve le constat de Curtis Roads selon que « les variations au niveaux micro de l'échelle peuvent provoquer des changements dans la texture musicale aux niveaux temporels supérieurs »⁷⁰⁵.

La préoccupation multi-formelle et l'évolution continue et temporelle de la structure sonore aux niveaux multiples créent une cohérence structurale propre à l'œuvre. *Makbénach IV* mélange des éléments sonores opposés et contradictoires par leur réappropriation et leur réconciliation via les processus chaotiques. A travers sa structure, cette œuvre démontre ce que Xenakis a décrit comme la « cohérence globale et incohérence locale lorsqu'on survole en avion des couches de nuages »⁷⁰⁶.

Le germe de toute la pensée musicale de l'œuvre se trouve dans son écriture monodique — l'aspect fractal de l'architecture musicale est réduit à une seule réplique. La forme de *Makbénach IV* repose autant sur sa multiplicité que sur son architecture singulière. Sa démultiplication et sa transformation ultérieure par dispositif électronique sont prévues à toute étape de l'écriture monodique. Mais, seule, la partition n'exprime qu'une petite partie du monde sonore envisagé par le compositeur — dénudée de sa multiplicité, elle reste un pâle avatar auquel il manque la richesse et la vitalité de sa véritable expression musicale.

⁷⁰³ Wah-wah : une variation périodique de l'intensité et le spectre d'une note entre deux valeurs avec une vitesse réglable et modulable.

⁷⁰⁴ LIGETI, *Neuf essais sur la musique*, op. cit., 2001, p. 19.

⁷⁰⁵ ROADS, *Microsound*, op. cit., 2004, p. 323, "Variations on the micro scale provoke changes in musical texture on higher time scales".

⁷⁰⁶ DELALANDE François, *Il faut être constamment un immigré* » *Entretiens avec Xenakis*, Paris, Buchet-Chastel/INA-GRM, 1997, p. 24.

2. L'analyse multiphonique

La réécriture de *Makbénach IV* en 2005 a permis une simplification des matériaux musicaux à un seul fil, traité par un processus compositionnel qui trouve des résonances dans les reproductions sérigraphiques d'Andy Warhol. C'est dans l'expression multiple de la partition que la véritable musique imaginée par Pape prend vie. L'interaction méticuleuse des couches musicales, chacune représentant une micro-variation du même fil, crée un monde sonore en évolution continue. Chaque niveau de temps, du micro jusqu'au macro, révèle des changements subtils à l'intérieur du son, transformant ainsi le tissu sonore en fibre active et sinieuse — une forme musicale qui respire en cadence avec la fantaisie vivante de Pape.

Nous allons voir plus loin dans l'analyse à quel point les interactions et les interférences entre les huit couches électroacoustiques et la partie soliste ont des conséquences importantes sur l'évolution du timbre et la profondeur sonore dans l'espace musical. Pour commencer, Pape a précisé que chaque couche doit être enregistrée avec un accordement légèrement différent. Ce *scordatura* produit un changement radical du timbre quand les couches s'empilent. L'effet subtil mais puissant de la transformation du timbre est produit par les interférences dues aux combinaisons des tons et de leurs composants harmoniques. Les diapasons alternatifs de chaque couche sont détaillés dans les notes d'introduction de la partition. Ils sont respectivement :

Soliste	1	2	3	4	5	6	7	8
La 440	439	438	436	435	433	429	428	425

Le changement d'équilibre perpétuel entre les intensités et les hauteurs de chaque canal, en plus des changements provoqués par leur mixage en temps réel, produit un mouvement continu du son dans l'espace. L'interaction de tous les composants dans cette expression multiple et multiphonique assure une évolution perpétuelle du son dans l'espace multidimensionnel, tant au niveau logique qu'au niveau de la perception physique.

2.1 Analyse auditive de l'enregistrement

C'est spécifiquement dans la réalisation hétérophonique et multiphonique de la partition que la texture globale de l'œuvre se construit et c'est au moment de l'écoute que tous les changements micro-paramétriques assument leur véritable sens musical. Ils sont des catalyseurs de tension et de ponctuation à l'intérieur du cataclysme auditif dans lequel

l'auditeur se trouve immergé. Les variations micro-tonales de la note soutiennent une tension, comme une force magnétique qui veut toujours retrouver son pôle. Le déplacement graduel des accentuations moyennes vers des accentuations très fortes, la désintégration de leur ordre vers des accentuations chaotiques et plus abruptes, ainsi qu'une concentration croissante d'accentuation intérieure du timbre, soulignent aussi la tension grandissante de cette première section.

La forme de la section A émerge de sa turbulence par des changements plus subtils comme les petites absences de vibrato, les ralentissements rythmiques, et le rallongement des durées. Pendant un moment, les timbres sont moins variables, moins en mouvement — une accalmie s'installe au cœur de la tempête, juste avant qu'elle reprenne sa cadence à toute force, propulsée par un redoublement d'énergie, de complexité et de tension, vers la prochaine section.

Puis, tout bascule vers un autre monde, plus intime, plus compréhensible, plus humain. L'attention est resserrée autour du trombone, on reprend conscience qu'il y a bien un instrumentiste présent et qu'il est au cœur de cette expression sonore. Le calme s'installe, on est bercé, rassuré. Après une transition par un atterrissage violent, on se retrouve au début de la section B, les pieds toujours fermement plantés sous la chaise.

Puis la dialectique commence, les échanges d'abord plutôt gracieux, soutenus, entre la voix rauque mais chantante du trombone et les forces de la nature, maintenant légèrement apprivoisées, mais toujours venant d'autre part. Le temps se rallonge, les sonorités se déforment et se réforment dans une subtile fluidité, leur aspect plus mélodique et gestuel agissant en tant qu'intermédiaire des timbres étrangers.

La deuxième section se déroule selon un plan épisodique. Un certain ordre s'installe, ancré autour de la figure centrale du trombone. Mais la tension ne se relâche en rien — elle vacille simplement entre deux plans, entre deux états conflictuels qui semblent vouloir s'imposer, l'un sur l'autre. Petit à petit, une troisième personnalité fait des irruptions ponctuelles à cette dialectique, perturbant tout semblant d'équilibre.

Les modulations entre les trois matériaux s'entremêlent, les repères temporels marqués par les rythmes élastiques du discours. L'ordre, le désordre et le chaos se chevauchent dans une progression vers l'écroulement totale de la dialectique, qui s'effondre doucement vers le brouhaha bruiteux d'une foule de voix hétérophoniques. Le processus est ponctué par des pics d'interjections erratiques qui minent ses fondations et provoquent, finalement, cet effondrement.

Cette progression est exprimée autant par les modulations entre les trois « voix » que par les transformations des autres dimensions sonores. La stabilité mélodique du début de la

section B est ébranlée par les comportements erratiques des interjections de la troisième « voix », tandis que les rythmes et les phrases plus longues du début laissent place aux échanges rythmiques plus rapides et déséquilibrés.

Les hauteurs suivent un trajet d'expansion graduelle — leur départ dans les hauteurs de la tessiture s'ouvre progressivement vers les profondeurs, comme un gouffre. Une alliance s'affirme entre tension grandissante, effondrement de tout ordre, et des changements de plus en plus erratiques et imprévisibles de l'intensité, de l'accentuation et des comportements oscillatoires des vibratos. Cette tension reste palpable, même après la disparition de la dernière déflagration sonore.

Les structures harmoniques qui résultent des interactions entre les couches hétérophoniques tracent un continuum sonore plus complexe et plus subtil que celui suggéré par la partition. Les décalages entre les lignes créent par la fusion des timbres avoisinants, de nouvelles structures comme le cluster et la série harmonique par exemple. L'interaction des couches superposées provoque au niveau de la perception une différenciation subtile des matériaux sonores. Soit les multiples couches coïncident verticalement ou se trouvent très rapprochées dans le temps, et la structure multiphonique est fusionnée, soit les couches verticales sont étalées dans le temps et l'oreille les perçoit en tant qu'événements séparés. Cette action rajoute une autre dimension micro-rythmique ainsi qu'une complexité de timbre qui provoque un sens de mouvement dans l'espace au niveau perceptuel.

Les modulations harmoniques entre les structures différentes sont alors d'une complexité plus élevée dans la réalisation hétérophonique de l'œuvre. Les micro-transformations de tous les paramètres créent des fluctuations dans le détail sonore, multipliées par leur reproduction multiphonique. Cette multiplication agit sur la *spectromorphologie* de chaque son : à partir des sons acoustiques, Pape réussit à composer de nouveaux sons qui ne sont pas repérés par la perception comme des sons venant d'un instrument acoustique, mais qui ressemblent à quelque chose entre l'acoustique et l'électroacoustique — des sons résultants de la convolution « naturelle ».

Même si les micro-transformations multiparamétriques ne sont pas perçues par l'oreille dans tout leur détail, la somme de leurs comportements simultanés provoque certains phénomènes de perception. En outre, les effets sur le timbre produits par l'interaction hétérophonique et la densité des multiples micro-fluctuations ont un effet surprenant sur la perception de la localisation du son et de son mouvement dans l'espace.

La localisation d'une source sonore est calculée par le cerveau selon deux facteurs principaux : la différence de phase entre les deux oreilles (le temps d'arrivée), puis la

différence d'intensité perçue entre les deux oreilles (due à l'ombre créé par la tête).⁷⁰⁷ La hauteur joue aussi un rôle important dans la perception des sons dans l'espace verticale. Dans la microforme de *Makbénach IV*, tous ces éléments sont en transformation continue. Ainsi, ils provoquent des illusions sonores aux niveaux de l'acoustique et de la psychoacoustique⁷⁰⁸. Cela veut dire d'une part qu'il y a une interprétation des facteurs physiques perçus par le cerveau, et d'une autre part qu'il y a une réinterprétation au niveau de la psychologie de l'individu. Si, à cause de ces facteurs, le positionnement d'un son dans l'espace est continuellement différent, l'enchaînement des changements de position dans le temps va être spontanément perçue comme un mouvement fluide. Chaque micro-son suit alors un micro-trajet de mouvement constant dans l'espace tridimensionnelle.

Dans la première section, ces mouvements sont très prononcés et diffus. L'auditeur a l'impression d'être immergé dans un tourbillon sonore. En contraste, le début de la section B est plus centré sur l'interprète, le champ de mouvement étant réduit par les changements de structure harmonique et de leurs multiples micro-transformations. L'opposition et le renforcement (positif et négatif) des couches superposées créent des interférences acoustiques très complexes — ce qui donne une certaine imprévisibilité micro-formelle. La conséquence perceptuelle est que l'espace sonore semble respirer comme un organisme qui se gonfle et se rétrécit avec chaque nouvelle modulation sonore.

Tout compte fait, l'expérience auditive de *Makbénach IV* résume bien le sens implicite de son titre : la chair quitte les os. Au final, cette expérience musicale révèle la collision de l'immatériel et du matériel, l'incarnation d'éléments et leur éventuelle désincarnation, et la coexistence de la décomposition et de la composition : l'affrontement de forces fondamentalement opposées.

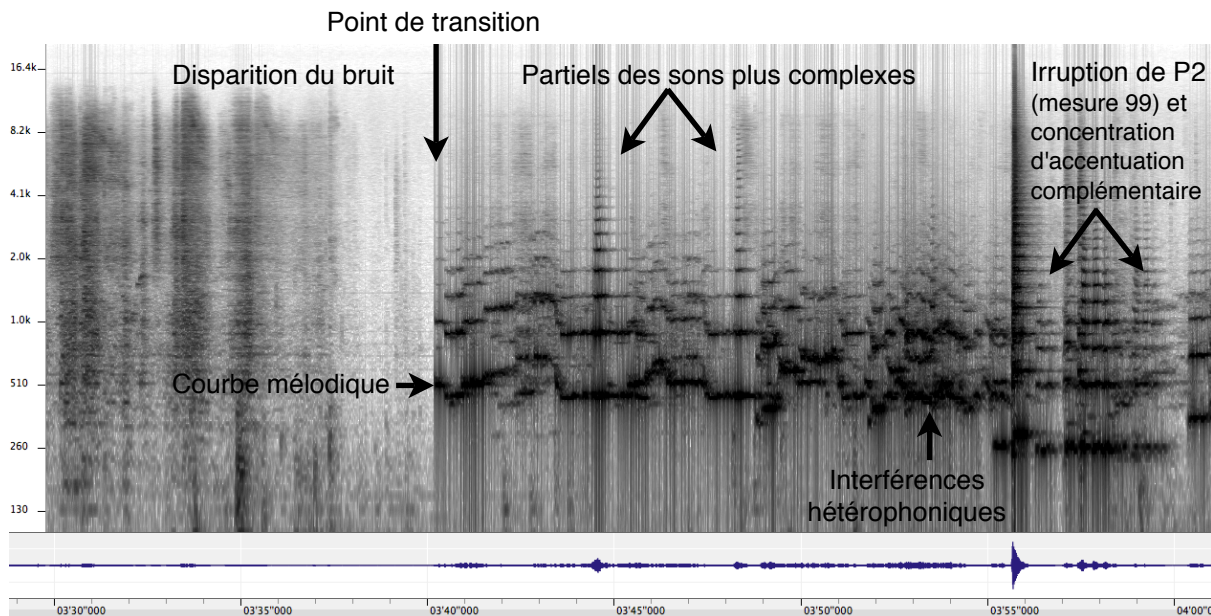
2.2 L'architecture hétérophonique : transition, modulation et transformation

Le sonagramme⁷⁰⁹ dépeint bien les changements entre les états formels différents. La transition entre les deux sections principales est clairement visible et l'image décrit le contraste et la discontinuité qui délimite la macroforme binaire :

⁷⁰⁷ Pour plus de détail sur ces mécanismes, voir : John Pierce, *Le son musical : musique, acoustique et informatique*, (Paris : Pour la science, Belin, 1984), ou un autre livre spécialisé de l'acoustique et son application à la musique.

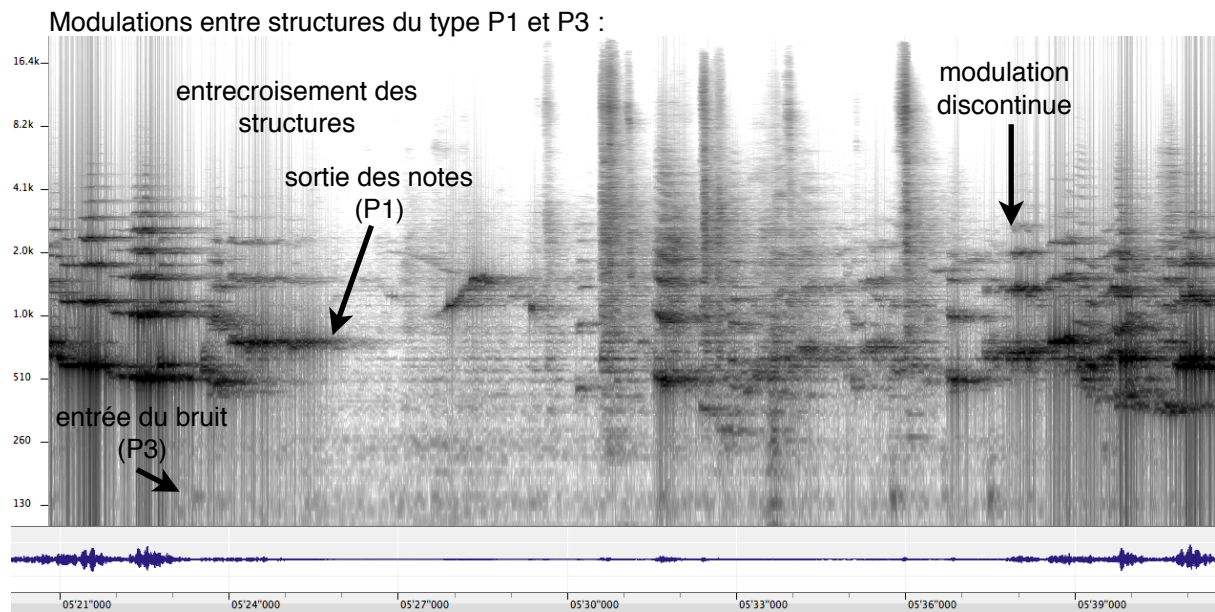
⁷⁰⁸ Cf. ZWICKER Eberhard, *Psychoacoustique : l'oreille, récepteur d'information*, Paris, Masson, 1981.

⁷⁰⁹ Le sonagramme est une représentation graphique du son dont la fréquence est indiquée sur l'axe vertical et le temps sur l'axe horizontal. L'intensité du son est représentée par les gradations de l'image — l'absence tonale dans l'image correspond au silence, et les gradations plus foncées au sons plus forts. Tous les sonagrammes dans cette étude sont créés avec le logiciel Amadeus Pro, version 2.1, avec les réglages suivants : taille de 512 pixels, résolution de 72dpi, échelle logarithmique, 5,5 pixels /demi-ton, fréquence 22050 Hz, Taille FFT 4096, aucun fenêtrage (carrée).

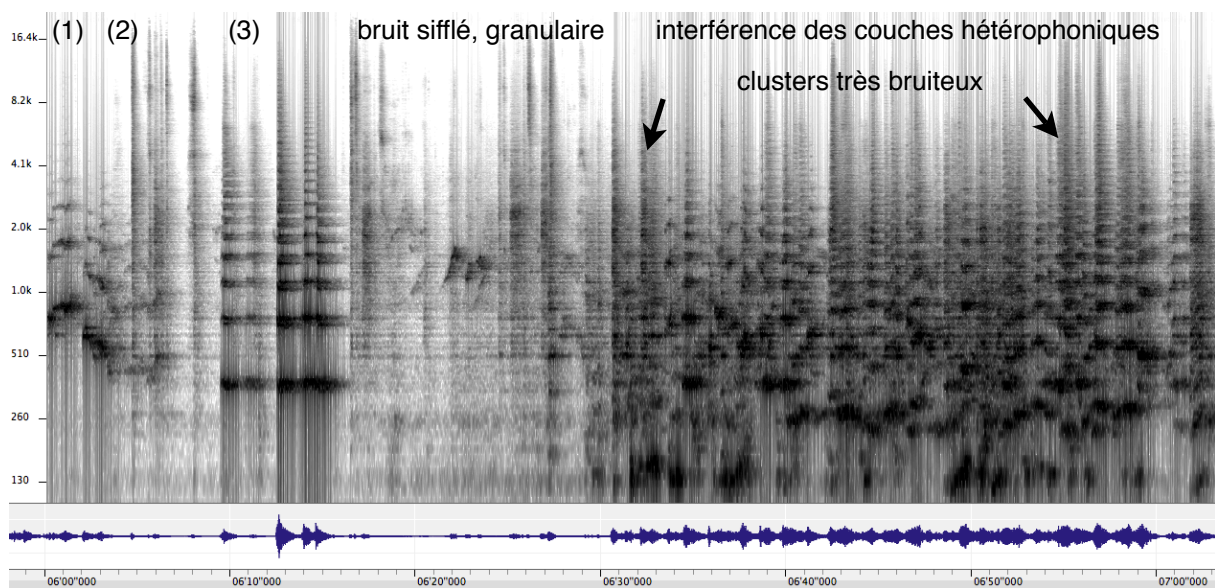


Cette image est prise de l'enregistrement de 2012 autour du point de transition. La disparition des sons bruiteux est mieux articulée par le dispositif électronique plus récent, et donc la transition garde ce caractère abrupt, qui est conforme à la partition. La courbe mélodique qui suit immédiatement la transition est très nette au début de la section B, les transformations entre les notes de structure harmonique simple et celles du timbre plus complexe sont mises en évidence par le nombre de partiels visibles au-dessus de la fréquence fondamentale. L'irruption inattendue d'une structure du type P2 est aussi facile à repérer par sa complexité harmonique et par l'intensité marquée dans la totalité de son spectre.

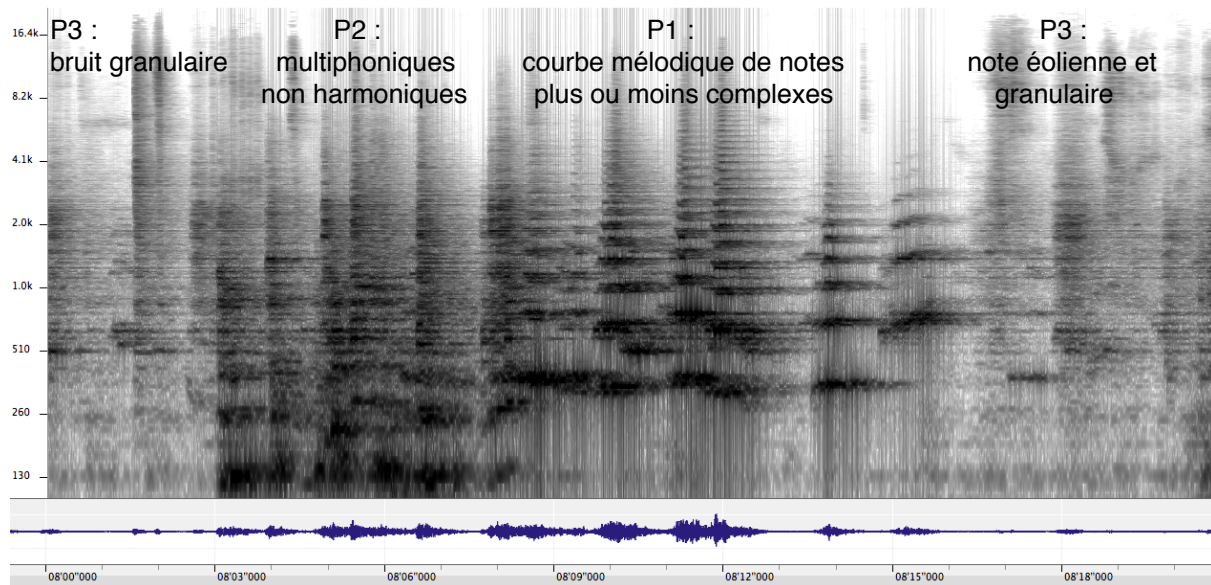
En utilisant la fonction *zoom* sur le sonagramme, les modulations entre les structures harmoniques au niveau de la mésoforme deviennent clairement visibles. Une modulation discontinue entre la note et le bruit peut démontrer une certaine continuité provoquée par des couches hétérophoniques qui se chevauchent, comme la première modulation, présentée ci-dessous. La deuxième modulation, par contre, est nettement discontinue.



La prochaine image nous montre un enchaînement de modulations qui comprend certaines structures harmoniques très complexes et chaotiques résultant de la fusion des structures avoisinantes dans la texture hétérophonique. Des structures faites de notes entremêlées (1), de notes éoliennes (2) et de la série harmonique (3) se succèdent rapidement. Puis il y a une modulation vers le bruit sifflé et granulaire (les graines sont représentées par les lignes verticales plus foncées dans le bruit). Au milieu de cette image, la modulation aux structures de type P1 est caractérisée par la concentration d'interférences entre les couches hétérophoniques. Les notes très complexes sont légèrement décalées dans le temps et créent ainsi des clusters très bruyeux.

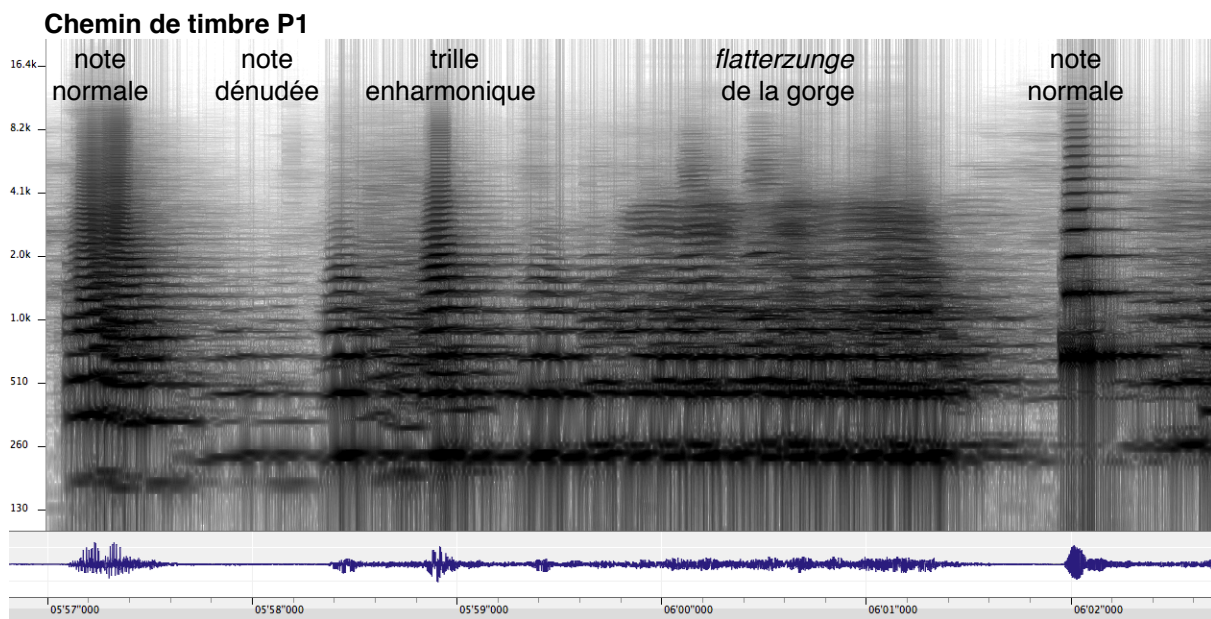


Le contraste entre les trois chemins de timbre et leurs structures caractéristiques est très clair dans l'image suivante. Les modulations discontinues entre le bruit de P3, les structures multiphoniques non harmoniques (une note jouée et une note non harmonique chantée simultanément) de P2 et puis l'enchaînement mélodique des notes de P1 se succèdent avant de revenir au bruit de la note éolienne et granulaire :



(Sonagramme 2008, 4min à 4min18sec).

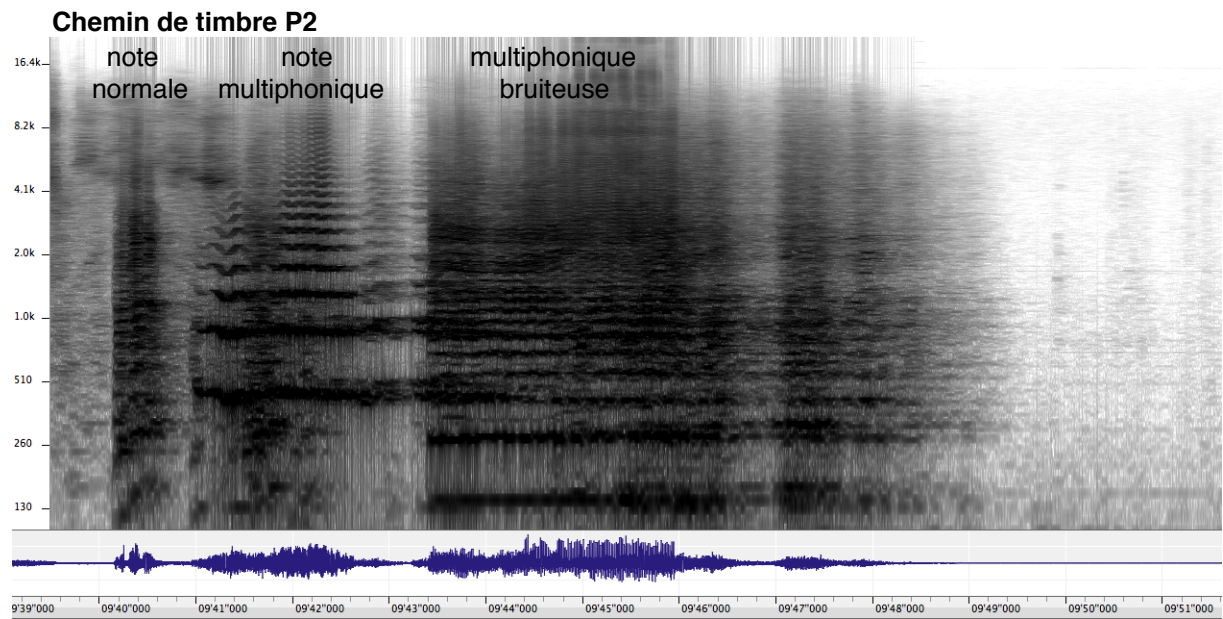
Les transformations micro-formelles entre les structures sur le continuum de chaque chemin de timbre sont légèrement plus difficiles à discerner, même avec l'augmentation de détail du *zoom*. Ici on voit les transformations suivant le chemin de timbre P1. Une note normale est suivie par une note dont le timbre est dénudé, puis les oscillations d'un trille enharmonique qui se transforme en *flutterzunge* de la gorge. Le son distordu produit par l'effet de *flutterzunge* est visible par le rapprochement des partiels non harmoniques au-dessus de la note fondamentale :



(Sonagramme 2012, 5min57sec à 6min02sec).

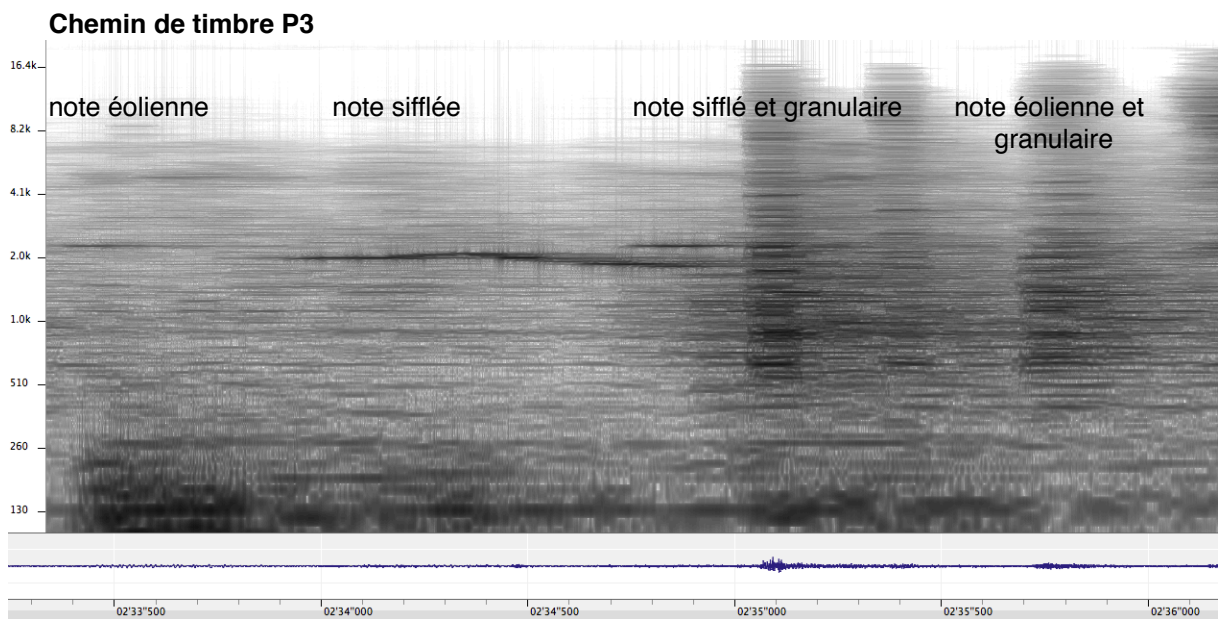
Le chemin de timbre P2 avec ses structures complexes et multiphoniques est bien illustré dans les dernières mesures. L'image suivante montre une transformation entre trois structures harmoniques sur ce continuum. L'interaction des délais hétérophoniques ajoute même plus de complexité aux structures harmoniques visibles ici. La première note (normale) est bien colorée par les délais du bruit des mesures précédentes. Puis le timbre des deux notes suivantes se transforme entre une note normale et une note multiphonique (la note jouée et chantée en unisson). La petite courbe sinueuse au début de ce geste représente un large et lent vibrato autour de la hauteur principale — cela ne figure pas dans la partition mais fait partie plutôt des éléments expressifs ajoutés par l'interprète.

La dernière note comprend une multiphonique bruiteuse. Les partiels supérieurs sont très rapprochés, même si les deux notes produites par l'interprète sont clairement distinctes en dessous (*do#2* chantée et *sol4* jouée). Une sonorité très complexe et bruiteuse est produite par la combinaison de ces deux hauteurs et par le souffle de l'instrumentiste qui pousse la sonorité à son point critique. Les couches hétérophoniques viennent ajouter un aspect rythmique de pulsations supplémentaires à ce geste définitif de l'œuvre.



(Sonagramme 2012, mesures 262 et 263)

En contraste de ce bruit très complexe et dense qui conclue l'œuvre, les transformations du chemin de timbre P3 des notes éoliennes, sifflées et granulaires apparaissent légères et inconsistantes :



(Sonagramme 2008, 2min33 à 2min36)

3. Les relations perceptuelles et la cohérence structurale

A partir de cette analyse il est possible de distinguer plusieurs relations fonctionnelles entre les différentes dimensions de la perception : la relation entre le geste musical et la texture, celle qui se développe entre le timbre et l'espace et puis l'influence de ces relations sur la densité et le mouvement perçu. Ces relations sont au cœur du développement musical de l'œuvre et de la cohérence de sa forme.

Selon Smalley, le geste comprend l'action dirigée vers ou à partir d'un objectif, une énergie appliquée qui aura des conséquences. Il est synonyme d'intervention, de croissance et de progrès, et il est lié à la causalité. Par contre, la texture est faite de structures qui impliquent des comportements internes et une énergie intériorisée, qui s'auto-propage — une fois initiée, elle continue son élan sans provocation supplémentaire. Le geste est porté par la forme externe tandis que la texture est portée par son activité interne.⁷¹⁰

Ce contraste est mis en évidence dans *Makbénach IV* par la dialectique entre les deux « voix » de P1 et de P3. Les gestes plus mélodiques et directs qui sont caractéristiques des matériaux du chemin P1 contrastent avec les textures inconsistantes et turbulentes des matériaux du chemin P3. Cette mise en opposition entre le geste et la texture est au cœur de la dynamique de l'œuvre et de la structure de son processus énergétique. Les tensions entre l'action dirigée et l'action intériorisée créent des contractions et des expansions d'énergie qui propulsent le discours musical vers son inévitable fin. Les interpolations violentes des matériaux désordonnés de P2 ne comprennent ni geste ni texture, mais sont itératives et saccadées par nature, cassant ainsi la continuité du discours en même temps qu'il la reconstruit autrement.

La relation entre le timbre et l'espace s'opère sur plusieurs plans : l'espace littéral, physique et tridimensionnel, l'espace temporel, métaphorique et multidimensionnel, l'espace perçu et celui projeté par l'imagination. L'architecture du timbre est centrale à la construction des espaces multiples et de la forme musicale qui se matérialise dans ces espaces. Ligeti souligne que « la conjonction des deux dimensions — horizontale et verticale — et les relations illusoire qu'elles comportent font finalement apparaître le fantasme d'un système de relations au sein de ce qui était 'a priori' sans relation et, par conséquent, la forme musicale »⁷¹¹.

Dans *Makbénach IV*, la place centrale est occupée par l'instrument. Le contraste du geste instrumental avec la texture bruiteuse et éphémère met en œuvre les relations spatiales

⁷¹⁰ EMMERSON (éd.), *The Language of electroacoustic music*, op. cit., 1986, p. 82 à 83.

⁷¹¹ LIGETI, *Neuf essais sur la musique*, op. cit., 2001, p. 150.

issues des diverses structures harmoniques que ces éléments comprennent. Les structures ordonnées et mélodiques agissent en tant qu'ancre centrale, les structures bruiteuses respirent autour du centre et remplissent l'espace et finalement, les interjections brutales et multiphoniques de type P2 dessinent l'espace vertical par leurs sauts extrêmes de hauteur et leurs sonorités ambiguës.

La fonction électroacoustique de l'écriture instrumentale permet une extension des possibilités sonores avec des degrés multiples de séparation et de dislocation. La perspective sonore est distordue par trois processus : l'amplification, la diffusion et les délais temporels. Ce traitement électroacoustique exagère les contrastes de positionnement des sources sonores perçues et leurs rapports dans l'espace physique. De plus, ce traitement participe à la fusion homogène des sons avoisinants provenant des couches multiples en corrélation hétérophonique, surtout ceux qui sont caractérisés par leur contenu structural bruiteux.

Ainsi, on constate que le rôle du timbre et de son évolution temporelle est complexe. Acteur principal dans l'évolution de la forme musicale, le timbre dessine aussi l'espace physique par l'interaction des éléments inhérents et propres à sa construction harmonique. Cette relation est soulignée par l'enjeu acoustique-électroacoustique et les relations complémentaires entre le timbre et l'espace suscitées par cette relation.

Dans ce même contexte, Emerson a remarqué : « L'instrument est principalement ancré au centre de la scène et il agit en tant que point de référence fixe dans le cadre plus grand et tridimensionnel du monde électroacoustique. Mais la fixité du véritable espace acoustique est relativement sans importance comparée aux mouvements apparents suggérés par les changements du timbre et les interactions des parties électroacoustiques »⁷¹².

De ce fait, la coopération des différentes relations entre le timbre, le geste et la texture, produit d'abord, la réalité de sons multidimensionnels qui provoquent des illusions auditives, ensuite, fait apparaître des espaces aussi réels qu'imaginaires et finalement, dessinent des mouvements de ces mêmes sons dans les espaces multiples.

Par exemple, le sens de mouvement rotatif comme celui qui se trouve dans la première section de *Makbénach IV* est produit par la fluctuation perpétuelle des multi-paramètres détaillés dans la partition. Les mouvements cycliques et continus des courbes de transformation des multiples micro-paramètres de l'écriture instrumentale évoquent l'impression du *mouvement centrique*⁷¹³ dans leur réalisation multiphonique.

⁷¹² EMMERSON, « Acoustic/Electroacoustic: The Relationship with Instruments », *art. cit.*, 1998, p. 150 à 151.

⁷¹³ Le mouvement centrique est décrit par Denis Smalley dans son article Spectro-morphology and Structuring Processes, Il explique que ce mouvement, soit irradiant soit convergeant vers un point central, est très fréquemment trouvé dans le domaine visuel. Par contre, la solution musicale se trouve dans la nature cyclique des mouvements centrés et leur relation avec le mémoire à court terme. Un mouvement répétitif permet à la perception d'inculquer sa forme tournante et sa continuité dans une série de photogrammes, et ainsi de déduire

Smalley a noté : « La conception *spectro-morphological* seule [...] par le contrôle de la structure du spectre et de sa dynamique, crée des mouvements tantôt réels tantôt imaginaires sans faire appel à de véritables mouvements dans l'espace. [...] Une conception morphologique minutieuse assistée par une articulation dans l'espace peut produire des résultats très convaincants »⁷¹⁴.

Cette coopération influe, en effet, sur la relation entre le mouvement et la densité sonore. On observe un continuum dans la transformation entre la densité focalisée par le geste monodique, la densité inconsistante des sons éoliens et les densités plus compactes et solides des autres matériaux. Ce continuum correspond directement aux comportements du mouvement dans l'espace : d'abord, des mouvements lents et planants, ancrés autour d'un point central, puis des mouvements discontinus très denses avec des déplacements abrupts tous-azimuts, et finalement des trajets très directs, rapides et connectés, puis dispersés dans des tourbillons d'air.

L'ensemble de ces relations et de leur fonction au sein de la structure multi-formelle participe à la construction d'une cohérence musicale. Ces relations suscitent une attente chez l'auditeur en créant un sens d'anticipation et de retard dans la continuité sonore. Toujours en flux, ces actions augmentent la tension dynamique de l'œuvre et maintiennent l'énergie vitale qui est l'essence même de cette musique et de l'expérience de son écoute.

Conclusion

Le modèle conventionnel de l'œuvre mixte pour instrument et bande magnétique est souvent caractérisé par une forme de dialogue entre les deux acteurs. Ceci n'est pas le cas dans *Makbénach IV*. Au lieu d'un échange entre deux plans distincts, les limites entre l'acoustique et l'électroacoustique sont franchies, autant dans l'écriture que dans la réalisation de l'œuvre. L'action instrumentale est à l'origine de la forme totale de l'œuvre et de son architecture sonore aux niveaux multiples. Le processus de va et vient entre l'écriture pour l'instrument et pour dispositif électronique produit une musique née du point de rupture entre ces deux méthodes compositionnelles de base. Les frontières entre la conceptualisation et les méthodes de production sonore s'entremêlent et des timbres hybrides peuvent en résulter.

Les multiples transformations qu'on observe aux différents niveaux formels de l'écriture de *Makbénach IV* provoquent des timbres en évolution constante. Chaque courbe de transformation paramétrique apparaît comme un élément unique et vital à la construction des

une résultante orientation centrique. Dans EMMERSON (Ed.), *The Language of Electroacoustic Music*, pp. 75 à 76.

⁷¹⁴ EMMERSON (éd.), *The Language of electroacoustic music*, op. cit., 1986, pp. 73 et 76.

structures harmoniques et à leur comportement morphologique. Le contrepoint résultant de l'interaction de toutes ces courbes en transformation continue est au cœur de la dynamique évolutive qui est implicite à chaque sonorité.

Leur subséquente expression dans une forme hétérophonique projetée dans un espace multiphonique par le dispositif électroacoustique, fait exploser les dimensions des timbres résultants dans une profusion de mouvement dans l'espace. Cette expression hétérophonique est un élément central du processus d'évolution du timbre et de son émanation dans l'espace multidimensionnel. Le flux continu de fusion et de séparation des structures harmoniques, dû à l'interpénétration acoustique des couches sonores dans le temps, a autant d'incidence sur le plan physique du son que sur la perception humaine elle-même.

Malgré la fixité de l'instrument dans l'espace acoustique, la désincarnation des sons émis résulte de la complexité des relations entre timbre, geste, texture, mouvement, densité et espace — l'instrument devient à la fois fixe et mobile dans des espaces multiples. Les relations de causalité apparaissent simultanément claires et obscurcies. L'instrument est l'initiateur voire la cause de tout son, mais il suscite les relations complexes dans l'espace réel et virtuel, ce qui rendent ambiguë l'origine des sons entendus par l'auditeur.

Les comportements respectifs des sons émanant du trombone et ceux projetés par le dispositif électronique coexistent malgré leur conflit fondamental. Les actions de domination et de subordination deviennent eux aussi ambiguës et fluides — ces rôles basculent perpétuellement entre l'instrument et ses émissions sonores désincarnées. Emerson nous rappelle : « on attend qu'un instrument ait un certain type de comportement en rapport avec sa taille, sa forme et la pratique instrumentale attendue »⁷¹⁵. L'écriture instrumentale de Gérard Pape s'éloigne de cette expectative et projette l'instrument acoustique dans une sphère où la production technique du son est aussi polyvalente et ambiguë que sa source d'émanation.

L'espace entre l'acoustique et l'électroacoustique est ainsi éclipsé dans *Makbénach IV*, la contradiction entre la réalité visuelle et auditive laissant place à une perception qui permet l'imagination humaine de reconstruire cet espace. La collaboration entre l'écriture compositionnelle et la réalisation musicale forme donc, une ultime complicité électro-instrumentale. C'est grâce à cette complicité que la forme multidimensionnelle de l'œuvre peut être explicitée. Le degré de coalescence évident dans la relation électro-instrumentale chez Pape et tel qu'il apparaît dans son œuvre *Makbénach IV*, semble indiquer qu'elle a imprégnée au cœur même de sa pensée compositionnelle et de son langage musical.

⁷¹⁵ EMMERSON, « Acoustic/Electroacoustic: The Relationship with Instruments », *art. cit.*, 1998, p. 148.

Bibliographie

ARTAUD Antonin, *Œuvres*, Paris, Gallimard, 2004 (Quarto).

AURIOL Bernard, *La clef des sons : éléments de psychosonique*, 2e éd, Toulouse, B. Auriol, 1994.

BERGE Pierre, POMEAU Yves et VIDAL Christian, *L'Ordre dans le chaos : vers une approche déterministe de la turbulence*, Paris, Hermann, 1984 (Collection Enseignement des sciences 33).

BEYER Robert, « Das problem der "Kommenden Musik" », *Die musik*, Berlin, 1928, traduit sous le titre « le problème de la "musique à venir" », *Ars Sonora*, publication électronique, Paris, CDMC, 03.1996, XXe Siècle, N° 3. En ligne: <<http://www.ars-sonora.org/html/numeros/numero03/03f.htm>>, consulté le 12.09.2015.

BEYLS Peter, « Chaos and Creativity: The Dynamic Systems Approach to Musical Composition », *Leonardo Music Journal* 1 (1), 1991, pp. 31–36. En ligne: <<https://doi.org/10.2307/1513118>>.

BOON Jean-Pierre, NOULLEZ Alain et MOMMEN Corinne, « Complex dynamics and musical structure », *Interface* 19 (1), 01.01.1990, pp. 3-14. En ligne: <<https://doi.org/10.1080/09298219008570553>>.

BOUCOURECHLIEV André, *Le langage musical*, Paris, Fayard, 1993 (Les chemins de la musique).

BOULEZ Pierre, *Penser la musique aujourd'hui*, Paris, Éditions Gonthier, 1963 (Bibliothèque Médiations 13).

BOULEZ Pierre, « Éventuellement... », *Relevés d'apprenti*, 1952.

BOULEZ Pierre et SAMUEL Claude, *Pierre Boulez, Éclats 2002*, Mémoire du Livre, 2002.

BOURGINE Paul et LESNE Annick, *Morphogenèse: l'origine des formes*, Paris, Belin, 2006 (Échelles).

BOUTOT Alain, *L'invention des formes : chaos, catastrophes, fractales, structures dissipatives, attracteurs étranges*, Paris, O. Jacob, 1993.

BROWN Andrew R., « Opportunities for evolutionary music composition », dans *Australasian Computer Music Conference*, Melbourne, Editeur P. Doornbusch, 2002, pp. 27-34.

BURROWS David, « A Dynamical Systems Perspective on Music », *The Journal of Musicology* 15 (4), 1997, pp. 529-545. En ligne: <<https://doi.org/10.2307/764006>>.

CAGE John, *Silence [lectures and writings by John Cage]*, Middletown, Conn, Wesleyan university press, 1961.

CASTELLENGO Michèle, *Écoute musicale et acoustique: avec 420 sons et leurs sonagrammes décryptés*, Paris, Eyrolles, 2015.

- CHIARUCCI Henri, « Essai d'analyse structurale d'œuvres musicales », *Musique en jeu, Le Seuil, Paris* (12), 1973.
- CHOUVEL Jean-Marc, *Analyse musicale : sémiologie et cognition des formes temporelles*, Paris Budapest Kinshasa [etc.], l'Harmattan, 2006 (Arts & sciences de l'art).
- CLARKE Michael, « Analysing Electroacoustic Music: an Interactive Aural Approach », *Music Analysis* 31 (3), 2012, JSTOR, pp. 347-380.
- COLLIGNAN Thomas, *Le son : un aller-retour pour le corps.*, thèse, Université Bordeaux Segalen : Institut de Formation en Psychomotricité, 2011.
- COLLOQUE INTERNATIONAL D'ÉPISTEMOLOGIE MUSICALE, *Observation, analyse, modèle : Peut-on parler d'art avec les outils de la science ? Actes du 2e Colloque international d'épistémologie musicale*, Paris, Ircam l'Harmattan, 2002 (Les cahiers de l'Ircam).
- COX Arnie, « Embodying Music: Principles of the Mimetic Hypothesis », *Music Theory Online* XVII (2), 2011.
- DACK John, « Strategies in the Analysis of Karlheinz Stockhausen's Kontakte für elektronische Klänge, Klavier und Schlagzeug », *Journal of New Music Research: Vol 27, No 1-2*, 1998, pp. 84-119.
- DALLET Sylvie, CHAPOUTHIER Georges et NOËL Emile, *La création, définitions et défis contemporains*, Broché, 2009 (Ethiques de la création).
- DARBELLAY Etienne, *Le temps et la forme: pour une épistémologie de la connaissance musicale*, Librairie Droz, 1998.
- DARBON Nicolas, *Pour une approche systémique de l'opéra contemporain*, Paris, Université de Paris-Sorbonne, 2001.
- DARBON Nicolas, *Les musiques du chaos*, Paris, Harmattan, 2006.
- DARBON Nicolas, *Musica multiplex: dialogue du simple et du complexe en musique contemporaine*, Paris, l'Harmattan, 2007 (Sémiotique et philosophie de la musique).
- DE ROSNAY Joël, *Le microscope : vers une vision globale*, Paris, Éd. Points, 2014.
- DECARSIN Francois, « Metamorphoses of Invention », *Perspectives of New Music* 36 (2), 01.07.1998, pp. 13-39. En ligne: <<https://doi.org/10.2307/833521>>.
- DEGENNE Alain, *Attracteurs*, 2014. En ligne: <<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01081801>>, consulté le 28.05.2019.
- DELALANDE François, *Il faut être constamment un immigré » Entretiens avec Xenakis*, Paris, Buchet-Chastel/INA-GRM, 1997.
- DELALANDE François, « Music analysis and reception behaviours: Sommeil by Pierre Henry », *Journal of New Music Research* 27 (1-2), 01.06.1998, pp. 13-66. En ligne: <<https://doi.org/10.1080/09298219808570738>>.
- DELIEGE Célestin et DECROUPET Pascal, *Sources et ressources d'analyses musicales : Journal d'une démarche*, Sprimont, Editions Mardaga, 2005.

DELIEGE Irène, « Similarity Perception ↔ Categorization ↔ Cue Abstraction », *Music Perception: An Interdisciplinary Journal* 18 (3), 2001, pp. 233-243. En ligne: <<https://doi.org/10.1525/mp.2001.18.3.233>>.

DELIEGE Irène, MELEN Marc, STAMMERS Diana et al., « Musical Schemata in Real-Time Listening to a Piece of Music », *Music Perception: An Interdisciplinary Journal* 14 (2), 1996, pp. 117-159. En ligne: <<https://doi.org/10.2307/40285715>>.

DI SCIPIO Agostino, « Sound is the interface: from interactive to ecosystemic signal processing », *Organised Sound* 8 (3), 2003. En ligne: <<https://www.cambridge.org/core/journals/organised-sound/article/sound-is-the-interface-from-interactive-to-ecosystemic-signal-processing>>, consulté le 04.11.2017.

DI SCIPIO Agostino, « The problem of 2nd-order sonorities in Xenakis' electroacoustic music », *Organised Sound* 2 (3), 1997, pp. 165-178.

DI SCIPIO Agostino, « On Different Approaches to Computer Music as Different Models of Compositional Design », *Perspectives of New Music* 33 (1/2), 1995, pp. 360-402.

DI SCIPIO Agostino, « Formal Processes of Timbre Composition, Challenging the Dualistic Paradigm of Computer Music, A study in Composition Theory (II) », dans *ICMC Proceedings 1994*, Aarhus, Denmark, International Computer Music Association, 1994.

DI SCIPIO Agostino, « Clarification on Xenakis: The Cybernetics of Stochastic Music », *Presences of Iannis Xenakis, CDMC*, <<https://www.researchgate.net/publication/235959405>>, consulté le 07.10.2018.

DONIN Nicolas et FENEYROU Laurent (éds.), *Théories de la composition musicale au XXe siècle*, 2 vol., Lyon, Symétrie, 2013 (Symétrie recherche).

DUFORT Louis, *Approche systémique pour la composition d'œuvres acousmatiques, mixtes, vidéomusicales et pluridisciplinaires*, Université de Montréal, 2014.

DUFORT Hugues, *La musique spectrale : une révolution épistémologique*, Sampzon, Éd. Delatour France, 2014 (Collection Musique & philosophie).

DURAND Daniel, *La systémique*, 12e éd., Paris, Presses universitaires de France, 2013 (Que sais-je ?).

EDDINGTON Arthur, *The Nature Of The Physical World*, New York, 1928. En ligne: <https://www.goodreads.com/work/best_book/1678802-the-nature-of-the-physical-world>, consulté le 28.05.2019.

EMMECHE Claus, KOPPE Simo et STJERNFELT Frederik, « Explaining Emergence: Toward an Ontology of Levels », *Journal for General Philosophy of Science / Zeitschrift für Allgemeine Wissenschaftstheorie* 28 (1), 1997, pp. 83-119. En ligne: <<https://doi.org/10.1023/A:1008216127933>>.

EMMERSON Simon, « Acoustic/Electroacoustic: The Relationship with Instruments », *Journal of New Music Research*, Vol. 27, No. 1-2, 1998.

EMMERSON Simon (éd.), *The Language of electroacoustic music*, London, Macmillan, 1986.

ESTRADA Julio, « Focusing on Freedom and Movement in Music: Methods of Transcription inside a Continuum of Rhythm and Sound », *Perspectives of New Music* 40 (1), 2002, pp. 70-91.

FONTANILLE Jacques, *Corps et sens*, PUF, Paris, 2011.

GEORGESCU Cosmin et GEORGESCU Mario, « A system approach to music », *Interface* 19 (1), 01.01.1990, pp. 15-52. En ligne: <<https://doi.org/10.1080/09298219008570554>>.

GIOMI Francesco, MEACCI Damiano et SCHWOON Kilian, « Live Electronics in Luciano Berio's Music », *Computer Music Journal* 27 (2), 2003, JSTOR, pp. 30-46.

GIOMI Francesco et LIGABUE Marco, « Evangelisti's Composition Incontri di Fasce Sonore at W.D.R.: Aesthetic-Cognitive Analysis in Theory and Practice », *Journal of New Music Research* 27 (1-2), 1998, p. 122.

GLEICK James, *La théorie du chaos*, 2008 édition revue et corrigée, Paris, Flammarion, 2008.

GODIN Christian, *Encyclopédie conceptuelle et thématique de la philosophie*, Editions Champ Vallon, 2018.

GOSSELIN Vincent, *Problématiques(s) des rapports soma/psyché dans les neurosciences et dans la psychanalyse : du réel de la science au réel du parlêtre.*, Psychologie, Toulouse, Université Toulouse le Mirail - Toulouse II, 2011. En ligne: <<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00651477/document>>.

GRANOVETTER Mark, « Threshold Models of Collective Behavior », *American Journal of Sociology* 83 (6), 1978, pp. 1420-1443.

GRISEY Gérard, *Ecrits ou L'invention de la musique spectrale*, Paris, Éditions MF, 2008.

HARVEY Jonathan, *The Music of Stockhausen, an introduction*, London, Faber & Faber, 1975.

KELLER D., « Anitoo: some analysis tools », Proceedings of the International Computer Music Conference, Hong Kong ICMA, 1996.

KIM Jaegwon, *Trois essais sur l'Émergence*, Les Éditions d'Ithaque, Paris, 2006.

KUHN Thomas S., « La structure des révolutions scientifiques de Thomas S. Kuhn - Editions Flammarion », <<https://editions.flammarion.com/Catalogue/champs-sciences/la-structure-des-revolutions-scientifiques>>, consulté le 18.05.2019.

LAI Antonio, *Genèse et révolutions des langages musicaux*, Paris Budapest Torino, l'Harmattan, 2002 (Sémiotique et philosophie de la musique).

LASKE Otto, « The Computer as the Artist's Alter Ego », *Leonardo* 23 (1), 1990, JSTOR, pp. 53-66. En ligne: <<https://doi.org/10.2307/1578466>>.

LECOURT Édith, *L'expérience musicale, résonances psychanalytiques*, Paris, Éd. l'Harmattan, 1994.

LEMAN Marc, *Music and Schema Theory: Cognitive Foundations of Systematic Musicology*, Springer Science & Business Media, 2012.

LEVY Burt Jerome, *Aspects of a Systems Approach to Musical Analysis*, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1972.

- LEVY Fabien, *Le compositeur, son oreille et ses machines à écrire : déconstruire les grammatologies du musical pour mieux les composer*, Paris, Vrin, 2013 (Musicologies).
- LEWES George Henry, *Problems of Life and Mind*, Trübner & Company, 1875.
- LIGETI György, *Neuf essais sur la musique*, trad.fr. Catherine Fourcassie, Genève, Éd. Contrechamps, 2001.
- LORENZ Edward, « Deterministic nonperiodic flow », *Journal of the Atmospheric Sciences* 20, 1963, pp. 130-141.
- LUGAN Jean-Claude et MIDI-PYRENEES Conseil économique et social, *Lexique systémique et prospective*, Toulouse, 2006.
- MAINZER Klaus, *Thinking in Complexity: The Computational Dynamics of Matter, Mind, and Mankind*, 5^e édition, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, 2007.
- MACHE François-Bernard, *Musique, mythe, nature ou les Dauphins d'Arion*, Paris, Klincksieck, 1983 (Collection d'esthétique 40).
- MAKAN Keeril et PAPE Gerard, « An Interview with Gerard Pape », *Computer Music Journal* 27 (3), 01.10.2003, pp. 21-32.
- MARTIN Serge, *Le Langage musical : sémiotique des systèmes*, Klincksieck, 1978.
- MATHEWS Max V., « The Digital Computer as a Musical Instrument. », *Science* 142 (3592), 1963, pp. 553-557. En ligne: <<https://doi.org/10.1126/science.142.3592.553>>.
- MCADAMS Stephen, « L'organisation perceptive de l'environnement sonore », dans *Rencontres IPSEN en ORL*, Ed Irvinn, Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique, Paris, 1997. En ligne: <<http://articles.ircam.fr/textes/McAdams97b/#figure1>>, consulté le 17.09.2019.
- MCADAMS Stephen et BREGMAN Albert, « Hearing Musical Streams », *Computer Music Journal* 3 (4), 1979, JSTOR, pp. 26-60.
- MERIC Renaud, *Appréhender l'espace sonore: l'écoute entre perception et imagination*, Paris, l'Harmattan, 2012 (Musique-philosophie).
- MEYER Leonard B., *Explaining Music: Essays and Explorations*, University of California Press, 1973.
- MINATI Gianfranco et PESSA Eliano, *Emergence in Complex, Cognitive, Social, and Biological Systems*, 2002. En ligne: <<https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0753-6>>.
- MINATI Gianfranco, PESSA Eliano et ABRAM Mario, *Systemics of Emergence: Research and Development*, Softcover reprint of hardcover 1st ed. 2006, Springer, 2010.
- MOORE Adrian, « Cross-modality in multi-channel acousmatic music: the physical and virtual in music where there is nothing to see », s. d. En ligne: <<https://www.academia.edu/23813913>>.
- MORGAN Conwy Lloyd, *Emergent evolution*, London, Williams and Norgate, 1923.
- MORIN EDGAR, *Introduction à la pensée complexe*, Paris, ESF éditeur, 1990 (Communication et complexité dirigée par Jacques-Antoine Malarewicz).

- MORIN Edgar, *La Nature de la nature*, Paris, Éditions du Seuil, 1977 (La Méthode 1).
- MOTULSKY Bernard, « Jean-Louis Le Moigne. La théorie du système général (théorie de la modélisation). Collection «Systèmes-Décisions», 1977 », *Communication. Information Médias Théories* 2 (3), 1978, pp. 217-218.
- NADEL Siegfried Frederick, *The foundations of social anthropology*, Facs. ed, London, Routledge, 2004 (Social and cultural anthropology , 13; Anthropology and ethnography).
- NYSTRÖM Erik, « Low-Level Topology of Spatial Texture », *Internation Computer Music Conference, CEMI, University of North Texas*, 2015. En ligne: <<https://www.academia.edu/35805360>>.
- PAHAUT Serge et MEYER Christian, « Une voix multiple: Entretien avec Simha Arom », *Cahiers de musiques traditionnelles* 6, 1993, JSTOR, pp. 185-199. En ligne: <<https://doi.org/10.2307/40240168>>.
- PAPE Gerard, « Forme, Émergence et Astrophysique », in: *L'émergence en musique - aCROSS'16 / IReMus*, Paris, Dir. Jean-Marc Chauvel, 2016.
- PAPE Gerard, « The Space-Time-Timbre Continuum », in, Ecole nationale supérieure d'architecture de Normandie, *De Xenakis à nos jours : Le Continuum et son développement en musique et en architecture*, 2015.
- PAPE Gérard, *MusiPoéSci : Ecrits autour de la musique*, trad.fr. Jean de Reydellet, Paris, Éditions Michel de Maule, 2015.
- PAPE Gerard, « Iannis Xenakis and the "Real" of Musical Composition », *Computer Music Journal* 26 (1), 04.2002, pp. 16-21.
- PELE Gérard, *Inesthétiques musicales au XXe siècle*, Paris, l'Harmattan, 2007 (Arts et sciences de l'art).
- PAPE Gerard, *Harmonies of Time and Timbre*, DLSI Editions, Sargé sur Braye, 2012.
- POUSSEUR Henri, *Fragments théoriques I sur la musique expérimentale*, Bruxelles, Université libre de Bruxelles, Institut de sociologie, 1970.
- POUVREAU David, *Une histoire de la "systémologie générale" de Ludwig von Bertalanffy - Généalogie, genèse, actualisation et postérité d'un projet herméneutique*, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS), 2013. Français., 2013.
- RIGONI Michel, « Méthodologies de l'analyse de la musique contemporaine : pluralité des esthétiques, multiplicité des analyses », *Musurgia* 3 (3), 01.01.1996, pp. 56-80.
- RISSET Jean-Claude et GUILLOT Matthieu, *Du songe au son : entretiens avec Matthieu Guillot*, Paris, l'Harmattan, 2008 (Perspectives musicologiques contemporaines).
- ROADS Curtis, *Microsound*, Cambridge (Mass.) London, the MIT press, 2004.
- ROIG-FRANCOLI Miguel A., « Harmonic and Formal Processes in Ligeti's Net-Structure Compositions », *Music Theory Spectrum* 17 (2), 1995, pp. 242-267. En ligne: <<https://doi.org/10.2307/745873>>.
- ROY Stéphane, « Atelier de maître tenu le 17 juin 2009 à l'Université de Montréal. », 2009. En ligne: <[www.creationsonore.ca](http://www.creationsonore.ca/uploads/2014/09/ateliers_stephane-roy) > uploads > 2014/09 > ateliers_stephane-roy>.

ROY Stéphane, *L'analyse des musiques électroacoustiques, modèles et propositions*, Paris, Editions L'Harmattan, 2003.

SCHAEFFER Pierre, *Traité des objets musicaux: essai interdisciplines*, Nouv. éd, Paris, Éd. du Seuil, 1998 (Pierres vives).

SERROU Bruno et MACHE François-Bernard, *François-Bernard Mâche: de la musique, des langues et des oiseaux entretien*, Paris] [Bry-sur-Marne, M. de Maule Institut national de l'audiovisuel, 2007 (Collection Paroles de musicien).

SMALLEY Denis, « Can electroacoustic music be analysed? (La musica elettroacustica può essere analizzata?) - EARS ElectroAcoustic Resources Site », dans DALMONTE Rossana, BARONI Mario (Eds.). *Secondo convegno europeo di analisi musicale. Università degli studi di Trento.*, Trento, 1992.

SMALLEY Denis, « Space-form and the acousmatic image », *Organised Sound* Vol 12 (1), 04.2007, pp. 35-58. En ligne: <<https://doi.org/10.1017/S1355771807001665>>.

SOLOMOS Makis, SOULEZ Antonia et VAGGIONE Horacio, *Formel - informel : musique-philosophie : textes et entretiens, avec deux articles d'Adorno et de Dahlhaus*, L'Harmattan, 2003.

SOULEZ Antonia et VAGGIONE Horacio, *Manières de faire des sons*, Paris, L'Harmattan, 2011. En ligne: <<https://hal-univ-paris8.archives-ouvertes.fr/hal-00993376>>, consulté le 04.10.2019.

SPAMPINATO Francesco, *Les incarnations du son : les métaphores du geste dans l'écoute musicale*, Paris, l'Harmattan, 2015 (Sémiotique et philosophie de la musique).

STERNE Jonathan, *The Audible Past: Cultural Origins of Sound Reproduction*, Durham, Duke University Press, 2003.

STOCKHAUSEN Karlheinz, « Comment passe le temps « Wie die Zeit vergeht », Die Reihe, n°3, 1957. Trad. fr. Christian Meyer : «Comment passe le temps» », *Contrechamps* (9), 1988, pp. 26-65.

TEN HOOPEN Christiane, « Polarised Listening Strategies for Electroacoustic Music », dans DALMONTE, Rossana, BARONI, Mario (Eds.). *Secondo convegno europeo di analisi musicale. Università degli studi di Trento.*, Trento, 1992, pp. 463-470.

TENNEY J. et POLANSKY L., « Temporal gestalt perception in music », *Journal of Music Theory* (24), 1980, pp. 205-241.

TESTON Bernard, « Une petite histoire de l'analyse harmonique de la parole », dans *Journées d'Etude sur la Parole*, Mons, Belgium, Université de Mons Hainaut, 2010, pp. 285-288. En ligne: <<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00541982>>, consulté le 27.05.2019.

TODD Peter M. et LOY D. Gareth, *Music and Connectionism*, The Mit Press, Cambridge, Mass, MIT Press, 1991.

TOMATIS Alfred, « Nous sommes tout... Ouïe - Interview avec Alfred Tomatis », dans *Psychologies Magazine*, 12.1991. En ligne: <<https://www.facebook.com/AATomatis/posts/648952078496783>>, consulté le 14.09.2015.

VANDEL Albert, « L'homme et l'évolution », *Revue d'histoire des sciences* 3 (2), 1950, pp. 192-193.

VON BERTALANFFY Ludwig, « The History and Status of General Systems Theory », *The Academy of Management Journal* 15 (4), 1972, pp. 407-426. En ligne: <<https://doi.org/10.2307/255139>>.

VIGNY Alfred de, *Journal d'un poète Suivi du « Discours de réception à l'Académie française »*, 29 janvier 1846, Paris, Delagrave, 1906 (Oeuvres complètes / de Alfred de Vigny 6).

WISHART Trevor, *Audible Design: A Plain and Easy Introduction to Sound Composition*, York, UK, Orpheus The Pantomime Ltd., 1994.

WISHART Trevor, *On sonic art*, A new and rev. ed, Amsterdam Harwood academic publishers, 1996 (Contemporary music studies 12).

WITTEN Ian et CONKLIN Darrell, « Modeling music: Systems, structure, and prediction », *Journal of New Music Research* 19, 01.01.1990, pp. 53-66. En ligne: <<https://doi.org/10.1080/09298219008570555>>.

XENAKIS Iannis, « Musiques formelles, nouveaux principes formels de composition musicale », *La Revue musicale. Double N° spécial 253-254*, Paris, 1963, Editions Richard-Masse.

XENAKIS Iannis, BROWN Roberta et RAHN John, « Xenakis on Xenakis », *Perspectives of New Music vol.25 n°1-2*, 1987, pp. 16-63.

ZWICKER Eberhard, *Psychoacoustique : l'oreille, récepteur d'information*, Paris, Masson, 1981.

Pages Internet

« Émergence », dans : *Wikipédia*, 20.08.2017.

En ligne: <<https://fr.wikipedia.org/wiki/émergence>>, consulté le 30.09.2017.

« Héraclite », dans : *Wikipédia*, 03.12.2018.

En ligne: <<https://fr.wikipedia.org/wiki/Héraclite>>, consulté le 20.12.2018.

« Définition : ÉMERGENCE »,

<<https://www.cnrtl.fr/definition/émergence>>, consulté le 24.05.2019.

« Définition : NOUVEAU »,

<<https://www.cnrtl.fr/definition/nouveau>>, consulté le 06.12.2018.

« Définition : COMPORTEMENT »,

<<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/comportement/17728>>, consulté le 16.02.2018.

Discographie

Gérard Pape, Mode Records (26), New York, 1991.

Gérard Pape : Electroacoustic Chamber Works, Mode Records (67), New York, 1998.

Gérard Pape : Ascension To Purgatory, Mode Records (167), New York, 2006.

Gérard Pape : Les Cenci d'après Antonin Artaud, Cosmos, Tantric Transformations, Edition Modern (ED.MN.2007), Bucarest, 2007.

Gérard Pape : Harmonies, Mode Records (279), New York, 2015.

Gérard Pape : Lux Fugit, Stradivarius (STR 37005), Milan, 2015.

Index

- Albright, 17, 18
Alexander, 27
Aristote, 15
Aristoxène, 13
Artaud, 20, 39, 40, 182, 283, 284, 286,
328, 399, 400, 401, 402, 403, 406, 408,
410, 411, 435
Auzet, 18
Babbitt, 30
Bach, 33
Barbaud, 107
Bartók, 28
Bell, 25
Berio, 64
Berio
Perspectives, 65
Bertalanffy, 3, 25, 30, 43, 46, 47, 49, 57,
58, 113, 118, 140, 239, 240, 259, 440,
442
Beys, 33, 101, 240, 332, 435
Blake, 25
Bokesoy, 18
Boon, 32, 33, 117, 126, 244, 279, 435
Boucouchliév, 111, 435
Boulez, 14, 37, 47, 55, 58, 69, 78, 84, 89,
194, 297, 322, 435
Boulez
Le marteau sans maître, 69
Répons, 37
Boutot, 13, 15, 16, 239, 435
Broad, 27
Brown, 34, 66, 76, 101, 102, 103, 329,
435, 442
Burrows, 34, 50, 51, 55, 59, 61, 87, 104,
141, 143, 324, 435
Cacioppo, 17
Cage, 14, 31, 37, 86, 105, 111, 243, 321,
435
Cage
Variations, 105
Calder, 14
Caroux, 18
CCMIX, 17
CELLQUENCER, 18
Chouvel, 36, 38, 99, 100, 105, 106, 118,
133, 137, 139, 248, 324, 436, 440
Chowning, 67, 301, 330
Clarke, 5, 116, 436
CLSI, 17, 18, 19
Cowell, 31, 66, 83, 86
Cowell
The Voice of Lir, 86
Cross, 118
Dack, 120, 264, 292, 436
Darbon, 36, 48, 212, 436
Debussy, 25, 26, 28, 68, 328
Decarsin, 47, 53, 69, 72, 86, 436
Degenne, 55, 436
degrés de liberté, 52, 70, 93, 105, 130, 137,
260

Delalande, 36, 94, 111, 126, 132, 133, 134,
 135, 136, 148, 179, 315, 421, 436
 Delième
 Célestin, 19, 113
 Irène, 118, 127, 133, 135, 244, 245, 296
 Di Scipio, 34, 35, 39, 49, 50, 56, 66, 68,
 71, 76, 80, 81, 102, 107, 247, 248, 297,
 302, 303, 317, 332, 437
 Di Scipio
 Plex, 50
 Drescher, 18, 144
 Dufort, 35, 74, 251, 252, 253, 256, 309,
 311, 437
 Dufourt, 39, 40, 47, 48, 49, 50, 56, 57, 58,
 59, 65, 67, 71, 83, 84, 87, 88, 96, 97,
 104, 107, 112, 114, 115, 118, 120, 121,
 123, 240, 241, 242, 244, 245, 263, 264,
 269, 291, 318, 322, 325, 437
 Dumitrescu, 77, 246
 Dumitrescu
 Remote Pulsar, 246
 Durand, 43, 44, 45, 46, 52, 56, 58, 59, 60,
 113, 119, 123, 124, 137, 138, 437
 Eddington, 58, 437
 Eimert, 63
 Emmeche, Koppe et Stjernfelt, 31, 32, 46,
 89
 Ensemble 2e2m, 18, 414
 entropie, 254, 255, 256, 293, 294
 espace
 circumspace, 180, 183, 271, 272, 287
 prospectif, 287
 espace des phases, 52, 55, 104, 105, 106,
 117, 130, 165, 202, 207, 230, 233, 251,
 260, 307
 Estrada, 53, 68, 76, 77, 99, 297, 417, 438
 événements exceptionnels, 219, 225, 326,
 419, 421
 Fechner, 63, 318
feedback, 35, 45, 128, 136, 319, 327
 Ferneyhough, 48
 Finnissy, 48
 Fluxus, 14
 Fourier, 64, 67, 68
 GENDYN, 107
 Georgescu, 33, 43, 48, 49, 51, 56, 57, 60,
 61, 125, 438
 Gershwin, 28
 Giomi, 100, 133, 438
 Gleick, 13, 438
 Grabócz, 35
 Grisey, 39, 57, 59, 63, 64, 65, 72, 77, 85,
 86, 92, 120, 244, 246, 438
 Grisey
 Le noir de l'étoile, 246
 Groupe de Recherche d'Art Visuel, 14
 haptique, 93, 95, 97, 135, 182, 230, 329,
 383, 385, 387, 389, 392
 Helmholtz, 63, 64
 Héraclite, 11, 12, 261, 310, 311, 326, 329,
 442
 Hubble, 26
ICMC, 34, 437
 Imberty, 75, 86, 87, 91, 92, 112, 126
input, 60, 91, 92, 95, 97, 128, 130, 131,
 136, 137, 138, 139, 202, 228, 233, 265,
 310, 327
 Isherwood, 18, 399
 Jackendoff, 71, 323
 Kaprow, 14

Keller, 98, 105, 114, 117, 125, 126, 248,
 293, 307, 438
 Kientzy, 18, 414
 Kim, 16, 27, 29, 30, 32, 303, 318, 319, 438
 Kuhn, 11, 13, 16, 25, 28, 438
 Lacan, 12, 279, 283, 295
 Lai, 11, 438
 Laske, 50, 438
 Le Moigne, 113, 440
 Le Quatuor Arditti, 18
 Leman, 94, 296, 438
 Lerdahl, 71, 323
 Levinas, 39, 49, 65
 Levy
 Burt, 46, 49, 61, 103, 438
 Lévy
 Fabien, 12, 14, 30, 248, 439
 Lewes, 18, 26, 27, 30, 201, 439
 Ligabue, 133, 148
 Ligeti, 14, 31, 36, 37, 38, 47, 48, 75, 77,
 84, 97, 107, 108, 120, 165, 271, 278,
 297, 301, 319, 325, 402, 414, 416, 421,
 431, 439, 440
 Ligeti
 Apparitions, 36
 Atmosphères, 36, 75, 97, 107, 413
 Concerto pour piano, 165
 L'escalier du diable, 165
 Lontano, 36, 38, 414
 Lux Aeterna, 36, 75
 Volumina, 75
 Lorenz, 107, 419, 439
 Loy, 33, 441
 Macroscope, 25
 Mainzer, 25, 31, 73, 80, 439
 Mathews, 67, 439
 McAdams, 85, 126, 133, 135, 241, 242,
 265, 266, 267, 269, 273, 274, 275, 276,
 296, 300, 313, 316, 317, 439
 Méfano, 17
 Mélen, 85, 118, 437
 Meric, 35, 124, 287, 288, 439
 Meyer, 70, 87, 103, 135, 202, 252, 309,
 310, 439, 440, 441
 Mikkonen, 35
 Minati, 35, 90, 303, 311, 324, 326, 439
 MIT, 33
Mode Records, 18, 144, 415, 419, 420
 Molino, 17, 52, 55, 63, 64, 87, 111, 112,
 125
 Mommen, 32, 33, 117, 126, 435
 Morgan, 27, 28, 29, 30, 32, 439
 Morin, 45, 173, 189, 243, 251, 258, 280,
 281, 297, 300, 304, 308, 312, 319, 327,
 328, 332, 439, 440
 morphogénèse, 20, 97, 245, 247, 249, 250,
 253, 256, 259, 261, 280, 305, 326, 327
 Murail, 39, 65, 246
 Murail
 Attracteurs étranges, 246
 Dynamique des fluides, 246
 Nadel, 29, 440
 Nancarrow, 31, 37, 317
 Nattiez, 17, 115, 127, 128, 201, 321
 Newton, 13, 25, 26
 Noullez, 32, 33, 117, 126, 435
 œuvre-système, 53, 56, 57, 60, 85, 91, 93,
 95, 136, 205, 224, 227, 229, 233, 243,
 251, 259, 263, 296, 299, 302, 304, 308,
 309, 327

Ono, 14
output, 49, 50, 60, 91, 92, 97, 128, 130,
 131, 132, 133, 138, 139, 143, 173, 189,
 201, 265, 291
 Pape, 11, 17, 18, 32, 36, 38, 76, 144, 201
 Pape
 3 Quantic Etudes, 331
 Atoms of Space and Time, 18
 Battle, 39, 212, 246, 293, 413
 Cosmos, 38, 246
 Harmonies of Time and Timbre, 18, 143,
 144, 189, 200, 250, 335
 Héliophonie II, 18, 246
 Le fleuve du désir, 39, 69, 96, 212, 246,
 261, 293, 413
 Les Cenci, 18, 20, 39, 284, 399
 Makbénach, 18, 20, 39, 212, 246, 249,
 261, 293, 306, 402, 413
 Pärt, 84, 151, 165
 Pärt
 Cantus in memoriam Benjamin Britten,
 151, 165
 Pelé, 36, 66, 67, 70, 74, 440
 perception transmodale, 135, 176, 179,
 182, 282, 285, 286, 287, 291, 382, 385,
 387, 389, 391
 Pessa, 35, 90, 303, 311, 324, 326, 439
 Pietrocini, 35, 310, 324, 326
 Poincaré, 26
 Polansky, 130, 267, 315, 441
 Pousseur, 65, 440
 Pouvreau, 43, 440
 Prigogine, 15, 16, 59, 244, 279, 326
 Prism Orchestra, 18
 propriétés du second ordre, 39, 169, 176,
 278, 332, 406
 Pythagore, 12, 13, 66, 212, 290, 310, 326,
 329
 Radulescu, 77
 Rameau, 13, 63, 309
Réel, 283, 295, 296, 297, 309
 Reich, 37, 48, 84
 Reich
 Violin phase, 48
 rétroaction, 44, 45, 50, 54, 58, 59, 60, 91,
 93, 94, 96, 107, 113, 115, 127, 128, 131,
 132, 134, 136, 137, 139, 143, 165, 243,
 275, 304, 327
 Rigoni, 37, 440
 Riley
 Bridget, 14
 Terry, 84
 Risset, 39, 53, 67, 71, 84, 85, 88, 99, 105,
 246, 263, 265, 268, 269, 297, 301, 302,
 330, 331, 416, 440
 Risset
 Attracteurs étranges, 246
 Schémes, 246
 Roads, 49, 68, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 80,
 81, 92, 96, 101, 107, 120, 135, 240, 261,
 277, 278, 279, 301, 316, 421, 440
 Roig-Francoli, 36, 37
 Rosnay, 25, 60, 83, 100, 102, 104, 292,
 436
 Rowe, 59
 Roy, 94, 95, 121, 122, 125, 126, 127, 128,
 131, 132, 135, 136, 140, 141, 202, 252,
 254, 316, 323, 440, 441
 Russolo, 28

Rutherford, 26
 Ruwet, 49
 Sadaï, 114, 115, 121, 263, 291
 Sauveur, 13, 26, 63
 Scelsi, 77, 268, 297, 301, 319, 325, 416
 Schaeffer, 63, 75, 117, 126, 127, 128, 131,
 134, 135, 156, 157, 263, 324, 441
 Schenker, 49, 71, 323
 Schillinger, 66
 Smalley, 19, 78, 115, 116, 120, 125, 126,
 135, 139, 140, 157, 175, 179, 180, 252,
 253, 256, 258, 270, 271, 277, 287, 289,
 290, 296, 300, 301, 313, 324, 431, 432,
 433, 441
 Smolin, 59
 Society for General Systems Research, 25
 Solomos, 19, 35, 36, 47, 70, 71, 72, 73, 88,
 92, 95, 312, 317, 332, 441
 Soulez, 35, 36, 70, 71, 72, 73, 88, 92, 95,
 312, 317, 332, 441
 Spectralistes, 40, 47, 65, 84, 85, 88, 96,
 235, 244, 297
 Stammers, 85, 118, 437
 Stengers, 15
 Sterne, 25, 26, 441
STOCHOS, 18
 Stockhausen, 14, 30, 31, 37, 47, 48, 53, 65,
 69, 70, 72, 84, 86, 120, 234, 235, 257,
 264, 271, 292, 297, 301, 312, 325, 436,
 438, 441
 Stockhausen
Inori, 69
Klavierstücke, 69
Kontakte, 65, 69
Licht, 72, 301
Studie II, 86
 Stravinsky, 28
 Tallis
Spem in alium, 332
temps réel, 34, 58, 68, 91, 92, 93, 104,
 105, 114, 115, 117, 121, 122, 126, 127,
 128, 130, 131, 132, 133, 134, 143, 157,
 165, 177, 179, 189, 202, 240, 244, 245,
 259, 281, 290, 315, 321, 323, 328, 414,
 422
 Ten Hoopen, 131, 138, 139, 441
 Tenney, 130, 135, 267, 315, 441
 Thom, 25, 170, 195, 258, 259, 261
 Thomson, 170
 Tiedje, 18, 144, 414
 Todd, 33, 441
 Tucker, 35
 Turing, 48, 67
 Vaggione, 35, 36, 39, 49, 70, 71, 72, 73,
 74, 88, 92, 95, 105, 297, 312, 317, 332,
 441
 Vandel, 19, 442
 Varèse, 77, 83, 86, 247
 Varèse
Ionisation, 86
 Vasarely, 14
 Vivier, 77
 Vox Nova, 18
 Warhol, 14, 249, 422
 Wessel, 416
 Westdeutscher Rundfunk, 63
 Wiener, 95
 Wilson, 17
 Wishart, 49, 74, 116, 301, 442
 Wishart

Anticredos, 116
Witten, 33, 57, 442
Xenakis, 14, 17, 30, 31, 38, 40, 47, 65, 66,
67, 68, 71, 72, 74, 77, 80, 81, 107, 108,
219, 283, 296, 297, 299, 306, 309, 311,
319, 325, 326, 329, 330, 419, 421, 436,
437, 440, 442
Xenakis
Concret PH, 65

