

UNIVERSITÉ PARIS VIII VINCENNES — SAINT-DENIS

UFR 1- ARTS, PHILOSOPHIE, ESTHETIQUE

ÉCOLE DOCTORALE ESTHÉTIQUE, SCIENCES ET TECHNOLOGIES DES ARTS

**Composition musicale et modélisation de l'espace
hétérophonique des Soundscape Compositions**

Daniel MANCERO BAQUERIZO

Sous la direction de M. Alain BONARDI (directeur)

et de M. Makis SOLOMOS (co-directeur)

Thèse pour l'obtention du grade de Docteur en Esthétique, Sciences et Technologies des
Arts de l'Université Paris 8

Soutenue publiquement le 8 juillet 2019 devant un jury composé de :

M. Alain BONARDI (directeur de recherche)

M. Makis SOLOMOS (co-directeur de recherche)

M. Pierre COUPRIE (rapporteur)

Mme. Michèle CASTELLENGO (repportrice)

Mme. Carmen PARDO SALGADO (examinatrice)

Mme. Pascale CRITON (examinatrice)

Composition musicale et modélisation de l'espace hétérophonique des Soundscape Compositions

Résumé

Ce mémoire de thèse traite de l'analyse musicale et de la formalisation des événements sonores qui structurent le paysage sonore. À cette fin, ce travail s'articule en deux axes complémentaires : d'une part, il constitue une évaluation des enjeux théoriques et esthétiques au sein de l'écologie acoustico-sonore, d'un point de vue poïétique — centré sur la conception d'œuvres musicales fondées sur le paysage sonore ou *soundscape compositions* ; cela suppose de prendre en compte non seulement les préceptes théoriques qui font de l'écologie sonore une discipline artistique à part entière, mais également l'ensemble de critères acoustico-sonores susceptibles de définir les limites de cette forme de création sonore. D'autre part, ce travail propose une méthodologie dialogique de recherche/création permettant de recenser, de décrire et de modéliser la fonctionnalité musicale ayant lieu au sein du répertoire des compositions fondées sur le paysage sonore, tout en favorisant le déploiement d'autres techniques de composition musicale de caractère plutôt syntaxique.

Bien que le paysage sonore soit largement reconnu comme faisant appel au mimétisme de l'environnement sonore — excluant ainsi toute construction autonome d'un système syntaxique d'écriture musicale *stricto-sensu*, force est de constater que, au fur et à mesure de l'évolution de formes de création fondées sur le paysage sonore, les artistes sonores ont graduellement mis au point une procédure de manipulation électroacoustique qui renouvelle la notion-même de paysage sonore, passant du *field-recording* — où le paysage n'est que le résultat immédiat de l'enregistrement —, à des processus de composition musicale assez complexes, où le paysage sonore s'avère être un contexte d'organisation musicale de matériaux sonores très spécifiques. Dans ce contexte, ce travail ouvre à un programme de recherches autour de nouvelles perspectives de création musicale et de recherche musicologique, axées notamment sur le développement d'outils informatiques d'analyse acoustico-sonore et sur la mise en place de méthodologies de recherche/création visant à comprendre les déterminants de la composition musicale fondée sur le paysage sonore.

Mots clés

Compositions fondées sur le paysage sonore, hétérophonie, modélisation poétique, espace hétérophonique, analyse harmonique, composition, écriture musicale, stratégies de composition, segmentation automatisée des flux audio, description acoustique, spectromorphologie, modèles syntaxiques de composition, écologie acoustique, écologie sonore, paysage sonore.

Musical Composition and modelling of heterophonic space in Soundscape Compositions

Abstract

This work of thesis deals with the musical analysis and modelling of the particular sound events that structure and shape soundscapes. To this end, this work is organized around two complementary approaches: first, it seeks to assess the aesthetic and conceptual implications of acoustic ecology from a poietic perspective. This implies taking into account not only the theoretical principles underlying acoustic ecology, but also a set of criteria characterizing ways of listening from a phenomenological point of view. Secondly, this work introduces a specific dialogical methodology for identifying, describing and modelling the musical functionality of soundscape compositions, while fostering the deployment of other (rather syntactic) compositional techniques.

Despite its wide acceptance as a mimetic approach to reconstitute soundscapes through field-recordings, one cannot fail to observe that, over the evolution of the repertoire of soundscape compositions, composers and acoustic designers have developed various compositional strategies and sound-processing methods that enable them to undertake larger and more sophisticated musical outlets, including abstract and virtual types of soundscape compositions. In this context, this work opens up new perspectives on music composition and musicological research: it is centered around the development of acoustical/musical analysis computer tools, as well as of methodologies supporting a dialogical process towards research and creation for better knowing about musical soundscape composition.

On that basis, this work intends to contribute with a set of methodological and computational tools that will enable musicologists and composers to classify and represent the heterophonic field that characterizes the soundscape, particularly in the field of musical writing.

Keywords

Soundscape composition, heterophony, poietic modelling, heterophonic space, harmonic analysis, composition, music writing, musical composition strategies, automated audio segmentation, acoustic description, spectromorphology, syntactic models for musical writing, acoustic ecology, sound ecology, soundscape.

Remerciements

Je tiens à remercier sincèrement chacun des membres de mon jury pour l'attention portée à ce travail de thèse. J'exprime en particulier ma reconnaissance à Alain Bonardi, compositeur/chercheur et Maître de Conférences Habilité à Diriger des Recherches en informatique musicale au Département Musique de l'Université Paris 8, qui a pris le temps d'analyser en profondeur mes propositions et de suggérer des améliorations tout au long de l'élaboration de cette thèse. Merci pour le solide encadrement scientifique que vous m'avez apporté tout au long de ces années.

Mes remerciements vont également à Makis Solomos, professeur de musicologie à l'Université Paris 8, à qui je dois de nombreuses et stimulantes discussions sans lesquelles cette recherche serait demeuré informe. Merci pour votre soutien, votre travail inlassable et vos encouragements. Je remercie également Mikhaïl Malt, compositeur et chercheur à l'IRCAM, de m'avoir accordé son temps, son intérêt et son soutien pendant la préparation de ma thèse, notamment durant la mise en place des dispositifs informatiques destinés à l'analyse acoustique. Vos remarques ont été de puissants stimulants pour conduire cette démarche de recherche/création à son terme. Je tiens également à remercier Pierre Couprie, Maître de Conférences Habilité à Diriger des recherches à l'Université Paris Sorbonne, dont j'apprécie énormément les qualités scientifiques et musicales. Merci d'avoir ouvert la porte à des nouvelles possibilités d'analyse, de création et de représentation des musiques électroacoustiques.

Je remercie vivement Madame Castellengo d'avoir accepté de faire partie de ce jury de thèse. Merci pour le temps que vous avez porté à ce travail et pour l'honneur que vous me faites de siéger parmi les membres de mon jury. De même, j'exprime ma reconnaissance très sincère à Madame Carmen Pardo, professeure à l'Université de Gerona, pour l'intérêt porté à ce travail et pour avoir accepté de l'examiner. J'ai une pensée très particulière pour Pascale Criton, compositrice que j'estime tout particulièrement sur le plan artistique et musicologique : merci sincèrement d'avoir trouvé le temps de juger ce modeste travail. Merci également à Anne Sedès, professeure à l'Université Paris 8, pour ses conseils et ses recommandations de lecture.

Enfin, je remercie infiniment mes amis qui m'ont toujours soutenu durant ces années d'effort et qui ont su faire preuve d'empathie dans les moments difficiles.

Sommaire

I. INTRODUCTION	9
PREMIERE PARTIE	15
II. LE TERRITOIRE DES « SOUNDSCAPE COMPOSITIONS »	16
II.1 LES PRECEPTES DE L'ÉCOLOGIE ACOUSTICO-SONORE	18
II.2 SOUNDSCAPE COMPOSITIONS : ENTRE LA MUSIQUE ET LES ARTS SONORES	42
II.3. LES ELEMENTS CARACTERISTIQUES DU PAYSAGE SONORE	62
II.4 DEFINIR LES CfPS SELON LA GESTALT-THEORIE	67
II.5 OBJET SONORE, EVENEMENT SONORE ET MORPHOLOGIE	74
CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE	84
PREMIER INTERLUDE	87
DEUXIEME PARTIE	88
III. L'ANALYSE DES COMPOSITIONS FONDEES SUR LE PAYSAGE SONORE	89
III.1 SOURCE SONORE ET MORPHOLOGIE. ENTRE LE CONTINU ET LE DISCONTINU	92
III.2. METHODOLOGIE D'ANALYSE ET PERTINENCE	95
III.3 CLASSIFICATION MORPHOLOGIQUE DES EVENEMENTS SONORES SAILLANTS	108
III.4 METHODOLOGIE DE CATEGORISATION TYPOMORPHOLOGIQUE DES <i>CfPS</i>	118
III.5 CONSOLIDATION D'UN CORPUS REPRESENTATIF DES <i>CfPS</i>	127
III.6 SEGMENTATION DES FLUX AUDIO : UN PREMIER OUTIL POUR MODELISER L'ARTICULATION AU SEIN DES <i>CfPS</i>	131
CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE	147
DEUXIEME INTERLUDE	150
TROISIEME PARTIE	151
IV. LES CRITERES D'ARTICULATION MUSICALE AU SEIN DE LA <i>CfPS</i>	152
IV.1 LES SPECIFICITES ACOUSTIQUES COMME CRITERES D'ARTICULATION	155
IV.2 SELECTION DE DESCRIPTEURS ACOUSTIQUES ADEQUATS POUR L'ETUDE DES <i>CfPS</i>	159
IV.3 SEGMENTATION MULTIDIMENSIONNELLE ET STRATEGIES DE <i>CfPS</i>	169
IV.4 SCHEMA DE MODELISATION FONCTIONNELLE DES <i>CfPS</i>	208
CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE	215
TROISIEME INTERLUDE	218
QUATRIEME PARTIE	219
V. LA NATURE HETEROPHONIQUE DES <i>CfPS</i> : ANALYSE HARMONIQUE ET MODELISATION POÏETIQUE	220
V.1 LA NOTION D'HETEROPHONIE	224
V.2 HARMONIE, HARMONICITE ET THEORIE HARMONIQUE	227
V.3 ANALYSE HARMONIQUE ET SERIES DE FOURIER	240
V.4 ANALYSER LE CARACTERE HETEROPHONIQUE DES EVENEMENTS SONORES	249
V.5 DE L'HARMONIE A L'HETEROPHONIE : LA MODELISATION POÏETIQUE DES <i>CfPS</i>	282
CONCLUSION DE LA QUATRIEME PARTIE	290
QUATRIEME INTERLUDE	293

CINQUIEME PARTIE.....	294
VI. MODELISER LE SYSTEME HETEROPHONIQUE DES CfPS.....	295
VI.1 MODELISATION POÏETIQUE ET ECRITURE MUSICALE	298
VI.2 REPRESENTATION SYNTAXIQUE DES MODES DE RELATION SPECTROMORPHOLOGIQUE : LE SYSTEME HETEROPHONIQUE ET LA NOTION D'ORGANISATION	321
VI.3 L'INSTANCIATION DU CONTINUUM SONORE COMME STRATEGIE DE MODELISATION DU PAYSAGE SONORE : LES REPRESENTATIONS AUDITIVES A COURT TERME.....	330
VI.4 ÉCRITURE HETEROPHONIQUE ET REPRESENTATION SYNTAXIQUE DES MODES D'INTERACTION SPECTROMORPHOLOGIQUE	345
CONCLUSION DE LA CINQUIEME PARTIE.....	364
CONCLUSION.....	366
ANNEXES	375
ANNEXE 1 DOUZE ANALYSES TYPOLOGIQUES / STRUCTURELLES DE LA CfPS.....	376
ANNEXE 2 ANALYSE TYPOLOGIQUE-DESCRIPTIVE DE DOUZE CfPS REPRESENTATIVES	389
ANNEXE 3 LISTES BIBLIOGRAPHIQUES ET DISCOGRAPHIQUES DU REPERTOIRE DE CfPS	420
ANNEXE 4 OUTILS ET DISPOSITIFS D'ANALYSE ET DE SEGMENTATION POUR L'ETUDE MUSICALE DES CfPS.....	427
ANNEXE 5 DOUZE ANALYSES COMPARATIVES AXEES SUR L'INCIDENCE DES SPECIFICITES ACOUSTIQUES DANS LA STRUCTURE MUSICALE DES CfPS.....	435
ANNEXE 6 BANQUE D'OUTILS DEVELOPPES EN MAX/MSP POUR L'ANALYSE COMPARATIVE DES SAILLANCES ACOUSTIQUES	450
ANNEXE 7 MODELE A TROIS PHASES DES CfPS.....	456
ANNEXE 8 NOTIONS MATHEMATiques DE BASE DANS L'IMPLEMENTATION DE LA METHODE D'ANALYSE HARMONIQUE PAR DESAGREGATION EN SERIES DE FOURIER	458
ANNEXE 9 OUTILS D'ANALYSE HARMONIQUE POUR LA MODELISATION DE L'ESPACE HETEROPHONIQUE DES CfPS	461
ANNEXE 10 COMPOSITION MUSICALE A PARTIR DE LA MODELISATION DE L'ESPACE HETEROPHONIQUE DES CfPS.....	465
BIBLIOGRAPHIE	532
WEBOGRAPHIE	550
TABLE DES MATIERES	552

I. Introduction

Le présent travail de thèse se place d'emblée dans la lignée de la recherche-crédation, entendue comme « une démarche de recherche établie à partir de ou à travers un processus de création encourageant dans son sillon la diffusion d'une production artistique et d'un discours de nature théorique¹ ». Compte tenu de cette filiation, ce travail a pour but de répondre au besoin de comprendre et de définir les mécanismes et les stratégies de composition musicale fondée sur le paysage sonore — ou *soundscape composition*, pratique artistique qui se revendique de l'écologie acoustico-sonore.

Notre objet d'étude, à savoir le répertoire des « *Soundscape Compositions* », constitue un champ esthétique très riche, situé à la frontière entre les arts sonores et la musique². Il s'agit d'une forme de composition musicale qui se fonde sur le paysage sonore et qui utilise des éléments indicatifs de l'environnement sonore pour la mise en forme d'œuvres musicales, en ayant recours à des techniques de manipulation acoustique et d'agencement sonore. Cette forme de création se distingue d'autres formes d'art sonore en tant qu'elle manipule, contextualise et organise les matériaux issus de l'environnement de manière narrative³ ; de même, comme le montrera le présent travail, elle répond à des principes esthétiques et à des prémices d'agencement sonore assez précis —susceptibles d'être mis en évidence à la lumière des principales théories de l'écologie acoustique.

Encore de nos jours, cependant, cette forme de création est assez peu étudiée dans le domaine de la musique et de la musicologie, d'autant plus qu'il n'existe aucun recensement corroboré du répertoire⁴, non plus que des études musicales concernant les fondements poétiques et/ou les techniques de composition fondée sur le paysage sonore. De ce fait, l'analyse musicale de cette forme de création reste une question ouverte qui s'avère

¹ Stévanca, S. et Lacasse, S. Les Enjeux de la recherche-crédation en musique : institution, définition, formation. Québec : Presses de l'Université Laval, 2013, p.122

² Même si la discussion subsiste quant à la pertinence herméneutique dans l'utilisation de la notion d'art sonore, nous employons ce terme par souci de clarté, dans l'acception donnée par la musicologue Joanna Demers, à savoir « [a] medium that uses sound either by itself or in combination with visual or other stimuli ». Demers, J., *Listening through the noise. The aesthetics of experimental electronic music*. New York: Oxford University Press, 2010, p.174

³ Cf. Marty, N., *Identification sonore, stratégies d'écoute et narrativités. L'exemple de Journey into Space (1972) de Trevor Wishart*, Mémoire de Master Recherche en Musique et Musicologie, Université de Paris Sorbonne, 2012.

⁴ Sauf quelques mentions dans des textes plutôt historiques et théoriques touchant à l'écologie acoustique, il n'existe pas une liste officielle du répertoire des *soundscape compositions*. De ce fait, la plupart des travaux ne font référence qu'aux aspects théorétiques et conceptuels de cette discipline, omettant toute analyse de caractère musicologique.

pertinente du point de vue musicologique, et de grande importance dans le domaine de la création musicale contemporaine.

Dans cet esprit, ce travail cherche à ouvrir des perspectives de composition et d'expérimentation musicale, aussi bien qu'une réflexion théorique et musicologique sur les pratiques musicales inscrites au sein de l'écologie sonore. Partant du principe que le paysage sonore doit être compris en tant que fondement esthétique et mesure conceptuelle de la *soundscape composition*, le présent travail s'articule en deux volets : d'un point de vue analytique, il vise à comprendre à la fois les paramètres syntaxiques et perceptifs permettant d'apprécier la *musicalité* des environnements acoustiques enregistrés, ainsi que les stratégies potentielles d'agencement sonore dans le domaine de l'écologie acoustico-sonore ; d'un point de vue artistique, il cherche à mettre en lumière les conduites poïétiques qui donnent forme et sens musical au répertoire des *soundscape compositions*, par le biais d'un processus dialogique de modélisation et création.

En tant que compositeur et musicien professionnel, nous nous interrogeons sur les préceptes musicaux sous-jacents à l'écologie sonore, et plus précisément, nous nous intéressons aux principes opérationnels auxquels les compositeurs et les designers acoustiques recourent pour élucider les particularités de l'environnement sonore — et déployer ainsi des dispositifs d'appréciation esthétique et de création musicale qui répondent à un souci écologiste. Désarmés face aux principes de composition fondée sur le paysage sonore, nous avons pris conscience de la nécessité de développer des outils informatiques susceptibles de décoder le contenu musical de ce répertoire en fonction de paramètres de représentation musicale. Cela dit, l'objectif de ce travail n'est cependant pas de *réduire* le paysage sonore à des règles d'écriture musicale traditionnelle, mais plutôt de parvenir à une première évaluation syntaxique de la complexité sonore qui caractérise les systèmes musicaux hétérophoniques non-discrets.

Dans cette perspective, ce travail de thèse constitue un défi d'autant plus difficile d'analyse musicologique qu'il est assujéti strictement à évaluer les possibilités combinatoires dans le domaine des fréquences, afin d'entamer une étude qui puisse rendre compte de la qualité musicale et de la potentialité esthétique des matériaux sonores que contient le paysage sonore. À cette fin, et compte tenu de ce qui précède, la première partie de ce travail s'intéresse aux prémices postulées par l'écologie acoustique, notamment en admettant implicitement le paradigme gestaltiste de distinction figure/fond dans les processus de perception et de représentation esthétique de l'environnement sonore — ainsi qu'en

délimitant le champ d'action du compositeur, de manière à ce que la mise en forme des matériaux sonores de base corresponde à une mise en relief dudit environnement.

Bien qu'ayant pleinement conscience du fait que l'approche écologique de la perception musicale préconise que la *musicalité* d'une situation et/ou d'un phénomène sonore va au-delà d'une syntaxe axée sur les systèmes d'écriture musicale⁵, nous présentons une méthodologie d'analyse musicale fondée sur le principe que l'environnement sonore peut être appréhendé en tant qu'écosystème acoustique — organisé cognitivement, susceptible d'être interprété comme une structure syntaxique, et perçu esthétiquement dans le domaine des fréquences, selon la qualité morphologique des matériaux qui le définissent.

Notre démarche analytique se fonde donc sur le principe que l'étude de l'environnement sonore doit tenir compte tant des aspects phénoménologiques et cognitifs déterminant les mécanismes de perception et de séparation auditive, que des aspects techniques et esthétiques conférant aux matériaux sonores une qualité esthétique. Par conséquent, la deuxième partie de ce travail de thèse expose quelques observations issues d'un processus d'analyse fonctionnelle et de caractérisation morphologique, ainsi qu'elle avance une série de propositions visant à mettre au point une méthode de repérage, de segmentation et de caractérisation d'événements sonores caractéristiques. Fort de ces considérations, nous avançons une proposition méthodologique de caractérisation acoustique, en partant de l'hypothèse que, pour ce qui est des *soundscape compositions*, les conditions de saillance musicale (Lerdahl 1989) sont susceptibles d'être repérées sur des bases de description acoustique multidimensionnelle. Dans ce contexte, nous présentons quelques résultats concernant l'évaluation des critères d'articulation musicale au sein de la composition fondée sur le paysage sonore, ainsi que nous présentons une liste de descripteurs acoustiques adéquats pour l'étude musicale de ce répertoire. Complémentairement, nous présentons en détail trois analyses musicales représentatives qui rendent compte des modes de relation spectromorphologique ayant lieu dans le paysage sonore.

Puis, compte tenu du fait que notre démarche de recherche/création constitue un modèle d'écriture musicale fondé sur l'interprétation syntaxique de matériaux sonores saillants,

⁵ Pour illustrer ce propos, citons brièvement un passage de l'ouvrage *Ways of Listening*, de Eric Clarke : « The ecological approach to perception offers an alternative view that gives a coherent account of the directness of listeners' perceptual responses to a variety of environmental attributes, ranging from the spatial location and physical source of musical sounds, to their structural function and cultural ideological value. This entails extending ecological theory into the cultural environment, based on the principle that the material objects and practices that constitute culture are just as directly specified in the auditory invariants of music as the events and objects of the natural environment are specified in their corresponding auditory information ». Clarke, E., *Ways of listening*, Oxford/New York: Oxford University Press, 2005, p.46

des qualités morphologiques et des modes de relation acoustique ayant lieu au sein du paysage sonore, nous proposons un schéma de modélisation qui exemplifie à la fois l'hétérogénéité desdits matériaux et l'ensemble des relations spectromorphologiques (Smalley 1986, 1997) ayant lieu au sein du paysage sonore. Ce modèle est établi conformément aux spécifications fonctionnelles définies lors de l'analyse du répertoire, et repose sur trois critères de pertinence acoustique, à savoir a) la phase temporelle et le profil dynamique des événements sonores caractéristiques ; b) les dimensions paramétriques de la masse sonore (Schaeffer 1966 ; Ruwet 1992), et c) les modes de relation spectromorphologique — détaillés au chapitre IV.4 de ce mémoire de thèse. Ces divers critères font respectivement l'objet d'une mise en œuvre de dispositifs informatiques d'analyse, dont notamment : *Dispositif d'analyse et de localisation de pics d'amplitude*, présenté au chapitre III.6.1 ; *Structure_Analyzer_1.0*, détaillé au chapitre IV.3 ; *Module complémentaire de segmentation automatisée*, présenté au chapitre VI.3.2, et *Analyseur morphologique : FluxAnalyzer*, exposé au chapitre VI.4.5 de ce mémoire.

Par ailleurs, la quatrième partie de ce travail présente une brève introduction aux usages théorico-musicales de deux notions fondamentales pour la compréhension du système acoustique qu'est le paysage sonore, à savoir l'*hétérophonie* et l'*harmonie*. L'*hétérophonie* est une notion qui nous permet de comprendre les enjeux esthétiques posés par l'écologie acoustico-sonore, en ce qu'elle suppose la coexistence d'entités musicales indépendantes, susceptibles d'interagir entre elles sans égard aux règles de génération harmonique ou des rapports arithmétiques des fréquences perçues. La seconde, quant à elle, est abordée ici sous deux aspects fondamentaux : d'abord, nous prenons pour base l'étymologie de la notion d'*harmonie* pour rendre compte de la proximité qui existe entre celle-ci et le concept de *cohérence* sonore — que nous trouvons plus adéquat dans le cadre de ce travail, visant à comprendre les enjeux esthétiques de la composition fondée sur le paysage sonore et à les mettre en contraste avec l'idée que l'*harmonie* serait avant et surtout « la condition rationaliste primordiale pour la construction d'une connaissance musicale universelle⁶ ». Ensuite, tout en étant conscients du fait que le concept d'*harmonie* sous-entend une légitimation théorique qui remonte à Rameau (Mâche, 2001), nous retraçons un bref historique des approches théorico-musicales et acoustiques — ces derniers sous-entendant une série de techniques d'analyse acoustique fondées sur la décomposition de signaux en composantes élémentaires.

⁶ Mâche, F.-B., *Musique au singulier*, Paris : éditions Odile Jacob, 2001

Sur la base de ces considérations, nous présentons ensuite une série de dispositifs informatiques destinés à l'analyse harmonique du paysage sonore, ainsi qu'à la représentation syntaxique des événements sonores caractéristiques dans le domaine des fréquences. Tel est le cas notamment des outils suivants : *Diachronic_Harmonic_Analyzer 1.0* (chapitre V.4.2) ; *Synchronic_Harmonic_Analyzer 2.0* (chapitre V.4.3), et *FluxAnalyzer* (chapitre VI.4). La présentation des deux premiers dispositifs s'articule en trois parties, en accord avec les bases théoriques de la décomposition des signaux périodiques et apériodiques et en concordance avec les principes d'instanciation et de représentation de l'espace sonore. En revanche, la présentation du logiciel *FluxAnalyzer* met en exergue les difficultés rencontrées lors du processus d'analyse, ainsi qu'elle rend compte des moyens employés pour faire face aux contraintes temporelles qui pèsent sur les processus d'analyse et modélisation de l'espace hétérophonique des *soundscape compositions*.

Enfin, la cinquième et dernière partie de ce travail expose les diverses étapes de modélisation, de représentation et de composition musicale. Elle s'ordonne en cinq parties, chacune groupant un nombre de réflexions et d'éléments relatifs au processus de composition musicale, en fonction des stades et des étapes de la recherche. Cette dernière partie a pour but de montrer dans quelle mesure la *cohérence* sonore du paysage sonore peut être représentée syntaxiquement, et posée en termes d'agencement fréquentiel entre familles typologiquement hétérogènes. Dans ce but, nous présentons les compositions suivantes :

- 1) *Chant elliptique n°2*. Cette œuvre pour harpe celtique et électronique part de l'hypothèse que le paysage sonore peut être représenté globalement — en accord avec les principes de groupement séquentiel et de *proximité au contexte* (Truax 2011). Il s'agit d'un modèle d'écriture fondé sur une grille de distribution hétérophonique.
- 2) *La rugosité de la nuit*. Cette pièce pour accordéon et dispositif électronique correspond à un *modèle global* d'écriture par imitation de sources sonores. En accord avec la pensée du compositeur François Bernard Mâche (2001), cette composition propose l'idée que le modèle global induit une conduite d'appropriation par l'imitation. Autrement dit, elle met en évidence un dispositif opératoire d'imitation du système hétérophonique par engendrement harmonique — fondé sur le principe d'interpolation harmonique.

- 3) *Turgescences*, pour flûte, mandoline et guitare, est issue d'une tentative pour représenter les modes de relation spectromorphologique (Smalley 1986) par le biais d'une opération syntaxique axée sur l'alternance et la superposition de collections typologiquement hétérogènes. Elle a été composée dans le cadre du projet régional *Musique à l'encre fraîche* — commande de l'Ariam Île-de-France, Argenteuil 2016.
- 4) *Estambre urdido*, pour ensemble de cinq percussionnistes. Cette œuvre illustre les stratégies de modélisation du paysage sonore au niveau poïétique, compte tenu des spécificités acoustiques et d'instanciation du continuum sonore. Dans d'autres mots, cette œuvre vise à représenter les phases déterminant le profil dynamique d'événements sonores saillants divergents. Elle a été sélectionnée dans le cadre du *XIII Festival Ecuatoriano de Música Contemporánea*, Quito 2017.
- 5) *Épenthèse*, pour clarinette basse et harpe à pédales. Dans le but d'assurer un système de représentation syntaxique des modes d'interaction spectromorphologique, cette dernière composition constitue un cadre pour l'interprétation syntagmatique de la théorie des niches acoustiques (Krause 1993). Elle propose un procédé de représentation des modes d'interaction spectromorphologique consistant à démarquer les *signatures sonores* des *éléments constitutifs du paysage sonore* (Schafer 1977), dans le but ultime de constituer un plan d'interaction syntaxique qui soit en cohérence avec les modes de relation et les processus de structuration spectromorphologique (Smalley 1986).

Première Partie

II. Le territoire des « *soundscape compositions* »

Le territoire des *soundscape compositions* a des frontières assez floues : il se partage entre l'univers des arts sonores⁷ et celui de la musique. En tant que discipline sonore, cette forme de création met l'accent sur les caractéristiques contextuelles et morphologiques du son pendant le processus d'écoute. En revanche, d'un point de vue musical, les *soundscape compositions* se rapportent à une tradition de composition électroacoustique, de tournure plutôt figurative, qui privilégie la structure et, comme nous le verrons plus loin, l'*indicialité* des unités sonores en tant que matériaux de base pour la création musicale.

Dans le cadre de ce travail, nous nous intéressons à l'étude des *soundscape compositions* en tant que forme esthétique de composition qui sous-entend des stratégies poïétiques d'agencement sonore et musical, d'un point de vue écologique et contextuel — c'est-à-dire, rapporté à l'environnement. Dans le but d'étudier cette forme de création de manière exhaustive, nous analysons dans un premier temps les préceptes théoriques de l'écologie sonore centrés sur l'écoute ; notamment, nous analysons le rôle fondamental de R. Murray Schafer en tant que théoricien de l'écologie sonore et compositeur inscrit dans une tradition plutôt classique. Puis, nous étudions les notions théoriques plus spécifiques qui dérivent de l'écologie acoustico-sonore, en ayant trait aux processus d'agencement sonore et de composition musicale, notamment la *clairaudience* (chapitre II.1.3), le *paysage sonore* (chapitre II.1.4), la *communauté acoustique* (chapitre II.2.2), le *modèle de transfert d'énergie* (chapitre II.2.3) et la notion spatiale de timbre (chapitres II.2.4 et II.2.5, respectivement).

Parallèlement, nous abordons des sujets relatifs à la perception de l'environnement sonore : à cet effet, nous analysons les *stratégies d'écoute* de l'écologie sonore (chapitre II.1.4) en même temps que nous nous appuyons sur des travaux scientifiques issus de la psychoacoustique, visant à donner un cadre heuristique aux préceptes de l'écologie acoustique. Enfin, pour clôturer cette première partie, nous abordons la question du paysage sonore d'un point de vue phénoménologique et cognitif, en avançant quelques notions

⁷ D'après le musicologue Brandon LaBelle (2006), les points de relation entre les *soundscape compositions* et les arts sonores sont d'ordre ontologique, sociologique et musical. Nous renvoyons le lecteur à l'ouvrage du même auteur : LaBelle, B., *Background noise* (2006), New York : Continuum International Publishing Group, 2^{ème} édition, 2012, pp.201-217

morphologiques et typomorphologiques qui nous seront très utiles dans les chapitres postérieurs, notamment *les modes relationnels spectromorphologiques*.

II.1 Les préceptes de l'écologie acoustico-sonore

Comme nous le savons tous, l'écologie peut être définie, de manière très générale, comme la science qui étudie les milieux où vivent les êtres vivants. Plus précisément, l'écologie est « la science des relations des organismes avec leur environnement, c'est-à-dire, la science des *conditions d'existence*⁸ ». Or, pour comprendre les enjeux de l'écologie dans le domaine du sonore, cette définition généralisée ne suffit pas. Comme le signale Roberto Barbanti (2011), l'écologie du son comporte (au moins) deux dimensions : « on considère parfois ces deux termes de “sonore” et d’“acoustique” comme synonymes [...], [alors qu'] une différenciation connotative persiste⁹ ». Il s'impose donc de définir respectivement les concepts d'*écologie sonore* et d'*écologie acoustique*¹⁰. L'écologie sonore s'intéresse à l'étude phénoménologique des relations sonores entre les organismes vivants et leur environnement. Plus précisément, elle concerne l'étude de l'événement sonore perçu, « c'est-à-dire à la sensation auditive causée par les perturbations d'un milieu matériel élastique fluide ou solide¹¹ ». Le spécialiste Roberto Barbanti la définit « comme étant l'étude des sons, des relations que ceux-ci instaurent entre eux et de celles qui se donnent entre ces mêmes sons et leur environnement [...], [ce qui] ne pose aucune finalité fondamentale ni aucune médiation active à ce domaine de recherche¹² ».

En revanche, la dimension acoustique exclut toute forme de subjectivité en ce qu'elle « désigne l'aspect quantitatif, objectivement mesurable par des instruments, sur la base des paramètres physiques¹³ ». Cela étant dit, nous voudrions employer le terme d'écologie sonore pour faire référence à l'étude phénoménologique des événements sonores ; le terme d'écologie acoustique pour rendre évidence de l'aspect « objectif » des paramètres physiques qui déterminent un événement acoustique, et le terme d'écologie acoustico-

⁸ « Unter Ecologie verstehen wir die gesamte Wissenschaft von den Beziehungen des Organismus zur umgebenden Aussenwelt, wohin wir im weiteren Sinne alle „Existenz-Bedingungen“ rechnen können ». Haeckel, E., *Generelle Morphologie der Organismen. Allgemeine Grundzüge der organischen Formen-Wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformirte Descendenz-Theorie*, Berlin: G. Reimer, 1866, p.286. C'est nous qui traduisons

⁹ Barbanti, R., « Écologie sonore et technologies du son », *Sonorités N°6, Écologie sonore, Technologies, Musiques — Musique Environnement* (coll.), 2011, Nîmes, Champ Social Éditions, p.11

¹⁰ À ce propos, il convient de signaler que le terme original est, très probablement, celui d'écologie acoustique — terme qui dérive de la notion d'*espace acoustique*, plutôt que de celui d'*espace sonore* — comme l'atteste la citation suivante : « As far as I know, the first scholars to use the term “acoustic space” were Marshall McLuhan and Edmund Carpenter in their magazine *Explorations*, which appeared between 1953 and 1959 ». Schafer, M., “Acoustic Space”, *Circuit : musiques contemporaines*, vol. 17, n° 3, 2007, pp. 83-86

¹¹ Barbanti, R., *Écologie sonore et technologies du son*, Op.Cit.

¹² *Ibid.*, p.12

¹³ *Ibid.*, p.11

sonore pour désigner, avec Roberto Barbanti, « la qualité des relations et des interactions entre [l'organique] et son déploiement dans l'espace et dans le temps, en posant l'écoute comme critère et outil d'investigation gnoséologique privilégié¹⁴ ».

Toujours est-il que, résultant du croisement de divers champs d'étude — dont notamment l'urbanisme, la géographie, la zoologie, la sociologie, l'acoustique et la musique¹⁵ —, l'écologie acoustico-sonore concerne un changement de paradigme dans l'étude des phénomènes sonores, visant à réapprendre la manière d'écouter le monde, et donc de le comprendre¹⁶. Nous abordons les principaux aspects de ce domaine de recherche depuis une approche tant historique que théorique, visant à mettre en évidence les préceptes qui ont donné naissance aux diverses manifestations de création musicale et sonore, notamment la *soundscape composition* — ou composition fondée sur le paysage sonore.

Les concepts qui fondent l'écologie acoustico-sonore ont trait tant à la notion de situation spatiale (lieu, milieu) qu'à la conception de conjoncture sociale et culturelle ; ces dernières se rapportent aux notions d'espace et de communauté. La malléabilité des préceptes de l'écologie acoustico-sonore a entraîné leur vaste et rapide dissémination dans l'environnement des sciences sociales, des sciences naturelles et bien évidemment, de la musicologie actuelle. Afin d'établir un contexte conceptuel suffisamment solide sur le plan théorique pour l'ancrage des notions que nous visons à développer dans ce travail de thèse, nous abordons premièrement les concepts d'*écologie*, de *clairaudience* et de *design acoustique*. Puis, nous étudions la notion de *paysage sonore* — notion qui inaugure la réflexion écologique et qui suppose l'existence d'un réseau de relations établies sur la base du fait sonore. Pour ce faire, nous examinons le paysage sonore d'un point de vue perceptif, en nous concentrant sur les *stratégies d'écoute* et sur les principes de base dans les processus de *séparation auditive* — rapportés aux fondements théoriques de l'écologie acoustico-sonore.

II.1.1 Les rudiments de l'écologie acoustico-sonore

À la fin des années 1960, l'étude des relations entre les organismes vivants et leur environnement sonore donne naissance à une nouvelle discipline : l'écologie sonore. Maintes expérimentations de création sonore répondant aux principes écologiques du

¹⁴ *Ibid.*, p.12. Nous avons remplacé le terme « le vivant » par celui d'« organique », pour des raisons de clarté.

¹⁵ Dauby, Y., *Paysages sonores partagés*, (mémoire DEA), Université de Poitiers, 2004, pp. 10-11

¹⁶ *Ibid.*

paysage sonore voient le jour, notamment celles au sein du groupe WSP, au Canada — *World Soundscape Project*, sous la direction du professeur Raymond Murray Schafer. Les principes fondamentaux de cette nouvelle discipline répondent au besoin de disposer d'une nouvelle manière de comprendre le *fait sonore* : non comme un "objet" esthétique ni concret, mais plutôt comme un phénomène dynamique rapporté à l'environnement¹⁷ — tant au niveau physique (*lieu*) qu'au niveau social et culturel (*communauté*). Cette nouvelle approche fonde l'étude des événements sonores "sur le terrain", visant à attirer l'attention sur les aspects *musicaux* de l'environnement sonore pour en reconnaître l'équilibre naturel. Divers travaux de *field-recording* voient le jour, notamment l'album « The Vancouver Soundscape » — qui est complémentaire au livre du même titre et qui rend compte des changements de l'environnement sonore dans la planète¹⁸.

L'écologie acoustico-sonore concerne la relation entre le sujet et l'environnement — entendant par sujet, soit un individu, soit une *communauté acoustique* — positionnant le son comme entité de médiation. Selon cette perspective, le son constituerait le moyen de signification et d'interrelation à l'intérieur d'un environnement, ce dernier étant entendu comme un système complexe. Graduellement, la dynamique « écologiste » s'est incorporée dans les processus de création musicale et sonore — de caractère plutôt expérimental —, tout en soulevant de nouveaux questionnements au sein de la réflexion musicologique, ainsi que des défis au sein de la composition musicale. Dans un premier temps, l'approche prônée par Schafer suppose une écologie sonore très engagée politiquement, visant à produire des « chercheurs du paysage sonore » (ou « *soundscape researchers* »), concentrés sur la nécessité de comprendre les divers changements de l'environnement et leur influence sur la perception et la conduite des gens¹⁹. Puis, son approche prétend former des « designers acoustiques » (*acoustic designers*), ayant pour mission de provoquer des changements dans la manière d'écouter au sein de la société, en ce qu'ils « ont pour

¹⁷ Solomos, M. (al.), *Musique et écologies du son. Propositions théoriques pour une écoute du monde*, Paris : L'Harmattan, 2016, pp.6-7

¹⁸ Dirigé par R. Murray Schafer et supervisé par Bruce Davis, il s'agit de l'album pionnier dans l'étude du paysage sonore (1973). L'album comprend des pistes enregistrées par Bruce Davis, Colin Miles, Howard Broomfield, Peter Huse, et mixées par Bruce Davis.

¹⁹ Dans une critique du déclin de la qualité sonore de l'environnement depuis la révolution industrielle, Schafer déclare : « The three most revolutionary sound mechanisms of the Electric Revolution were the telephone, the phonograph and the radio. With the telephone and the radio, sound was no longer tied to its original point in space; with the phonograph it was released from its original point un time. The dazzling removal of these restrictions has given modern man an exciting new power which modern technology had continually sought to render more effective. The soundscape researcher is concerned with changes in perception and behaviour ». Schafer, M., *Our Sonic Environment and the soundscape. The Tuning of the World*, Rochester: Destiny Books, 1977, p. 89. Toutes les traductions ont été réalisées par l'auteur, sauf précision contraire.

vocation de faire écouter de nouveau les divers modèles du paysage sonore, si équilibrés et admirablement achevés comme des chefs-d'œuvre musicaux ».

À ce propos, Schafer met en évidence quelques indices sur la question du processus électroacoustique de manipulation du paysage sonore — notamment l'accélération, le ralentissement, l'amincissement et l'élargissement —, ayant pour but de comprendre et de transmettre « comment les sons peuvent être réarrangés et réordonnés en vue de leur mise en valeur, satisfaisant aux critères d'un art appelé orchestration²⁰ ». Pour sa part, Schafer donne forme à un activisme écologiste qui est pour la préservation des paysages naturels et ruraux, s'opposant politiquement aux changements de l'environnement dus à l'urbanisation exacerbée de la modernité²¹. Il situe ainsi la thématique de l'écologie sonore dans un contexte historique quelque peu inquiétant, de même qu'il prend une posture plutôt mélancolique face aux changements accélérés de l'environnement et leur rapport avec la perception auditive du monde :

« Deux grands tournants ont marqué l'histoire de l'humanité : le passage de la vie nomade à la vie sédentaire, qui s'est produite voici dix mille à douze mille ans, et celui, plus récent, de la vie rurale à la vie citadine, qui ne date guère, lui, que de quelques siècles. Les bourgs sont devenus des villes, et celles-ci ont grossi, recouvrant une grande partie de ce qui était autrefois la campagne. Pour ce qui est du paysage sonore, la révolution industrielle marque un changement à partir duquel se sont développées les villes et beaucoup d'autres choses encore²²».

Postérieurement, Schafer pose le problème du déclin de la qualité de l'environnement sonore comme étant une question d'ordre perceptif²³ et esthétique — c'est-à-dire, comme

²⁰ « The acoustic designer may incline society to listen again to models of beautifully modulated and balanced soundscapes such as we have in great musical compositions. From these, clues may be obtained as to how the soundscape may be altered [...]. The ultimate endeavor is to learn how sounds may be rearranged so that all possible types may be heard to advantage — an art called orchestration. The outright prohibition of sound being impossible, and all exercises in noise abatement being consequently futile, these negative activities must be now turned to positive advantage following the indications of the new art and science of acoustic design. » Schafer, M., *Our sonic Environment, Op.Cit.*, pp. 237-238. C'est nous qui soulignons.

²¹ *Ibid.*, pp. 71-88

²² Schafer, M., *Le paysage sonore : le monde comme musique*. Traduit par Sylvette Gleize. 1 vol. Collection Domaine sauvage. Paris: Éd. Wildproject, 2010, pp.91-92. Par souci de clarté, nous citons le paragraphe original : « The two great turning points in human history were the change from nomadic to agrarian life, which occurred between ten and twelve thousand years ago, and the transition from rural to urban life, which has occupied the most recent centuries. As this later development has occurred, towns have grown into cities and cities have swollen out to cover much that was formerly rural land. » Schafer, M., *Our Sonic Environment, Op.Cit.*, p. 53.

²³ Cf. Molino, J., *Le singe musicien. Sémiologie et anthropologie de la musique* (1975). Paris : Actes Sud/INA, 2009. Dans la lignée de ce que propose la sémiologie musicale de Molino — axée sur la tripartition de l'espace perceptif, nous visons à mettre en relief la polyvalence du paysage sonore. Il est question de distinguer les facettes du processus de

relevant du ressenti. En ayant des implications négatives sur le rapport entre les auditeurs et l'environnement, ce déclin impliquerait chez Schafer leur distanciation mutuelle ainsi que la perte du pouvoir d'appréciation chez les individus. Il s'engage donc dans une démarche *écologiste* ambitieuse de réapprentissage au niveau esthétique — c'est-à-dire, au niveau de l'écoute. Néanmoins, sa position semblerait peu ambitieuse quant à l'activité compositionnelle (au niveau poétique) : il signale que la musique constitue le meilleur dispositif pour garder la mémoire des sons du passé et que, de ce fait, elle s'avère très utile pour guider l'étude des variations, réorientations et virages dans les habitudes auditives et les formes de perception chez l'humain²⁴. De même, il affirme que la musique se divise en deux grandes catégories : d'un côté, la musique pure, permettant au compositeur de donner forme à des paysages sonores idéaux résidant dans son esprit, et d'un autre côté, la musique à programme visant à imiter l'environnement²⁵.

Force est de constater que Schafer insiste sur le fait que « la *musique pure* est disjointe de l'environnement extérieur ; ses plus hautes manifestations (telles que la sonate, le quatuor, la symphonie) sont conçues pour être créées et représentées 'en intérieur'²⁶ » et ajoute que « la musique se déplace dans les salles de concert lorsqu'elle ne peut point être appréciée 'en plein air' ²⁷ ». Même si Schafer considère la musique comme un dispositif servant à conserver la mémoire — et, par conséquent, un outil fort utile pour façonner et orienter l'avenir — sa position n'admet toujours pas d'autres possibilités pour penser la *musique* et la composition musicale autrement. Il se positionne donc comme un écologiste acoustique tout en restant dans l'univers compositionnel de la tradition occidentale de musique instrumentale écrite. Chez lui, le problème de la pollution sonore réside dans le fait que les musiciens — et, conséquemment, la musique — se sont écartés du monde réel, cela dû au manque d'attention et de sensibilisation au paysage sonore. Ceci étant, l'engagement

perception musicale, dont notamment la réception et la production en tant qu'étapes-clés pour l'intelligibilité des processus musicaux.

²⁴ Schafer, M., *Our Sonic Environment, Op.Cit.*, p. 103

²⁵ *Ibid.*

²⁶ « Music forms the best permanent record of past sounds, so it will be useful as a guide to studying shifts in aural habits and perceptions. [...] This is a theme that has remained little explored, for historians and analysts have concentrated on showing how musicians have drawn forth music from the imagination or from other forms of music. But musicians also live in the real world and in various discernable ways the sounds and rhythms of different epochs and cultures have affected their work, both consciously and unconsciously. [...] Music is of two kinds: absolute and programmatic. In absolute music, composers fashion ideal soundscapes of the mind. Programmatic music is imitative of the environment and, as its name indicates, it can be paraphrased verbally in the concert program. Absolute music is disengaged from the external environment and its highest forms (the sonata, the quartet, the symphony) are conceived for indoor performance. [...] Music moves into concert halls when it can no longer be effectively heard out of doors. There, behind padded walls, concentrated listening becomes possible. That is to say, the string quartet and urban pandemonium are historically contemporaneous ». Schafer, M., *Our Sonic Environment, Op.Cit.*, p.103. C'est nous qui soulignons.

²⁷ *Ibid.*

écologiste de Schafer-compositeur trouvera une résonance au niveau de la diffusion sonore (niveau esthétique) et non pas dans le processus de composition lui-même. D'une certaine manière, Schafer insistera sur la « reconstruction de l'univers musical » proposée et défendue par Luigi Russolo et les futuristes italiens²⁸, de même qu'il posera les fondements pour l'apparition d'une nouvelle conception de l'environnement au sein de l'enseignement musical : « s'il y a actuellement un problème de pollution sonore, c'est en partie dû au fait que les éducateurs de musique n'ont pas su réveiller la conscience du paysage sonore chez les musiciens, même après 1913²⁹, moment où la division entre le royaume musical et le non musical a cessé d'exister³⁰ ».

Convaincu que cette conscience devait passer par les salles de classe pour être transmise, Schafer créa le projet « World Soundscape Project » avec un groupe de jeunes compositeurs, parmi lesquels Barry Truax et Hildegard Westerkamp — deux figures majeures de la musique électroacoustique, qui influenceront de façon déterminante la manière de composer depuis une approche musicale écologico-acoustique.

II.1.2 The World Soundscape Project

Créé à la fin des années 1960 à l'Université Simon Fraser, ce projet répond au besoin de sensibiliser la population à la question de l'environnement sonore, de même qu'il répond aux inquiétudes personnelles de Schafer quant aux changements rapides de l'environnement sonore de Vancouver³¹. Connu par son sigle anglais «WSP», ce projet est fondé sur les problématiques liées à la perception de l'environnement, mais initialement, il était centré exclusivement sur l'étude de la pollution sonore (*noise pollution*). À la fin des années 1960, cette étude aboutit à la publication de deux brochures intitulées « *The New Soundscape* » (1969), concernant notamment les changements dans la composition sonore de l'environnement, et « *The Book of Noise* » (1970) de caractère plutôt méthodologique.

²⁸ Pareillement, comme nous le verrons postérieurement, R. Murray Schafer reprend aussi quelques idées de Pierre Schaeffer et son idéal d'une musique concrète.

²⁹ Date de publication de « *L'Arte dei Rumori* », de Luigi Russolo.

³⁰ « A musician used to be one who listened with seismographic delicacy in the music room; but who put on ear flaps when he left. If there is a noise pollution problem in the world today it is certainly partly maybe largely owing to the fact that music educators have failed to give the public a total schooling in soundscape awareness, which has, since 1913, ceased to be divisible into musical and nonmusical kingdoms. » Schafer, M., *Our sonic environment*, *Op.Cit.*, p.111

³¹ Truax, B., *Soundscape Composition* (HTML Documentation), DVD-ROM #2, Cambridge Street Publishing (CSR-DVD 0901), 2009

Toujours est-il que les premières tentatives pour aborder l'étude de l'environnement sonore au sein du WSP ont eu une connotation plutôt négative : *primo*, en ce qu'elles se sont concentrées sur les effets de la pollution de l'écosystème et les problèmes associés à l'expansion urbaine exacerbée³², et *secundo*, puisqu'articulées autour du changement de la qualité de l'environnement — qualité « décroissante » d'après Schafer—, allant du *hi-fi* (haute-fidélité des paysages ruraux) jusqu'au *lo-fi* (basse fidélité au sein des villes). C'est pourquoi, quelques années plus tard et vu le manque d'une approche plus positive à l'égard de l'étude de l'environnement sonore³³, Schafer publiera « The Music of the Environment³⁴ ».

Répondant en partie aux motivations des étudiants du WSP pour aborder l'étude de l'environnement sonore d'un point de vue plus créatif, cette publication constitue la clef de voûte de la composition fondée sur le paysage sonore : c'est dans cet essai que Schafer présente pour la première fois « l'environnement sonore comme une composition musicale universelle³⁵ », de même qu'il aborde les questions fondatrices de la composition fondée sur le paysage sonore, à savoir la *clairaudience*, la *schizophonie*, le *design acoustique*, la *communauté acoustique* et la composition musicale en tant qu'*architecture sonore* — ou plus exactement, le musicien en tant qu'architecte sonore³⁶.

Le groupe des participants du *World Soundscape Project* était conformé par des étudiants et compositeurs « jeunes et très motivés », parmi lesquels les compositeurs de renom Hildegard Westerkamp et Barry Truax, ainsi que les fameux artistes sonores Bruce Davis et Peter Huse — qui publièrent des journaux scientifiques et des études sonores de l'environnement, notamment *The Vancouver Soundscape* (1973)³⁷, *Soundscapes of*

³² Par exemple : « [...] after the industrial revolution, mechanical sounds drowned out both human and natural sounds with their ubiquitous buzz and whirr. [...] With the intensity of the sound barrage going on all around, it has become fashionable to speak of silence. Therefore, let us speak of silence. We miss it. » Schafer, M., *The New Soundscape*, Ontario : BMI Canada Limited, 1969, pp.6-9

³³ « Noise pollution results when man does not listen carefully. Noises are the sounds we have learned to ignore. Noise pollution today is being resisted by noise abatement. This is a negative approach. We must seek a way to make environmental acoustics a *positive* study program. » Schafer, M. (éd.), « The music of the environment N°1 of an Occasional Journal devoted to Soundscape Studies » In *Cultures I, I*, Wien : Les éditions de la Baconnière, 1973, p.3

³⁴ Schafer, M., *The music of the environment N°1*, *Op. Cit.*

³⁵ « [...] Throughout this essay I am going to treat the world soundscape as a macrocosmic musical composition ». Schafer, M., *The music of the environment*, *Op.Cit.*, pp.3-5

³⁶ *Ibid.*

³⁷ L'album est composé de neuf pièces sonores (Ocean sounds, Squamish Narrative, Entrance to the Harbour, Harbour Ambience, The Music of Horns and Whistles, Vancouver Soundmarks, Homo Ludens - Vancouverities at Play, The Music of Various City Quarters, et New Year's Eve in Vancouver Harbour) plus une « introduction à l'art de composer le paysage sonore » appelée *On Acoustic Design*, racontée par R. Murray Schafer. Tous les sons de base ont été enregistrés entre septembre de 1972 et août de 1973 par les artistes mentionnés, en collaboration avec Howard Broomfeld et Colin Miles. Truax, B., *Soundscape Composition* (HTML Documentation), *Op.Cit.*

Canada (1974)³⁸ et *Five Village Soundscapes* (1975)³⁹. Peut-être qu'en ayant pour but de devenir les pionniers du « design acoustique », les participants du WSP ont connu deux moments au sein du projet : un premier, axé sur l'étude de l'environnement *tel qu'il est* et son organisation interne ; un deuxième, orienté vers sa réorganisation. Les premiers travaux que nous venons de mentionner ont constitué une étape cruciale dans le développement de l'écologie sonore, puisqu'ils ont permis aux membres du WSP de déployer une nouvelle stratégie d'écoute (ou « *listening attitude* »), centrée sur les aspects *musicaux* du paysage sonore⁴⁰. Cette première étape atteint son apogée entre à la fin des années 1970, notamment avec la publication de l'ouvrage *The Tuning of the World*, de R. Murray Schafer (1977), et avec l'apparition de *the Handbook for Acoustic Ecology*, de Barry Truax (1978). Cependant, il faut noter que l'univers conceptuel de l'écologie acoustico-sonore ne se réduit pas à ce qui a été proposé dans les travaux théoriques. Bien au contraire, c'est par le biais d'une relecture approfondie de ses préceptes que cette discipline a pu être intégrée dans l'univers poétique de la création musicale⁴¹. C'est ainsi que la deuxième période de l'écologie acoustico-sonore voit le jour avec l'émergence de compositeurs électroacoustiques orientés vers la composition musicale fondée sur le paysage sonore.

Depuis cette période très particulière qui est au cœur de notre recherche, l'activité du designer sonore ne se centre pas uniquement sur le niveau esthétique (l'écoute de l'environnement), mais elle se consacre plutôt à la réorganisation de divers éléments qui constituent l'environnement sonore, ce qui se traduira graduellement dans des stratégies poétiques très spécifiques de manipulation électroacoustique et de composition musicale. Mais avant d'aborder leur étude, il convient d'examiner les principes qui sont à la base du design acoustique.

³⁸ Il s'agit d'une série d'émissions radio présentée à CBC-FM entre octobre et novembre 1974, avec la participation de Murray Schafer (directeur et animateur), Howard Broomfeld, Barry Truax et Adam Woog.

³⁹ Il s'agit d'un projet articulé autour d'une visite à Europe, ayant pour but d'enregistrer les sonorités caractéristiques de cinq villages : Skruv (Suède) ; Bessingen (Allemagne) ; Cembra (Italie) ; Lesconil (France), et Dollar (Écosse). De ce projet a résulté la publication d'un compte-rendu narratif appelé *European Sound Diary*, de même qu'une étude détaillée de l'environnement sonore des cinq villages visités.

⁴⁰ Schafer, M., *The Book of Noise*, Ontario : Arcana Editions, 1998, pp. 9-12

⁴¹ Dans sa propre relecture de l'écologie acoustique et du rapport entre le paysage sonore et la musique, Barry Truax décèle une association implicite entre la parole, le paysage sonore et la musique, en ce que ces derniers partagent une base commune, à savoir l'organisation sonore (*organized sound*).

II.1.3 « Clairaudience » et les principes du design acoustique

Dans un effort pour sensibiliser les auditeurs et les musiciens à l'environnement sonore, Schafer avance le terme de « clairaudience⁴² » en tant qu'apprentissage de base de l'écoute. Avec ce terme, il vise à établir une méthode pour aborder l'écoute différemment, mettant en relief la qualité *musicale*⁴³ des sonorités de l'environnement. Comme nous l'avons déjà mentionné, il avance l'idée que l'univers sonore peut être agencé comme s'il s'agissait d'une composition musicale, en émettant donc l'hypothèse d'une activité créatrice sous forme d'agencement architectural des sons :

« Les architectes essaient d'organiser les choses pour augmenter la sensation de satisfaction esthétique. Un architecte paysager organise la végétation des parcs et des jardins ; un architecte une place ou un bâtiment publics ; un architecte d'intérieur la décoration d'une pièce. Mais le paysage sonore n'est pas une propriété privée. Par conséquent, il ne peut être organisé par les seuls spécialistes. Nous en sommes tous propriétaires dans la mesure où nous sommes tous créateurs de sons. Nous avons donc tous à jouer un rôle pour améliorer son orchestration. D'abord, nous apprenons à écouter. Puis nous apprenons à penser aux sons. Enfin, nous nous mettons à les organiser de manière plus satisfaisante.⁴⁴ »

Conjointement, il promulgue une série d'exercices pour « appréhender le sonore » et classer les divers sons selon leur source, ce qui nécessite forcément d'accorder plus d'attention au silence⁴⁵ (voir tableau II.1). Sur cette base, Schafer proposera une hiérarchie des caractéristiques du paysage sonore à partir d'une approche articulée autour de la théorie de la forme — ou *Gestalt-théorie*, notamment sur la base de la distinction figure/fond⁴⁶. Dans les mots de Schafer lui-même :

⁴² « *Ear cleaning* » en anglais. Nous employons le terme tel qu'il est défini par Schoer, H. (al.), « The Sounding Museum: Towards an Auditory Anthropology », In *Soundscape. Music and Ecologies of Sound. Theoretical & practical projects for a listening of the world*. Vol.13(1), Winter/Spring 2013-2014, pp.15-21. De même, il s'agit du terme employé dans la réédition de Schafer, M., *Le paysage sonore : le monde comme musique*, *Op.Cit.*, pp.33-35

⁴³ À ce propos, Schafer signale : « Today all sounds belong to a continuous field of possibilities lying within the comprehensive dominion of music. Behold the new orchestra: the sonic universe! ». Schafer, M., *Our Sonic Environment*, *Op.Cit.*, p.5

⁴⁴ Schafer, M., *Le son, bien entendu ! Appréhender le sonore en 98 activités*, traduit par Lola Milhem, SCÉRÉN-CNDP, Éditions Arcana (éd.), Ontario, 2011, p.66

⁴⁵ « Many exercises can be devised to help cleanse the ears, but the most important at first are those which teach the listener to respect silence ». Schafer, M., *Our Sonic Environment... Op.Cit.*, p.208.

⁴⁶ Schafer, M., *Le son bien entendu. Appréhender le sonore en 98 activités*, traduit par Lola Milhem, SCÉRÉN-CNDP, Onratio : Éditions Arcana, 2011, p. 16. Il convient de souligner la similarité de ce système référentiel de classification sonore avec celui suggéré par Pierre Schaeffer dans le TOM (1966) : dans le premier, l'unité de référence correspond à

« Tout comme un appareil photo met un cadre autour d'une image, l'enregistreur peut encadrer un son. Tout comme nous essayons de prendre un objet en photo nettement et en lui donnant une place centrale, nous devons essayer d'enregistrer les objets clairement et sans interférence. Une première activité intéressante consiste à enregistrer des objets simples, par exemple : un train qui passe ; une cloche d'église ; un sifflet d'usine. Évitez d'enregistrer des panoramas sonores. Sélectionnez des sons précis et essayez d'enregistrer seulement le son souhaité, sans qu'il soit entaché de bruit non voulu. C'est beaucoup plus difficile qu'il n'y paraît⁴⁷ ».

Dans cette perspective, la cliraudience viserait à préparer le *designer acoustique* — pour reprendre ses propres termes — à accomplir ses tâches, notamment celle de percevoir tous les aspects de n'importe quel paysage sonore pour ensuite pouvoir les réorganiser⁴⁸. Par conséquent, Schafer propose une série d'activités pour développer l'écoute depuis une approche morphologique, notamment « tenir un journal du paysage sonore » pour décrire la composition de chaque paysage de manière narrative ; réaliser des promenades sonores (*soundwalks*) ; faire des enregistrements sonores en essayant d'obtenir des collections typologiques différentes, et finalement, identifier les repères sonores qui caractérisent une communauté spécifique⁴⁹.

la source sonore en tant qu'*indice* ; dans le second, il s'agit d'un système typologique centré sur la masse et la facture. Nous aborderons vastement cette question au chapitre II.3.

⁴⁷ Schafer, M., *Le son bien entendu... Op.Cit.*, p.52

⁴⁸ « [...] the acoustic designer must be trained to perceive all aspects of any soundscape unmistakably, otherwise how should he be able to adjudicate it properly? How should he be able to gauge the effect of signals and soundmarks and know the function of keynotes and background sounds? » Schafer, M., *Le son bien entendu, Op.Cit.*, pp.211-212

⁴⁹ Citons par exemple cette consigne : « Choisissez un seul type de son à enregistrer et essayez d'obtenir autant d'exemples contrastés que possible. Ces sons pourraient être : des portes ; des portails ; des klaxons automobiles ; des aspirateurs. Cette activité est votre introduction à la morphologie du son, l'étude des variations dans des catégories spécifiques de sons. Les sons des portes, par exemple, sont différents à travers le monde. » Schafer, M., *Le son bien entendu, Op.Cit.*, 2011, p.53

Nomenclature	typologie sonore (selon la source)
N	son naturel
H	son humain
X	son technologique
C	son continu
R	son répétitif
U	son unique

Tableau II.1 *Classification sonore de Schafer (2011)*

D'autre part, en partant d'une réflexion autour des possibilités sonores à partir des techniques modernes de diffusion électroacoustique, Schafer se questionne sur la dissociation des sons et leur source. Sous le terme *schizophonie*, il critique « cette “aberration” impliquant des conséquences profondes dans nos vies⁵⁰ », ainsi qu'il avertit sur les conséquences de distorsion et de transformation excessive que la reproduction (playback) des sons vivants peut avoir⁵¹. En même temps, il dénonce le « caractère ventriloque (*ventriloquizing*) de la vie moderne⁵² » et le caractère artificiel de l'enregistrement sonore qui dissocie les sons de leur environnement. Toujours est-il que, en ce qui concerne la dénonciation faite par Schafer à propos du découpage du son qui résulte de l'enregistrement, l'écologie sonore s'est développé très largement grâce à cette même technologie au moyen de *field-recordings*, et puis, de compositions fondées sur des paysages sonores préalablement enregistrés.

L'approche retenue par Schafer vise à mettre en question la perception sonore de l'environnement par le biais de ce qu'il considère un processus de « nettoyage auditif » et de réapprentissage de l'écoute. Sur la base de ses observations et à travers ses enseignements, le pionnier de l'écologie sonore cherchera à redéfinir la manière d'écouter — en ayant recours à la *clairaudience* — ainsi que la manière d'*organiser* les éléments qui constituent le paysage sonore — par le biais d'une recherche perceptive attentive au caractère morphologique du son. Ainsi, les principes écologique-acoustiques servant à interpréter *musicalement* les éléments de l'environnement sonore résulteraient d'un

⁵⁰ « [...] if I use a word close in sound to schizophrenia it is because I want very much to suggest to you the same sense of aberration and drama that this word evokes [as schizophrenia does], for the developments of which we are speaking have had profound effects on our lives. » Schafer, M., *The New Soundscape, Op.Cit.*, p.43. C'est nous qui soulignons.

⁵¹ *Ibid.*, p.45

⁵² *Ibid.*, p.44

système de classification qui constitue un apport majeur pour la composition au sein des arts sonores et de la musique. L'écologie sonore tisse donc un double lien entre la musique et l'environnement. Premièrement, en proposant l'environnement comme musique ; puis, en énonçant une musique-comme-environnement⁵³. Depuis lors, cette révolution conceptuelle menée par Schafer positionnera le paysage sonore comme fondement concret au niveau poétique, en ce que l'environnement acoustique (perceptible) deviendra officiellement la source directe pour la composition musicale. D'une part, l'environnement constituera le point de référence esthétique *ambitionné* pendant la composition — le paysage sonore entendu comme un système idéal d'équilibre sonore (hi-fi) ; d'autre part, les événements acoustiques issus de l'environnement deviendront aussi des matériaux *syntaxiques* de base pour la composition musicale.

II.1.4 Le paysage sonore

Le concept de paysage sonore est un concept polysémique. Il associe les notions de *phénomène sonore* et de "*landscape*⁵⁴", ce qui renvoie tant à une expérience visuelle du fait sonore qu'à une impression spatiale rapportée à l'écoute⁵⁵. Cette association concerne une expérience d'emplacement — ou de *situation* — dans un espace sonore donné, de même qu'elle se réfère à une expérience d'*immersion* dans un environnement sonore particulier. Forcée en 1977 par le pionnier de l'écologie sonore, le paysage sonore doit s'entendre comme un concept esthétique qui implique la notion d'*ensemble*, et donc, d'assemblage :

« J'appelle l'environnement acoustique le "paysage sonore", par lequel j'entends l'ensemble complet des sons du lieu où nous nous trouvons. C'est une expression fabriquée à partir de paysage, mais contrairement au paysage, il ne se trouve pas exclusivement à l'extérieur⁵⁶ ».

⁵³ Dans son mémoire de master, Hildegard Westerkamp (1988) a avancé l'idée d'une musique-comme-environnement (*music-as-environment*), son idée centrale étant de proposer une forme de création musicale ayant trait à la conscience de l'écoute. Pour se distinguer de la musique de fond (*background music*) ainsi que des implications sociales et politiques liées à la *Muzak*, la proposition artistique de Westerkamp se conçoit comme une « musique d'avant plan, ou *foreground music* ». Westerkamp, H., *Listening and soundmaking: a study of music-as-environment*, British Columbia : Simon Fraser University Master of Arts (thèse), 1988, pp 35-55. Nous y reviendrons plus en détail dans les pages qui suivent.

⁵⁴ Nous abordons cette notion plus en détail au chapitre II.2.1.1.

⁵⁵ Cf. Emmerson, S. (1999), Schafer, M. (2011), Solomos (2013) et Deng et al. (2015).

⁵⁶ Schafer M, *Le son bien entendu... Op.Cit.*, p.12

C'est sur la base de ces notions que se forgera une conceptualisation plus avancée du paysage sonore en tant qu'expression qui cherche à « prendre la mesure d'une pensée où le son n'est pas appréhendé comme objet, mais est défini par rapport à un réseau de relations⁵⁷ ». Afin de jeter un pont entre cette notion théorique et l'univers de la composition musicale, nous exposons dans ce qui suit quelques cas qui illustrent l'appropriation conceptuelle du paysage sonore dans de diverses disciplines scientifiques et artistiques.

Étant l'un des héritiers directs de l'écologie sonore telle qu'enseignée par R. Murray Schafer, Barry Truax a largement étendu la portée de cette discipline, ce qui lui a permis d'aborder la composition musicale sous un angle nouveau. D'après le compositeur et musicologue, le concept de paysage sonore intègre l'approche objective de la physique acoustique, et l'approche subjective des *soundscape-studies* dans un modèle de communication fondé sur l'information⁵⁸, ce qui suppose une lecture à la fois événementielle et relationnelle du fait sonore. Du côté de l'approche subjective, il n'est pas inintéressant de relever que le paysage sonore est devenu un concept clé dans le domaine de la science écologique, défini quelques années plus tard comme la collection de sonorités biologiques, géophysiques et anthropogéniques qui, variant dans l'espace et dans le temps, émanent d'un environnement quelconque (*landscape*), s'avérant nécessaires pour la compréhension des processus inhérents aux écosystèmes et aux activités humaines⁵⁹. Ainsi, au fur et à mesure que l'écologie acoustico-sonore s'est développée — notamment durant sa première décennie, à savoir entre les années 1977 et 1987 — le paysage sonore est devenu une pierre de touche tant pour l'écologie du paysage — ou *Landscape Ecology* telle que définie par Troll (1939) —, que pour l'écologie acoustique.

Également, le principal concept au sein de l'écologie sonore a aussi fait l'objet d'une critique catégorielle au sein des sciences sociales — notamment de la part de l'ethnomusicologue Steven Feld (1982, 2005) et des anthropologues Paul Stoller (1989),

⁵⁷ Solomos, M. (al.), *Du son aux espaces, environnement, paysage, milieu, ambiance... sonores*, 2017, p.7. [Version en ligne] : hal.archives-ouvertes.fr/hal-01537609

⁵⁸ « An original member of the WSP team, Barry Truax, extended the subjective concept of soundscape during the 1980s to what he termed a communicational, information-based model. In his book *Acoustic Communication* (2001), he attempted to integrate the objective approach of acoustics and subjective approach of soundscape studies. In this model, sound results in meaning based on two types of information and knowledge provided by the listener: (a) information gleaned from the properties of the sound itself— such as its spectral and temporal patterns, and (b) listener's knowledge of the environmental, social and cultural context ». Truax, B. et Barrett, G., « Soundscape in a context of acoustic landscape ecology », *Landscape Ecology*, Springer Science+Business Media B.V., 26:1202-1207, 2011.

⁵⁹ « Recently, soundscape has been defined more specifically as “the collection of biological, geophysical and anthropogenic sounds that emanate from a landscape and which vary over space and time reflecting important ecosystem processes and human activities. » Pijanowski, B. (al.) « What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging science », *Landscape Ecology*, 26(9), 2011, p. 1214.

David Howes (1991) et Tim Ingold (2007). Selon l'appréciation que porte Ingold, le paysage sonore n'est point un concept assez congruent en ce qu'il confond le son avec l'écoute, tout en limitant la perception sonore soit à un achèvement mental, soit à un but matériel⁶⁰. Pour l'auteur de *Against Soundscape* (2007), il est plutôt question de concevoir le son comme un véhicule de perception (*medium of perception*) — et non comme un matériau ni physique ni émotionnel —, ce qui implique le besoin d'aborder les questions d'*emplacement* et d'*embodiment*⁶¹. Toujours est-il que le concept de paysage sonore ou *soundscape* est couramment utilisé depuis sa création : il s'agit d'un terme distinctif et précis en ce qu'il rend explicite la cohérence qui définit l'identité sonore-référentielle d'un lieu. Comme le remarquent Pistrick & Isnart (2013) : « le paysage sonore est un phénomène qui fait appel à nos capacités sensorielles et qui possède une forme reconnaissable, étant façonné par des aspects culturels et symboliques⁶² ». Donc, même s'il s'avère probablement un concept incongru comme le signale Ingold, le paysage sonore reste un concept en construction, central pour l'étude acoustique de l'environnement.

En effet, c'est avec l'émergence de nouvelles approches pour l'étude du paysage sonore (*ecoacoustics*) que des nouvelles théories voient le jour, dont notamment la *biophonie*⁶³. *Grosso modo*, dans le cadre de cette nouvelle perspective il y aurait une séparation ou "partitionnement" de l'espace acoustique, donnant comme résultat la distribution des bandes de fréquence entre les divers macro-systèmes organiques. Conséquemment, cette distribution sonore de l'espace entraînerait l'établissement et le maintien d'une *niche acoustique* particulier comme stratégie de survie de chaque espèce biologique⁶⁴.

Nonobstant ce qui précède, le paysage sonore semble pouvoir être décortiqué de manière générale, tant dans sa dimension matérielle que mentale. Avec l'émergence de recherches

⁶⁰ Ingold, T., « Against soundscape » In A. Carlyle (Ed.), *Autumn leaves: sound and the environment in artistic practice*, Paris, Double Entendre, 2007, pp. 10-13.

⁶¹ « According to Ingold (2007) sound should be considered neither as mental nor as material but as a *medium of perception*, as a phenomenon of experience in which we are immersed » Pistrick, E., Isnart, C., « Landscapes, soundscapes, mindscapes: introduction », en *Etnográfica, Revista do Centro em Rede de Investigação em Antropologia*, [Online], vol. 17 (3) | 2013, p. 504. Consulté le 1 octobre 2016.

⁶² « Landscapes and soundscapes surround us in our everyday lives even if we do not always recognize their existence. They are two phenomena which appeal to our sensory capacities and which share comparable features: they both possess a recognizable form, they are both culturally shaped and they are symbolic points of reference for humans ». Pistrick, E., et al., *Landscapes, soundscapes... Op.Cit.*, p.504

⁶³ Aussi connue sous le nom de « *théorie des niches écologiques* », la biophonie a été théorisée par Bernie Krause et promulguée depuis 1987.

⁶⁴ Stratégie liée au processus d'évolution naturelle. Pour approfondir, voir Krause, B., « Bioacoustics: habitat ambience in ecological balance », *Whole Earth Rev* N°57, 1987, pp.14–18.

en bioacoustique⁶⁵ comme celle portée par Krause depuis les années 1980, la notion biologique d'*habitat* s'est enrichie, et le concept d'*habitat acoustique* s'est avéré une précieuse contribution à la science écologique⁶⁶ :

« Le concept de paysage sonore est composé de ce [qu'on appelle] des signatures sources, ce qui signifie que chaque type de son, quelle que soit son origine, contient sa propre signature (ou qualité), qui elle-même renferme un vaste stock d'informations. Cette signature individuelle est unique, tout comme le paysage sonore naturel dans son ensemble, particulièrement lorsqu'il devient la voix d'un habitat tout entier ⁶⁷».

Pour revenir au sujet des implications du paysage sonore au sein de la musique, c'est sur la base de cette théorie des niches écologiques⁶⁸ que Truax formalisera les principes de la composition musicale en tant qu'activité d'organisation sonore centrée sur le timbre⁶⁹. Chez Truax, la composition musicale se traduit par des processus de réorganisation sonore et de façonnage acoustique à l'intérieur d'un environnement sonore, ces processus de réorganisation étant axés sur deux domaines particulièrement essentiels, à savoir 1) l'agencement des matériaux sonores (*bringing sounds together*), et 2) la diffusion/émission sonore desdits matériaux vers l'environnement⁷⁰. En ce qui concerne l'agencement des sons, Truax explique qu'il s'agit d'abord d'un processus de façonnement de l'espace interne du son (*space within the sound*) — ce qui se traduira par le déploiement de diverses techniques de manipulation électroacoustique —, selon l'allure spectrale et temporelle des matériaux sonores. Aussi, Truax propose quelques techniques de manipulation électroacoustique, afin de façonner l'espace interne du son, notamment ce qu'il appelle le « profilage de magnitude⁷¹ » ; la transposition de hauteur, ou *pitch-shifting*, et le modèle de synthèse par filtrage et bouclage — notamment, en ayant recours au modèle de *Karplus-*

⁶⁵ Il faut préciser que, lorsqu'on emploie le terme « bio-acoustique », on se réfère plus spécifiquement à un domaine spécifique et interdisciplinaire d'étude qui touche à la communication chez les animaux (*animal communication*). Pour approfondir, voir Fletcher, N., « Animal bioacoustics », In Rossing, T., (éd.), *Springer Handbook of Acoustics*, 2nd Edition, Berlin : Springer-Verlag, 2007.

⁶⁶ Truax, B., Barrett, G., *Op.Cit.*, p.1204

⁶⁷ Krause, B., *Chansons animales et cacophonie humaine. Manifeste pour la sauvegarde des paysages sonores*, Londres : éditions Gallmeister, Yale University Press, 2015, pp. 14-15.

⁶⁸ Nous reviendrons sur ce point plus loin.

⁶⁹ « I am mainly referring to the practice of timbral composition, which may be thought of as shaping the space within the sound [...]. » Truax, B., *Composition & Diffusion: Space in Sound in Space*, *Op.Cit.*, p.141.

⁷⁰ *Ibid.*

⁷¹ Précisément, au moyen de techniques de *granular time-stretching*.

*Strong*⁷². C'est en ayant recours à ces techniques de manipulation sonore que Truax arrivera à moduler la durée et le spectre d'un son, aussi que sa « synchronie interne » depuis une approche poétique écologico-acoustique⁷³.

En outre, la notion de réorganisation sonore avancée par Truax a trait à la question de la « diffusion en tant que façonnement de l'espace » (*shaping the sound inside a space*)⁷⁴, en ce que la disposition temporelle des matériaux qui composent un paysage sonore n'est pas toujours forcément corrélée. Cela signifie que les composantes acoustiques qui s'avèrent déterminantes tant au niveau perceptif que d'interprétation auditive doivent être mis en rapport pour qu'il n'y ait pas d'incongruité dans le processus de réorganisation sonore⁷⁵. Pour cela, l'auteur proposera une série de manipulations pour la composition et le façonnage de l'espace acoustique, notamment le mixage par fading multicanal⁷⁶.

Finalement, en ce qui concerne sa portée, force est de constater que le paysage sonore a été aussi mis en relation avec des paradigmes beaucoup plus récents, issus des sciences cognitives⁷⁷, dont notamment les processus d'*énaction*, d'*émergence* et/ou d'*auto-organisation*⁷⁸, rendus explicites à travers le *son* et toujours rapportés à une *manière musicale de connaître*. À cet égard, il faut reconnaître le rôle fondateur et incontournable des travaux théoriques de Barry Truax —notamment *Acoustic Communication*⁷⁹ — ainsi

⁷² *Grosso modo*, ce modèle mathématique de synthèse sonore emploie le bouclage/filtrage d'un petit échantillon sonore (et sa ligne de retard) pour émuler le son d'une corde (martelée ou pincée).

⁷³ « The volume, or perceived magnitude, of a sound depends on its spectral richness, duration, and the presence of unsynchronized temporal components, such as those produced by the acoustic choral effect and reverberation. Electroacoustic techniques expand the range of methods by which the volume of a sound may be shaped. Granular time-stretching is perhaps the single most effective approach, as it contributes to all three of the variables just described. It prolongs the sound in time and overlays several unsynchronized streams of simultaneous grains derived from the source such that prominent spectral components are enhanced. » Truax, B., « Composition & Diffusion : Space in sound in space », *Organised Sound*, 3(2), 1998, pp. 141-146

⁷⁴ *Ibid.*

⁷⁵ *Ibid.*, p. 141

⁷⁶ « Instead of regarding stereo diffusion and discrete multiple-channel systems as opposing techniques - which has unfortunately characterized some recent discussions - I would like to suggest that the multiple-channel system can be understood as an extension of stereo practice. Eight-channel tape, for instance, can be thought of as four contrapuntal stereo layers. The key concept, though, remains the use of multiple speakers as point sources, each of which can be fed an independent (i.e. uncorrelated) signal. » *Ibid.*

⁷⁷ Notamment en rapport avec les notions d'organisation et auto-organisation, développées dans les travaux de Humberto Maturana et Francisco Varela, plus précisément Maturana, H., Varela, F., *The Tree of Knowledge: Biological Roots of Human Understanding*, Boston : Shambala, 1992

⁷⁸ Pour approfondir, voir Di Scipio, A., « Objet sonore ? Événement sonore ! Idéologies du son et biopolitique de la musique » In Solomos, M., (sous la direction de), *Musique et écologies du son. Propositions théoriques pour une écoute du monde*, Paris : L'Harmattan, 2016, pp. 36-40 ; nous renvoyons aussi le lecteur à Meric, R., Solomos, M. : « Analysing Audible Ecosystems and Emergent Sound Structures in Di Scipio's Music », In *Contemporary Music Review*, Taylor & Francis (Routledge), 2014.

⁷⁹ Truax, B., *Acoustic Communication*, Simon Fraser University, Ablex Publishing Corporation, New Jersey, 1984

que les travaux de Agostino Di Scipio⁸⁰, Damián Keller⁸¹ et Ariadna Capasso⁸² (pour ne citer qu'eux) sans lesquels l'écologie acoustique n'aurait pu se consolider si profondément dans le domaine de la création musicale.

Certes, le contenu du paysage sonore peut être décortiqué et étudié au moyen d'une classification typologique — comme l'avait proposé Schafer préalablement⁸³, pour ensuite en repérer les structures d'organisation dans un système donné. Cependant, pour cela il faut accorder une attention toute particulière à l'écoute⁸⁴, et plus précisément aux « niveaux d'attention auditive » (*levels of listening attention*)⁸⁵ en tant que stratégies d'écoute.

II.1.4.1 Les stratégies d'écoute

Le changement de paradigme que présuppose l'écologie acoustico-sonore est essentiellement la résultante d'un *recentrement sur l'écoute*⁸⁶. Ce recentrement implique de placer l'écoute au centre de l'activité musicale, ainsi que d'aller au-delà des valeurs conventionnelles du son musical — à savoir la hauteur, la durée, l'intensité et le timbre instrumental. Dans ce contexte, l'écoute acquiert une importance renouvelée qui procéderait des particularités physiques (acoustiques) et phénoménologiques (sonores) du fait sonore, privilégiées par-dessus tout. D'autant plus que, comme le signale Paul Rodaway, « le paysage sonore est l'environnement sonore qui entoure les êtres sensibles. De ce fait, l'auditeur est placé au centre même de ce contexte qu'est le paysage sonore⁸⁷ ».

⁸⁰ Discipio, A., « Émergence du Son, Son d'Emergence: Essai d'épistémologie expérimentale par un compositeur ». *Intellectica* 48-49, 2008, pp. 221-249.

⁸¹ Keller, D., *Touch 'n' go : Ecological Models in Composition*. Master of Fine Arts Thesis, Burnaby, BC : Simon Fraser University, 1999.

⁸² Keller, D. et Capasso, A., « New concepts and techniques in eco-compositon ». *Organised Sound* 11 (1), pp.55-62.

⁸³ Voir notamment Schafer, M., *The New Soundscape, Op.Cit.*

⁸⁴ On a beaucoup écrit sur ce sujet — notamment John Cage (1961) et Pierre Schaeffer (1966, pp. 103-128). Cependant, vu l'ampleur du sujet, nous n'abordons l'écoute que dans le cadre de la *Soundscape Composition*. Pour approfondir, nous référons le lecteur aux ouvrages de Charles, D., *L'action de la postmodernité selon l'esprit de la musique*, Paris : PUF, 2001 et de Solomos, M., *De la musique au son. L'émergence du son dans la musique des XXe et XXIe siècles*, Rennes : Presses Universitaires de Rennes, 2013.

⁸⁵ « Whatever the reason, all developments that shape the acoustic relation of the person to an environment will occur at the crucial interface called listening, and all design criteria that are to be effective must proceed from an intimate understanding of the listening process. » Truax, B., *Acoustic Communication, Op.Cit.*, p.27

⁸⁶ Nous employons ici l'expression avancée par M. Solomos pour rendre compte du rôle actif que peut prendre l'écoute en tant qu'activité réceptive. Pour approfondir, voir Solomos, M., *De la musique au son, Op.Cit.*, pp.176-184.

⁸⁷ « The soundscape is the sonic environment which surrounds the sentient. The hearer, the listener, is at the center of the soundscape. It is a context, it surrounds[,] and it generally consists of many sounds coming from different directions [...].

Alors que chez Schafer il est question d'épanouir l'*écoute* pour aller vers une écologie sonore (au sens phénoménologique) et ainsi comprendre tout de l'environnement auquel on s'attaque — du point de vue acoustique, psychologique, sociologique et musical⁸⁸, les travaux de Barry Truax proposent une approche différente. En conformité avec la pensée de Murray Schafer⁸⁹, Barry Truax analyse les divers modes d'écoute et franchit une étape supplémentaire en abordant le problème des niveaux d'attention auditive de manière précise. Il en distingue trois, à savoir : a) l'écholocation (*listening-in-search*) ; b) l'écoute attentive (*listening-in-readiness*), et c) l'écoute en arrière-plan (*background-listening*)⁹⁰.

L'*écholocation* se traduit par un niveau d'attention très active, la conscience d'écoute de l'auditeur étant à son maximum. Dans ce mode d'écoute, l'individu est à la recherche de tout indice lui servant à prospecter l'environnement, ayant recours à des stratégies de séparation auditive⁹¹. Puis, l'*écoute attentive* implique que l'auditeur est disposé à repérer des indices qui s'avèrent efficaces et pertinents pour scruter l'environnement, sans pour autant accorder une attention particulière à tout ce qui se passe aux alentours⁹². Finalement, l'*écoute en arrière-plan* se définit comme un niveau d'attention laxiste pendant lequel, comme son nom l'indique, le son est placé au second plan. Les occurrences qui conforment le paysage sonore de l'environnement n'étant pas discernables dans ce mode d'écoute — ou plutôt, ne prenant pas une importance significative —, la perception de l'environnement reste très vague.

Soundscapes surround and unfold in complex symphonies or cacophonies of sound». Rodaway, P., *Sensuous Geographies*, Londres : Routledge, 1994, pp.86-87

⁸⁸ « Le véritable esthéticien acoustique doit tout comprendre de l'environnement auquel il s'attaque : il lui faut des connaissances en acoustique, en psychologie, en sociologie, en musique, et en bien d'autres matières encore suivant le cas ». Schafer, M., *Le paysage sonore, le monde comme musique*, *Op.Cit.*, pp.282-283

⁸⁹ Il faut indiquer que R. Murray Schafer connaissait bien l'ouvrage théorique de Pierre Schaeffer et les préceptes de la musique concrète. De ce fait, nous pouvons inférer que c'est en connaissance de cause qu'il aborde le sujet de l'écoute, notamment lorsqu'il déclare : « Listen to the sound of your own eyelashes fluttering ! What else can you hear? Each of the things you hear is a sound object. The sound object may be found anywhere. It is high, low, long, short, loud, soft, continuous or discrete. Sound objects may be found inside musical compositions and outside musical compositions. [...] Let us understand the sound object as one completely self-contained acoustic event. A unique event. [...] In this sense we may speak of the biological life of the sound object. » Schafer, M., *The New Soundscape*, *Op.Cit.*, p.49

⁹⁰ Truax, B., *Acoustic Communication*, *Op.Cit.*, p.21.

⁹¹ « In the echolocation example, listening is at its most active, involving a conscious search of the environment for cues. We can term this level of listening as "listening-in-search." Detail is of the greatest importance, and the ability to focus on one sound to the exclusion of others (an ability termed "cocktail party effect" when it occurs in fairly noisy situations), is central to the listening process (Moray, 1969). The analytic nature of this kind of listening suggests a comparison to dominant hemisphere (or "left brain") types of processes, which are also used in language processing. » *Ibid.*, p.19. Nous abordons ce sujet plus en détail plus loin.

⁹² « An intermediate kind of listening is « [...] that in which the attention is in readiness to receive significant information, but where the focus of one's attention is probably directed elsewhere. » *Ibid.*

En outre, Truax postule que les habitudes d'écoute (*listening habits*) sont déterminantes pour développer un mode actif d'écoute et établir ainsi un lien entre l'individu et son environnement, ce qui implique que leur corrélation varie fortement d'un individu à un autre. À ce propos, il convient de souligner les similitudes et différences entre les niveaux d'attention auditive proposés par Truax et les « conduites d'écoute », développées ultérieurement par le musicologue François Delalande :

« On aurait pu penser [...] que les conduites d'écoute étaient tout aussi variables et personnelles que n'importe quelles impressions d'auditeur. Et c'est vrai au niveau de ce que l'on peut appeler les 'conduites actuelles', dépendantes des circonstances et des dispositions d'esprit présentes et individuelles. Mais il semble que l'on puisse trouver des régularités dans ces conduites actuelles ; qu'il n'y ait pas une infinité de manières d'écouter une musique, et que plus précisément la conduite actuelle puisse être considérée comme un choix ou une alternance entre différentes 'conduites types', qui ne sont peut-être pas en nombre illimité ⁹³ ».

Étant considérées comme mutuellement exclusives, les conduites d'écoute théorisées par Delalande sont trois, à savoir : a) l'*écoute taxinomique* ; b) l'*écoute empathique* ou *physiologique*, et c) l'*écoute figurative*⁹⁴, toutes trois étant rapportées à l'attitude ou point de vue de l'auditeur dans un contexte de prospection sonore.

L'*écoute taxinomique* est un « artefact produit par notre dispositif d'expérience », où l'individu vise à saisir une image perceptive complète et générale — donc, peu détaillée. Il s'agit d'une conduite d'écoute sous forme de « [...] toile de fond sur laquelle on va pouvoir situer ensuite des observations plus personnelles » ce qui permettra d'avoir une image perceptive la plus neutre possible⁹⁵. En ce qui concerne l'*écoute empathique* du matériau sonore, l'auditeur adopte une attitude qui le rend attentif à des sensations à caractère physiologique. De ce fait, « il y a une sorte de participation empathique à cette dynamique des matières⁹⁶. Finalement, on entend par *écoute figurative* (ou *figurativisation*) la conduite d'écoute dans laquelle l'auditeur vise à trouver des indices dans la musique (ou dans un flux sonore). Selon l'auteur, il s'agirait d'une mise en scène du "vivant" puisqu'elle « [...]

⁹³ Delalande, F., *Analyser la musique, pourquoi, comment ?*, Paris : INA Éditions, 2013, p.42. C'est nous qui soulignons.

⁹⁴ Marty, N., *Identification sonore, stratégies d'écoute et narrativités. L'exemple de Journey into Space (1972) de Trevor Wishart* (mémoire de Master Recherche), Paris : Université de Paris Sorbonne, 2012, p. 59

⁹⁵ Delalande, F., *Op.Cit.*, p.48

⁹⁶ *Ibid.*, p.56

repose sur une opposition entre des configurations sonores qui sont associées à du vivant et d'autres non », ces dernières ayant une fonction clairement contextuelle⁹⁷.

Comme nous pouvons le constater, les stratégies d'écoute conditionnent la capacité à discerner la composition interne d'un continuum sonore — qu'il s'agisse d'une pièce musicale ou d'un environnement sonore quelconque —, et donc du paysage sonore. De même, ces "stratégies" varient d'un individu à l'autre. Elles peuvent être définies comme le mécanisme par lequel l'individu mobilise sa manière de percevoir le son — conscient ou inconsciemment—, toujours sous l'influence de ses habitudes d'écoute. C'est pourquoi Delalande préfère les considérer comme des conduites. Or, nous pouvons observer que les *conduites d'écoute* n'équivalent pas exactement aux niveaux d'attention auditive. Bien au contraire, elles répondent à une manière de focaliser l'attention chez l'individu, c'est-à-dire à des niveaux d'attention soutenue par ce dernier, donc à une volonté de compréhension qui ne correspond pas à une écoute passive. Plus précisément, à notre avis ce que Delalande appelle une *conduite* n'est rien d'autre qu'une stratégie de perception auditive spécifique impliquant un haut niveau d'écoute — allant de vigilante ('listening-in-readiness') à 'méticuleuse' (*listening-in-search*). C'est en ce sens que nous utilisons cette notion dans les chapitres qui suivent.

II.1.4.2 Séparation figure/fond et analyse de la scène auditive

Dans l'ouvrage séminal de Murray Schafer, on lit ce qui suit : « Le psychologue distingue dans la perception visuelle la "figure" du "fond", la figure étant ce qu'on regarde, le fond ne servant qu'à lui donner corps. La figure pourtant ne peut exister sans le fond ; supprimez celui-ci, celle-là n'aura plus ni contour ni masse⁹⁸ ». Si Schafer part d'une définition gestaltiste issue de la psychologie, c'est parce qu'il cherche, à notre sens, à mettre l'accent sur les détails relatifs à la perception auditive.

La perception auditive répond au besoin naturel d'interpréter l'information de l'environnement, dressant éventuellement une stratégie d'interaction avec ce dernier pour garantir la survie. Si nous prenons en compte toutes les connaissances disponibles au cerveau concernant le comportement physique d'un son pendant le processus d'écoute, nous pouvons inférer que ce que nous savons sur les processus d'extraction et d'utilisation

⁹⁷ *Ibid.*, p.69

⁹⁸ Schafer, M., *Le paysage sonore, Op.Cit.*, p.31-32

de l'information acoustique reste très limité⁹⁹. Partant de ce constat, Truax établira la base théorique pour modéliser le processus d'écoute selon deux modalités de perception, à savoir l'écoute active et l'écoute passive.

Une des principales caractéristiques des processus cognitifs est la détection des différences. Cette détection implique que c'est justement le changement constant — tant au niveau de la macro-forme qu'au niveau micro — qui détermine la nature perceptible des phénomènes sonores. Au niveau macro, la réaction psychologique produite par l'apparition d'un pattern de fluctuation du volume sonore produit une habitude ou redondance chez l'auditeur, tandis qu'au niveau micro, l'onde sonore doit osciller et faire varier la pression atmosphérique pour que l'on perçoive du son¹⁰⁰. Cependant, puisque le niveau de détail requis par le cerveau est considérablement supérieur pour réveiller la mémoire au niveau cognitif — et provoquer ainsi une interprétation des phénomènes sonores au niveau de la macro-forme, Truax a recours à la théorie de l'information dans son modèle, visant à aborder la question de la signification depuis une approche 'communicationnelle' (*communicational point of view*)¹⁰¹. Mais avant d'aborder la question du point de vue communicationnel, nous voudrions traiter la question de la signification sous un angle différent, en tenant compte du fait que ce dont il s'agit au sein de l'écologie acoustico-sonore, c'est le *sens musical* de l'environnement sonore sous forme de *paysage*. Pour cela, il s'avère approprié d'étudier les principes de perception auditive et de séparation.

La séparation auditive a fait l'objet d'une étude approfondie, tant dans le domaine de la psychologie cognitiviste que celui de la musicologie analytique¹⁰². Pour reprendre les mots de Stephen McAdams, la musique peut être considérée, d'un point de vue cognitiviste, comme plusieurs choses à la fois :

« C'est une activité mentale comprenant la composition, l'exécution et l'écoute ; c'est une fenêtre sur l'esprit humain (au sens du mot anglais "mind") ; c'est une activité de synchronisation mentale et corporelle [...] ; c'est un générateur

⁹⁹ Truax, *Acoustic Communication, Op.Cit.*, p.16-17

¹⁰⁰ *Ibid.*

¹⁰¹ Le sujet rapporté à la théorie de l'information et ses implications au sein de l'écologie acoustique sera traité de façon exhaustive dans le chapitre I.1.6

¹⁰² Barbosa, R., "Musique et cognition, un rôle pour l'écoute dans l'analyse musicale" In Alexandre V. et Vial C., *Notions Esthétiques, la perception sensible organisée*, (Actes du colloque international LANGARTS 2014), Paris : L'harmattan, 2015.

de compétences et d'habilités [...] ; et, enfin, c'est un autorégulateur de l'humeur et de l'état émotionnel de l'auditeur [...] ¹⁰³ ».

Mais pour percer le mystère de l'intelligence et élucider les bases de l'activité mentale rapportée à l'écoute — d'un point de vue musical —, les sciences cognitives s'appuient sur l'investigation des phénomènes perceptifs, notamment dans le domaine du visuel ¹⁰⁴.

Vu sous cet angle, le processus d'organisation perceptive s'organise en *objets* et en *événements*, de même que « la séparation des voix ou des plans d'orchestre et de segmentation des sections peuvent s'établir sur la base de différences de *timbre*, de *tessiture*, de *niveau sonore* ou de *texture* ¹⁰⁵ ». Autrement dit, les mécanismes d'organisation perceptive se traduisent par une série de processus de séparation — entendue comme l'action de séparer des éléments d'un tout — servant à “analyser une scène” ou un environnement donné. Cela implique, pas seulement la fragmentation ou désagrégation d'une scène, mais aussi le regroupement approprié des éléments qui le constituent ¹⁰⁶.

Grosso modo, le processus cognitif de séparation et regroupement peut s'expliquer comme suit : lorsqu'on tente de construire une description du monde naturel, un processus d'affectation est mis en place dans le but ultime de faire correspondre les éléments perçus selon leur qualité ¹⁰⁷. Divers mécanismes sont à la base des processus de description, notamment le principe d'appartenance (*belongingness*) — selon lequel un objet peut se rajouter à d'autres objets — et, à l'opposé, le « principe d'affectation exclusive » (*Principle of Exclusive Allocation*) — qui indique qu'un élément sensoriel (c'est-à-dire *perçu*) ne doit être invoqué dans le processus de description qu'un à la fois ¹⁰⁸. Dans cette logique, la réalité est *apprise* par la perception et *comprise* par l'individu au moyen de représentations mentales, elle est aussi vérifiée continuellement selon le principe de validité écologique (*ecological validity*), à savoir de cohérence et de connexité entre des entités perceptives distinctes. Ces préceptes issus de la *Gestalt-théorie* ont jeté les fondements de l'analyse de

¹⁰³ McAdams, S., *Perception et cognition de la musique*, Paris : Librairie Philosophique J. VRIN, 2015, p.15

¹⁰⁴ Bregman, A., *Auditory Scene Analysis : The Perceptual Organization of Sound*. Cambridge (Mass.) London: MIT press, 1990, pp.1-3

¹⁰⁵ *Ibid.*, pp.3-9

¹⁰⁶ *Ibid.*

¹⁰⁷ *Ibid.*, p.12

¹⁰⁸ *Ibid.*

scène auditive, ou *Auditory Scene Analysis*¹⁰⁹, de même qu'ils ont servi à étayer l'édification d'un cadre théorique pour l'écologie acoustique, notamment en ce qui concerne la classification des éléments qui constituent le paysage sonore, comme nous le verrons postérieurement.

II.1.5 Les spécificités de l'écologie acoustico-sonore

Ce que nous pouvons déduire de ce qui précède est que l'écologie acoustico-sonore s'appuie initialement sur une lecture phénoménologique relationnelle de l'environnement sonore — ce qui conduira finalement à une conception du son en tant que *phénomène de perception émergente*¹¹⁰, c'est-à-dire comme un acte dépendant directement de la cognition (et de l'émotion), toujours subordonné à son immédiateté. Depuis son apparition, les réflexions qui se poursuivent au sein de l'écologie sonore touchent à diverses thématiques d'ordre conceptuel¹¹¹. Néanmoins, comme nous le verrons par la suite, ce seront plutôt les spéculations autour de l'espace sonore qui réussiront à tisser un lien assez évident entre les préceptes de l'écologie acoustico-sonore, les arts sonores et la composition musicale en tant que processus syntaxique de création. Même lorsque « (les) idéologies culturelles [...] sous-tendent toutes les formes de musique, dans la mesure où elles façonnent en premier lieu le processus de l'expérience auditive¹¹² », c'est à partir des préceptes de l'écologie acoustico-sonore que des « pratiques musicales [émergeant] d'une compréhension participative du son¹¹³ » apparaissent intentionnellement dans le domaine de la création musicale, privilégiant l'expérience auditive — c'est-à-dire l'*écoute* — sur la production sonore — le geste ou l'interprétation. Cela aura une implication très importante, puisque, comme Schafer le proposa pour la première fois en 1977, cela suggère que potentiellement

¹⁰⁹ Nous y reviendrons plus en détail aux chapitres III.1, III.2 et III.3 de ce mémoire de thèse.

¹¹⁰ Le son est une perception émergente en ce qu'il existe hic et nunc. Nous avons recours à la définition suivante : « Sound is an emergent perception... [...] With perception, we locate sound as a creative act within our mind, as something that is dependent wholly or in part on cognition and emotion and this perception does not necessarily require sensation. Thus, a sound does not require a sound wave [...] for it to be perceived as a sound. *Emergent* relates to the present and ongoing act of sound perception in the here and now; the *here and now* of sound. » Grimshaw, M., Garner, T., *Sonic Virtuality. Sound as Emergent Perception*, New York: Oxford University Press, 2015, p.3

¹¹¹ Réflexions que nous n'analyserons pas ici, en raison de leur étendue.

¹¹² Di Scipio, A., (2016), In *Musique et écologies du son. Propositions théoriques pour une écoute du monde*, *Op.Cit.*, p. 36

¹¹³ *Ibid.*

« [...] nous sommes tous les compositeurs d'un paysage sonore universel¹¹⁴ », et donc, que la composition n'est pas forcément une activité antérieure à l'écoute, mais qu'elle peut aussi avoir lieu *dans* l'écoute¹¹⁵.

Bien que la malléabilité du terme *paysage sonore* ait permis de porter de nouvelles réflexions à l'intérieur de diverses disciplines du domaine des arts et des sciences humaines — dont nous sommes loin de faire un recensement suffisamment exhaustif ici —, ce bref aperçu nous permet de repérer les dimensions centrales que ce concept recouvre, notamment dans le domaine de la création sonore et musicale. Nous pouvons conclure de ces observations que 1) le paysage sonore est un concept relatif dépendant de la stratégie d'écoute portée par l'individu qui le contemple ; 2) il est contextuel dans la mesure où ses caractéristiques structurelles dépendent de la manière dont l'individu interagit avec le son ; 3) le paysage sonore s'articule en plusieurs événements (*events*) — qui ne sont pas forcément en congruence, et 4) de manière générale, le paysage sonore peut être envisagé comme une forme musicale, c'est-à-dire comme une entité porteuse de logique interne et cohérence rapportée aux principes de la perception¹¹⁶.

Il convient aussi de mentionner que l'utilisation du concept de paysage sonore (tel que défini ci-dessus) entraîne nécessairement une modification des pratiques d'écriture musicale, notamment en ce qu'il inaugure la possibilité de songer à une structure de *cohérence musicale* rapportée directement aux problèmes d'articulation et de congruence propres à l'environnement sonore. Dans les lignes qui suivent, ces questions sont abordées de manière plus précise.

¹¹⁴ Il s'agit d'un aphorisme bien connu de Schafer : « to suggest that we are all composers of the universal soundscape which we can become attuned to if we learn to listen to it as if it were music [...] ». Cité par Truax, B., « Soundscape composition as global music », In *Organised Sound*, 17(3), 2012, pp.1-9

¹¹⁵ Il convient de faire référence aux travaux du compositeur John Cage et son engagement pour apprendre à écouter différemment — voir notamment Cage (1961) et (1994). Notre intention étant de donner un contexte à la composition fondée sur le paysage sonore et à l'écologie acoustique, nous n'aborderons pas cette question *in extenso*. Pour approfondir, voir Pardo Salgado, C., *Approche de John Cage. L'écoute oblique*, Paris : L'Harmattan, 2007

¹¹⁶ Nous devons souligner que nos observations font écho aux précédentes conclusions formulées par Galand, A., *Field-recording. L'usage sonore du monde en 100 albums*, Marseille : éditions le mot et le reste, 2012. Voici ce qu'il propose « [...] le paysage sonore dépend de la manière dont un individu ou un groupe vit, perçoit et interagit avec les sons qui l'entourent. Il peut être lié à des événements existants, mais aussi faire référence à des compositions usant des sons issus de ceux-ci. De manière générale, le paysage sonore est envisagé comme une composition musicale, avec ou sans intervention humaine. » Galand, A., *Op.Cit.*, p 61.

II.2 Soundscape compositions : entre la musique et les arts sonores

Le terme *Soundscape-Composition* fait référence à une forme de création, dans le domaine de la musique électroacoustique, dont les matériaux de base sont issus principalement de l'environnement sonore — que ce soit au moyen d'enregistrements ou par le biais de processus de synthèse sonore. On peut l'interpréter comme une forme de composition musicale “basée” sur le paysage sonore, puisque, au lieu d'avoir à faire à une forme de création ayant le paysage sonore comme résultat, cette discipline artistique emploie l'environnement sonore comme source de matériaux pour la composition¹¹⁷. Néanmoins, puisque le concept de paysage sonore se rapporte à une expérience d'emplacement dans un espace sonore donné, le problème ici est d'établir avec certitude les éléments qui touchent à l'*espace* en tant que dimension sonore, pour dévoiler ensuite leur rapport avec les stratégies qui déterminent les processus de composition musicale. Parallèlement, il s'avère essentiel de mettre en évidence la composition interne des paysages sonores, ce qui implique l'identification, la localisation et la description des éléments qui le structurent.

Se pose en particulier la question suivante : est-il possible de tisser un lien entre la *cohérence musicale* — entendue comme logique dans l'établissement de paramètres pour le bon fonctionnement de schèmes de structuration musicale — et la complexité acoustique de l'environnement sonore ? D'après le compositeur Barry Truax¹¹⁸, on peut essayer d'identifier la relation entre une complexité *musicale* et une “complexité du paysage sonore” en ayant recours à deux principes issus de l'écologie acoustico-sonore, à savoir le principe qui gère les traits internes du son, ou « texte » (*Internal Dominant*), et « le contexte ». Le premier concerne la volonté du compositeur d'agencer les sons dans une structure musicalement cohérente, alors que le deuxième doit être conçu en tant que processus de “sonification” — par exemple, sous forme d'installation sonore, ou sous toute autre forme de manifestation rapportée au *lieu* — ce que nous identifierons par le nom de « *site-specific composition* ».

La composition fondée sur le paysage sonore (dorénavant abrégée sous l'acronyme *CfPS*) peut être localisée à la frontière — plus ou moins définie — entre ces deux principes de complexité, dévoilant ainsi le style de toute *CfPS*, selon la mesure plus ou moins accentuée

¹¹⁷ Solomos, M., *De la musique au son. Op.Cit.*, pp. 481-483.

¹¹⁸ Truax, B., « Sound, Listening and Place: The aesthetic dilemma » In *Organised Sound* 17(3): 1-9, Cambridge University Press, 2011, p. 2

de leur proximité au contexte (*contextually driven*). Ainsi, on pourrait différencier les *CfPS* centrées sur le “texte” de celles plutôt « axées sur le contexte ». Une composition axée sur le texte suppose une structuration musicale des événements sonores selon leurs caractéristiques acoustiques particulières, alors qu’une pièce centrée sur le contexte sous-entend la mise en relief de l’environnement « en tant que continuum¹¹⁹ ». Ensuite, la complexité des compositions centrées sur le texte peut être identifiée et décortiquée lors de l’analyse des techniques d’agencement musical, tandis que la complexité rapportée au contexte a trait plutôt à la disposition de l’ensemble d’éléments qui déterminent l’espace sous forme de *paysage sonore*. De ce fait, la complexité des *CfPS* se traduirait par leur ambivalence — ces composantes étant à la fois des éléments musicaux et des sonorités caractéristiques d’un espace donné —, ce qui implique donc la nécessité d’y porter une analyse axée sur le son en tant qu’unité fondamentale de représentation tant indicielle que syntaxique, ainsi que sur les stratégies de structuration et de composition musicales.

Dans le but d’approfondir la nature des divers éléments qui forment le paysage sonore et leur lien avec les stratégies d’agencement sonore dans le domaine de la composition musicale, nous commençons cette deuxième partie par étudier le concept d’*espace sonore*. De manière comparative, nous analysons l’utilisation dudit concept dans le domaine de la composition musicale — en nous limitant aux travaux inscrits dans la tradition occidentale de musique écrite — pour ensuite aborder la question de la *communauté acoustique*. Pareillement, nous abordons l’étude d’autres questions qui relèvent du domaine de la composition, de l’analyse et de leur rapport avec l’espace sonore, notamment le *modèle de transfert d’énergie*, de *timbre* et de *l’espace*. Postérieurement, nous définissons et délimitons de manière plus exhaustive la *CfPS* — objet central de notre étude — en ayant recours à des dispositifs d’analyse tels que la typologie sonore, la morphologie sonore et la spectromorphologie.

II.2.1. *L’espace sonore*

Le son n’existe qu’en fonction du temps et de l’espace. Ce jugement tient au fait qu’à l’origine d’un son il y a toujours un mouvement, et donc, « [...] lorsqu’on entend un son, il s’est produit [...] un événement, proche ou distant, dont l’onde sonore porte la trace

¹¹⁹ « On the left side, where the composer concentrates on the structuring of musical sounds, we can say that ‘text’ is dominant and the relation to the outer world is most often expressed as a musical ‘inspiration’. [...] At the other end of the continuum, one can imagine work that that is almost entirely contextually driven [...] ». Truax, B., *Sound, Listening and Place*, *Op.Cit.*

matérielle jusqu'à nos oreilles¹²⁰ ». Certes, lorsqu'on parle du son, la notion d'espace va de soi. Elle est si manifeste « qu'il est presque devenu banal aujourd'hui d'affirmer que l'histoire de la musique contemporaine est l'histoire de la conquête [...] de l'espace¹²¹ ». Néanmoins, la notion d'espace n'est pas univoque. Bien au contraire, si les recherches portant sur l'espace sonore ont connu une croissance, notamment depuis les années 1970-1980¹²² c'est parce que la notion tant physique qu'abstraite d'espace a été intégrée dans la réflexion musicologique, aussi bien que dans la composition musicale. Bien que, comme nous le savons tous, tout phénomène sonore implique une dissociabilité à l'égard de l'espace, c'est dans l'étude de la *taxinomie de l'espace*¹²³ et de son évolution dans le temps que l'on peut constater les premières traces d'une telle « conquête ».

Dans le même ordre d'idées, le compositeur français Hugues Dufourt affirme que « l'une des caractéristiques fondamentales de la musique "avancée" depuis les années 1970 est son dynamisme génétique » en ce que l'espace et le temps « ne sont plus des milieux ni des contenants. Ils sont affectés d'*indices* et interviennent comme des *fonctions*¹²⁴ ». Autrement dit, ce n'est qu'avec l'émergence d'un nouveau paradigme musical que l'espace prend un rôle actif dans le domaine de la composition musicale¹²⁵. Dans les mots de Dufourt¹²⁶, il en résulte une agogique de forces mouvantes, puisque la musique s'est intériorisée en une substance sonore qui vise à atteindre la connexion intime des choses. De ce fait, « [l]a seule plasticité de la substance sonore suffit à exprimer les caractères de la vie tendancielle », c'est-à-dire que, dans le domaine de la musique, la matière sonore suffit d'ores et déjà à extérioriser l'âme et l'identité du compositeur, aussi bien que la réalité (d'un point de vue phénoménologique).

¹²⁰ Castellengo, M., *Écoute musicale et acoustique : avec 420 sons et leurs sonagrammes décryptés*, Paris : Éditions Eyrolles, 2015, p. 7

¹²¹ Bayer, F., *De Schönberg à Cage. Essai sur la notion d'espace sonore dans la musique contemporaine*, Paris : Klincksieck (éd.), 1987, p. 9

¹²² Avec notamment les travaux de Shepard (1982), Rhodes (1985), et une vaste collection de travaux portant sur la séparation sonore, dont une sélection et méticuleuse description sont données dans Bregman (1994) et McAdams (2015).

¹²³ Selon Merlier, le vocabulaire ayant trait à l'espace peut être départi en deux grands domaines », à savoir le domaine concret, rapporté à la réalité physique ou physiologique de l'espace, et le domaine abstrait, « permettant de décrire ou de formaliser cette réalité. Merlier, B., *Vocabulaire de l'espace en musiques électroacoustiques*. Paris : DELATOUR France, 2006, pp 13-14.

¹²⁴ Dufourt, H., *La musique spectrale. Une révolution épistémologique*, Paris : DELATOUR France, 2014, p. 312. C'est nous qui soulignons.

¹²⁵ Bien entendu, nous nous référons ponctuellement à l'histoire de la musique académique occidentale de tradition écrite, produite principalement en Europe et aux États-Unis après la Deuxième Guerre mondiale. Nous emploierons ce terme selon cette acception qui s'avère d'usage courant.

¹²⁶ Cf. Dufourt, H., *La musique spectrale, Op.Cit.*

Aborder l'étude de l'espace sonore (d'un point de vue conceptuel) implique avant tout la reconnaissance de diverses problématiques particulières. Heureusement, ces problématiques ont été déjà soulevées par des compositeurs et musiciens depuis le début du XX^{ème} siècle, notamment au sujet de la *puissance sonore* et de la « relation entre l'élément et sa structuration¹²⁷ ». Ces problématiques sous-entendent la possibilité de *désagrèger* le son, puisque « si l'on examine les matériaux que met en œuvre la musique du XX^{ème} siècle, on peut aisément constater qu'ils sont de moins en moins tangibles, de moins en moins palpables, de moins en moins *matériels*¹²⁸ ». On pourrait même parler d'une *dissolution du matériau*¹²⁹.

Compte tenu de ce qui précède, nous inférons que la question de l'espace sonore ne considère pas seulement l'acception d'espace en tant que *surface, étendue, milieu ou environnement* — c'est-à-dire en tant que coordonnée unidimensionnelle—, mais qu'elle implique, aussi et surtout, des notions multidimensionnelles rapportées à la *complexité*¹³⁰ et à la théorie des systèmes complexes¹³¹. Pour continuer, nous passons en revue la notion d'espace dans le domaine de la composition musicale, d'un point de vue chronologique.

II.2.1.1 Antécédents

Entre la fin du XIX^{ème} et le début du XX^{ème} siècle, les écrits de Hector Berlioz, Claude Debussy, Alexandre Scriabine, Ivan Wyschnegradsky¹³² et Edgar Varèse — pour ne citer qu'eux¹³³ —, conservent la trace d'une réflexion sur l'espace considéré comme une

¹²⁷ Criton, P., « Continuum sonore et schèmes de structuration » In Soulez, A. (al.), *Musique, Rationalité, Langage. L'harmonie : du monde au matériau*, Cahiers de philosophie du langage n°3, Paris : L'Harmattan, 1998, pp.73-88

¹²⁸ Solomos, M., « Le devenir du matériau musical au XX^{ème} siècle » In Soulez, A. (al.), *Musique, Rationalité, Langage. L'harmonie : du monde au matériau*, Cahiers de philosophie du langage n°3, Paris : L'Harmattan, 1998, pp.137-151.

¹²⁹ *Ibid.*

¹³⁰ Les systèmes complexes sont de nature variée. Ils peuvent être de nature écologique, biologique, sociale ou économique. Tous ces systèmes impliquent l'intrication des préceptes issus de la théorie du chaos, de la cybernétique et de la systémique. Nous renvoyons le lecteur à Simondon, G., *L'invention dans les techniques : cours et conférences*. Édité par Jean-Yves Chateau. 1 vol. Traces écrites. Paris: Éd. du Seuil, 2005

¹³¹ Vaggione, H., « Composition musicale et moyens informatiques : questions d'approche », In Solomos, M. et al., *Formel/Informel : musique-philosophie*, Paris : l'Harmattan, 2003, pp. 91-116

¹³² Nous ferons référence à la pensée du compositeur Wyschnegradsky au deuxième chapitre.

¹³³ Nous faisons référence aux écrits suivants : Grand traité d'instrumentation et d'orchestration modernes, Berlioz (1844) ; Monsieur croche et autres écrits, Debussy (1971) ; aux travaux musicologiques à propos de la musique de Scriabine, notamment : Kelkel, M., *Alexandre Scriabine: un musicien à la recherche de l'absolu*, Paris : Fayard, 1999 et Velly, J.-J. (textes réunis par), *Le Dessous des notes. Voies vers l'ésothétique. Hommage au professeur Manfred Kelkel*, Paris : Presses de l'Université de Paris-Sorbonne, 2001. Finalement, nous renvoyons le lecteur à la conférence donnée par Varèse en 1933, intitulée « Nouveaux instruments et nouvelle musique », In Hirbour, L., (réunis par), *Écrits*, Paris : Christian Bourgois, 1983, p.91. Par ailleurs, même si nous omettons d'autres noms —notamment ceux de Wagner et

dimension « plastique » susceptible de faire partie de l'enjeu compositionnel, dans la mesure où celle-ci entraîne un changement radical dès la conception même de la musique au niveau poétique. Si pour Berlioz « le *corps sonore* doit être proportionnel et à l'échelle des lieux¹³⁴ », pour Debussy, l'espace suppose une « musique de plein air », et donc, la musique fait partie d'un espace lui-même sonore. En revanche, pour Scriabine il est plutôt question d'une combinaison sonore-spatiale, ce qui implique que la musique peut aussi générer de l'espace¹³⁵.

Par ailleurs, Varèse conçoit l'espace comme une « dimension de projection » sonore¹³⁶. Pour lui, l'énergie doit dorénavant se substituer à la mélodie, puisque « dès que la mélodie domine, la musique devient soporifique¹³⁷ ». Dans sa musique, on peut constater « une aptitude à la *médiumnité*, car elle met constamment en problématique deux ou plusieurs strates compositionnelles qu'il s'agit de faire communiquer par des forces diverses, conduisant à des processus d'énergies médium-niques¹³⁸ ». Et cela, bien entendu, a trait à une conception non conventionnelle de l'espace sonore, dans la mesure où l'espace ne serait pas occupé par des sons (des fréquences ayant une amplitude et une coloration particulières), mais plutôt par des *forces d'énergie en communication*.

Toujours est-il que, depuis les années 1970, l'avènement de la « musique avancée » (pour reprendre la terminologie de Dufourt) a bouleversé la notion traditionnelle d'espace en musique. Tel est le cas pour la musique instrumentale qui « se donne pour un mouvement en acte » où sa « force plastique [...] est investie d'une intention *spatialisante* » qui se traduit par un « mouvement générateur d'espace qui est aussi bien le déploiement d'une loi

Xenakis—, nous considérons que c'est sur la base de ces écrits que la notion d'espace musical a été abordée dans la musique d'orchestre. Par exemple, la spatialisation écrite dans *Pythoprakta* de Xenakis (1955) correspond bel et bien à la notion de projection proposée par Varèse.

¹³⁴ « [...] est un exemple frappant du rôle que, selon Berlioz, la musique doit jouer dans l'existence d'une grande église : elle est pour le bâtiment qu'elle remplit ce que l'âme est au corps. D'un certain point de vue, le *Requiem* est la réponse de Berlioz à un problème technique particulier, celui de la sonorité dans un vaste espace, et c'est la réponse d'un homme qui vouait un intérêt passionné à l'acoustique (chose très rare à l'époque), et qui considérait que la musique était généralement exécutée dans des bâtiments trop grands pour elle. » Solomos, M., *Op.Cit.*, p. 420

¹³⁵ La méthode appelée *Diagnose métrotectonique de la forme des organismes musicaux* de Georgij Conus, « permet d'exprimer la forme d'une œuvre par des chiffres à travers une sorte de "projection spatiale des durées" ». Conus était le maître de Scriabine et son fils, Lev Conus, était chargé d'établir les réductions pour piano du *Poème divin* et du *Poème de l'extase*. C'est à partir de cette méthode qu'on peut avoir une idée musicologique de la compréhension spatiale chez Scriabine. Pour approfondir, voir Kelkel, M., *Op.Cit.*, pp. 243-248

¹³⁶ Nous renvoyons le lecteur au mémoire de thèse de Julien Colafrancesco intitulé *Spatialisation de sources auditives étendues : applications musicales avec la bibliothèque HOA*, (sous la direction de Anne Sèdes, Université Paris VIII, 2015.

¹³⁷ Varèse à propos de *Intégrales* (1923-1925) In Cassagrande, C., *L'Énergétique musicale*, Paris : L'Harmattan, 2009, p. 32.

¹³⁸ Cassagrande, *Op.Cit.*, p. 41. Par médiumnité, on entend la mise en relation de dimensions hétérogènes. C'est nous qui soulignons.

de genèse¹³⁹ ». C'est aussi le cas de la musique fondée sur le paysage sonore, où l'espace n'est un *moyen* ni une dimension de projection, mais plutôt la *structure musicale elle-même*. Or, force est de constater que, déjà dans les années 1940, on est face à un bouleversement majeur à l'égard du *son*, puisque l'apparition d'un nouveau moyen de diffusion, de création et de reproduction culturelle sous-entend le devenir du phénomène sonore en tant que paramètre central au sein de la création musicale — et désormais *sonore*¹⁴⁰.

Dans ce contexte, on peut se rendre à l'évidence que le concept d'*espace sonore* sert aussi à indiquer deux instants au niveau poétique : *primo*, l'endroit spécifique où une pièce a été enregistrée, et *secundo*, l'environnement dans lequel un *processus articulatoire de sons* a ou a eu lieu¹⁴¹. Cette approche explique partiellement ce que le compositeur et théoricien Trevor Wishart appelle *landscape* et suppose l'existence d'une nouvelle forme d'espace, à savoir l'espace enregistré (*recorded space*). *Grosso modo*, la notion de *landscape* prônée par Wishart se définit comme la résultante d'une existence parallèle tenue par des objets sonores placés dans un environnement naturel (de diffusion) ainsi que par des objets sonores localisés à l'intérieur de la *fenêtre stéréo* que constitue l'écoute¹⁴². À ce propos, le musicologue Allan Moore¹⁴³ utilise le terme *sound-box* pour dénoter l'espace multidimensionnel dans lequel les sons s'organisent¹⁴⁴, et Camilleri réutilise ce même concept pour classifier l'espace sonore selon une division tridimensionnelle constituée par a) l'espace localisé, b) l'espace spectral et c) l'espace morphologique. Pour continuer, nous étudions plus en détail la composition de l'espace enregistré, étant donné que c'est à l'intérieur de ce dernier que les stratégies de *CfPS* se développent.

¹³⁹ Dufourt, *Op.Cit.*, pp. 312, 313

¹⁴⁰ À ce propos, le professeur Lelio Camilleri (Conservatoire GB Martini de Bologne ; Université de Florence) signale : « Other sounds, such as those of the environment, could not be included in the musical discourse. The advent of recording and playback tools [...] dramatically changed this scenario. [...] The new musical medium to which this gives rise has its own features and peculiarities related to musical genre. *Sound* becomes the central parameter to develop ». Pour approfondir, voir Camilleri, L., « Shaping sound, shaping spaces » In *Popular Music*, Vol. 29, N° 2 (mai 2010), Cambridge University Press, pp 199-200.

¹⁴¹ Camilleri, L., *Il peso del suono: forme d'uso del sonoro ai fini comunicativi*, Milano : Apogeo, 2005.

¹⁴² Wishart, T., *Audible design*, York: Orpheus The Pantomime, 2000

¹⁴³ Moore, A., *Rock: the Primary Text*, Buckingham : Open University Press, 1992

¹⁴⁴ Il faut signaler que Camilleri récupère le concept de *sound-box* et s'en approprie pour questionner les connotations écologiques du terme *Soundscape*. Pour approfondir, voir Camilleri, L., *Shaping sound, shaping spaces ... Op.Cit.*

II.2.1.2 Les trois types d'espace enregistré

L'enregistrement sonore réduit l'espace acoustique selon des paramètres de localisation, ces paramètres étant l'espace mono-canal et l'espace multicanal. Lorsqu'on parle d'*espace localisé*, on fait référence à l'emplacement spatial qu'un phénomène sonore occupe, lorsqu'il est séparé. Le sens de localisation auditive, tel qu'il est impliqué dans cette première catégorie typologique de l'espace enregistré, a trait à des concepts de l'expérience sensorielle associés à la détection d'unités de son — ou *images auditives*, pour reprendre la notion de Stephen McAdams¹⁴⁵ —, tels que la *profondeur*, le *placement* et le *déplacement*. Pour définir l'espace sonore enregistré, il s'avère essentiel de définir ce que l'on entend par *spectre*, à savoir une représentation de « [...] la répartition de l'amplitude en fonction des fréquences¹⁴⁶ » et de leur phase. Il s'agit donc de la traduction d'un ensemble de composants acoustiques ayant trait à la composition sonore — ou morphologie interne. Puis, le théoricien de la musique Willam Sethares affirme que le spectre acoustique est un dispositif qui dresse un lien pertinent entre une onde sonore et la notion perceptive qu'on a de son *timbre*¹⁴⁷. Ceci étant, le spectre peut être traduit comme la forme spécifique d'arrangement du contenu d'un son, qui résulte en son *empreinte* sonore. Or, cette empreinte n'est pas tout à fait "indélébile" en ce qu'elle dépend aussi de la perception temporelle d'une structure sonore.

Étant donné que le son se développe dans le temps, variant selon sa morphologie spécifique, il est soumis aux aléas et aux caprices qu'on est capable de déchiffrer (depuis 1876, date où le brevet de l'invention du téléphone par Graham Bell a été déposé). Désormais, la manipulation de l'enregistrement permet de mettre en œuvre des changements dans la dimension temporelle, et, de ce fait, l'empreinte spectrale d'un même objet peut être discernée, aussi bien qu'elle peut changer énormément¹⁴⁸. En ce qui concerne la morphologie sonore, il est important de préciser que ce concept touche à la structure d'un son, dont la perception donne un entendement en termes de changement de direction ou mouvement¹⁴⁹. En d'autres termes, cela signifie que le sens de *mouvement* ou

¹⁴⁵ McAdams, S., *Perception et cognition de la musique*, Op.Cit.

¹⁴⁶ Castellengo, M., *Écoute musicale et acoustique*, Op.Cit., p. 49.

¹⁴⁷ Sethares, W. (1999), *Tuning, Timbre, Spectrum, Scale*, London : Springer-Verlag, (seconde édition) 2005.

¹⁴⁸ Il convient à ce propos de souligner que c'est sur la base de ce genre d'expérimentations (fondées sur l'analogie entre la perception du timbre et le spectre de Fourier avancée par Georg Ohm en 1843) que la musique concrète établit ses fondements théoriques et esthétiques — principalement de manipulation par décorrélation temps/spectre. Pareillement, nous devons mentionner la proximité de ces principes avec les résultats issus des processus de décorrélation opérés par les compositeurs de l'école répétitive (notamment, T. Riley et S. Reich).

¹⁴⁹ Camilleri, L., *Shaping sound, shaping spaces*, Op.Cit., p. 202. Le terme qu'il emploie est « aperçu formel »

de *stagnation* est perçu sous forme d'« articulation du rapport entre l'espace et le temps¹⁵⁰ », ce qui s'explique *géographiquement* comme suit (voir figure 1 ci-dessus)¹⁵¹.

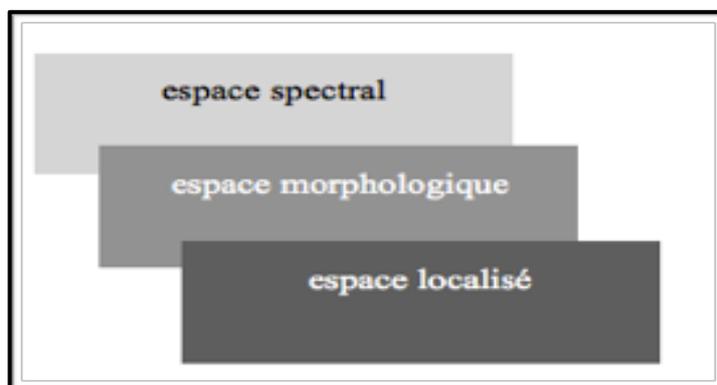


Figure II.1 *Les trois types d'espace enregistré*

Cette disposition à trois niveaux de l'espace sonore enregistré (ou « *space frames* ») implique une hiérarchie du matériau sonore entre les divers objets ou événements qui composent le continuum enregistré. Camilleri l'appelle « disposition spatiale » pour la distinguer de la « disposition dramaturgique », cette dernière ayant trait plutôt à la structure temporelle du continuum. Conséquemment, les trois types d'espace sonore enregistré peuvent être modélisés dans diverses catégories, selon la perspective auditive que chaque niveau sonore implique. En s'appuyant sur l'idée que toute disposition spatiale présente une cohérence — c'est-à-dire, une « uniformité corrélative » en ce qui concerne le rapport entre le contenu spectral, la morphologie et l'emplacement spatial, l'auteur avance l'idée que ce sont des catégories spatiales couramment admises qui régissent la perception, notamment les catégories d'extérieur/ouvert (*open*) et d'intérieur/fermé (*close*). Puis, il en propose le système de classification suivant :

¹⁵⁰ Camilleri, L., *Shaping sound, shaping spaces*, *Op.Cit.*

¹⁵¹ Cette illustration (Figure 1) est une représentation identique à celle proposée par Camilleri (2010), adaptée pour des raisons de langage.

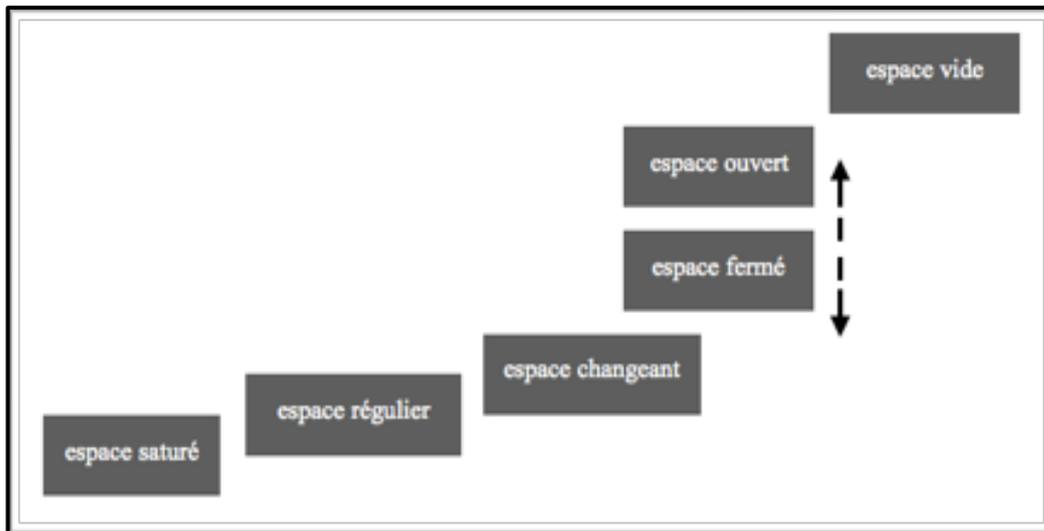


Figure II.2 Classification de la configuration spatiale (d'après Camilleri)

Puisque c'est en raison des facultés de la perception auditive que nous sommes capable de distinguer entre les diverses catégories d'espace sonore, Camilleri suggère qu'un espace s'avère *saturé* lorsque l'on perçoit une grande densité au niveau de l'emplacement des matériaux qui le composent (ce qui se traduit par une redondance dans la morphologie, de même que par l'occupation de bandes spectrales adjacentes). Au contraire, il suggère qu'un espace sera perçu comme *vide* lorsque l'occupation spectrale des matériaux a lieu dans des bandes écartées, et que la localisation des matériaux qui composent cet espace s'avère facile à déterminer. En guise de conclusion à son travail prospectif, Camilleri signale que les divers sons enregistrés dénotent des empreintes sonores tant au niveau global (*global sonicprints*) que local (*local sonicprints*)¹⁵², et, par-là, il entend l'identité et le caractère *idiolecte*¹⁵³ de chaque élément sonore dans l'espace. Alors que le niveau global suggère la *signature* d'un continuum sonore selon la source de ses composantes (soit-elle environnementale, mécanique, électroacoustique, électronique...)¹⁵⁴, le niveau local implique l'empreinte particulière de chaque son. De ce fait, nous considérons que cette typologie de l'espace sonore enregistré s'avère pertinente pour l'étude de l'environnement sonore composé — et plus précisément de la structure sonore des *CfPS* —, en ce qu'elle rend explicites les variables ayant trait à la hiérarchisation du paysage sonore au niveau poïétique.

¹⁵² Camilleri, *Shaping sound, shaping spaces, Op.Cit.*, pp. 210-211

¹⁵³ À savoir, l'ensemble de variantes propres à un phénomène. Eco U. *La structure absente*, Mercure de France, Paris, 1972, pp. 129-134.

¹⁵⁴ Ou bien selon leur appartenance (un morceau dans un album de rock, par exemple). Nous tenons à préciser que l'étude de Camilleri dont nous faisons référence, s'est concentré sur le rock et la musique populaire contemporaine.

II.2.2 La communauté acoustique

Un autre aspect fondamental lié à l'espace sonore est celui de la communauté acoustique. Lorsque R. Murray Schafer problématise cette question, il l'entend comme une « entité politique, géographique, religieuse ou sociale¹⁵⁵ ». Pour le faire, il part de l'hypothèse étayée par Marshal McLuhan et Edmund Carpentier que le monde électrique serait aussi "archaïque" que celui des cultures pré-alphabétiques¹⁵⁶. Cette hypothèse s'appuie sur l'idée que le monde électrique n'aurait comme moyen pour la communication et la description du réel (*medium*) que l'*espace acoustique*¹⁵⁷. Or, loin de repousser cette connotation quelque peu méprisante, Schafer fait une relecture du concept d'espace pour le repenser, tant dans sa dimension géométrique qu'acoustique. Ainsi, il propose d'étudier les changements dans la qualité des paysages sonores pour rendre compte de l'*espace* en tant qu'un bien esthétique au sein de la communauté¹⁵⁸. Dans ce but, il propose de différencier la « communauté spatiale » de la « communauté acoustique », visant ainsi à trouver les incongruités qui, selon lui, mettent en évidence la dégradation de l'environnement. À ce propos, il signale : « la communauté acoustique se trouve sur une trajectoire de collision avec la communauté-spatiale [...] [et] l'homme moderne se replie sur lui-même afin de s'évader du délabrement de l'environnement¹⁵⁹ ». De la même manière, il propose que l'entité sociale qu'on appelle *communauté* soit attachée aux phénomènes tant acoustiques que physiques en raison de la manière dont les individus se situent socialement. Il prend comme exemple la notion de paroisse et le rapport existant entre les distances géométrique et acoustique pour affirmer leur indéniable imbrication : « *the idea of a parish is also acoustic and it is defined by the range of the church bells*¹⁶⁰ ».

Finalement, le décor est planté pour mettre en évidence ce que Schafer considère être le déclin de la qualité de l'environnement : on arrive ainsi à l'identification de « paysages de haute-fidélité » *hi-fi* — notamment ceux existant dans des zones rurales où l'on peut

¹⁵⁵ Schafer, M., *The music of the environment*, *Op.Cit.*, p. 25

¹⁵⁶ Carpenter, E., *Eskimo Realities*, New York : Holt, Rinehart and Winston, 1973, pp. 35-37. On devine la connotation ethnocentrique et négative que Carpenter véhicule, et nous renvoyons le lecteur aux critiques formulées à cet égard, notamment Schensul, S.(1971), « Unethical Experimentation » In *Anthropology News*, Vol. 12, Issue 3, version of record online 30 may 2009 : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/an.1971.12.3.15.1/pdf>

¹⁵⁷ Schafer, M., « Acoustic Space » In *Circuit : musiques contemporaines*, vol. 17, n° 3, 2007, p. 83.

¹⁵⁸ *Ibid.*, p.84

¹⁵⁹ Schafer, M., *Our Sonic Environment and the soundscape*. *Op.Cit.*, p. 216 : « The acoustic community eventually found itself in collision with the spatial community, as evidenced by numerous noise abatement by-laws. [...] Modern man continues this retreat indoors to avoid the canceled environments of outdoor life ».

¹⁶⁰ Schafer, M., *The music of the environment*, *Op.Cit.*, p. 25. Lorsque traduite, cette phrase perd tout son sens.

percevoir des sons discrets sans être masqués par du bruit ambiant — en opposition avec les « paysages de basse fidélité » *lo-fi*, ceux derniers étant caractérisés par la perte de perspective et par l’obscurcissement des signaux acoustiques dans une sorte de « surpopulation sonore¹⁶¹ ».

Par ailleurs, la notion de *communauté* renvoie davantage à l’idée d’interaction et de partage. Plus précisément, elle implique une coïncidence ou une identité — à l’égard du mode de vie, de la culture, de la langue, des goûts, des intérêts, etc.—, et cela sous-entend une coexistence entre individus. De ce fait, lorsqu’on parle de communauté acoustique, on suppose l’existence de *codes* rapportés au processus d’apprentissage (et leur influence sur la perception)¹⁶².

Compte tenu de ces éléments, la conceptualisation schaférienne de la communauté acoustique (élaborée entre les années 1969 et 1977 et diffusée depuis) pourrait s’avérer “révélatrice” d’une limitation géographique et culturelle, en ce qu’elle ne met en lumière les caractéristiques ou éléments prépondérants de l’environnement sonore que d’un point de vue géographique *local*. Ainsi, cette élaboration conceptuelle est devenue le modèle fondateur, permettant de comprendre l’aménagement de l’univers acoustique différemment. Depuis lors, il est question d’une « écoute écologique¹⁶³ » à travers laquelle la communauté est responsable de la composition musicale “exécutée” par l’environnement lui-même, sous *forme musicale* de paysage sonore, quel que soit le contexte géographique.

De son côté, Barry Truax définit la communauté acoustique comme un espace délimité quelconque, permettant qu’une expérience sonore partagée puisse avoir lieu. Il l’appelle communauté en ce sens qu’elle crée une identité par le biais de l’interaction¹⁶⁴. Donc, peut-être que le terme « communauté d’écoute » est plus précis à cet égard. Conséquemment, étant donné qu’il s’agit plus précisément d’une coïncidence dans la manière d’écouter — et donc d’un partage des conduites d’écoute, on peut inférer que lorsque Schafer parle des éléments constitutifs du paysage sonore (*soundscape features*) il fait référence à un modèle typologique pour l’identification des spécificités sonores dans l’espace. Le modèle dont il

¹⁶¹ « In a lo-fi soundscape individual acoustic signals are obscured in an overdense (*sic*) population of sounds. [...] Perspective is lost. » Schafer, M., *Our Sonic Environment, ... Op.Cit.*, p.43

¹⁶² De manière télégraphique, nous voudrions mentionner à ce propos les travaux de Ayari, M., & McAdams, S., « Quelles catégories et quels filtres culturels sont à l’œuvre dans nos écoutes ? » In Ayari, M., *De la théorie de l’art de l’improvisation. Analyse de performances et modélisation musicale*, N°1, Paris: éditions Delatour France, 2005

¹⁶³ Dans le sens du langage organique, comme dans les compositions pour théâtre de Salvatore Sciarrino.

¹⁶⁴ « A bounded space where the shared experience of sound creates identity and interaction ». Truax, B., *Soundscape Composition, Op.Cit.*

est question implique que *tous* les éléments constitutifs d'un paysage peuvent être classifiés selon trois types, à savoir :

a) sonorité maîtresse, aussi appelé son central ; b) son à valeur signalétique, et c) marqueur sonore ou *soundmark*¹⁶⁵. Le *son central* est celui qui sert à identifier la tonalité musicale d'une composition, pouvant être entendu consciemment ou inconsciemment. C'est le son fondamental autour duquel les matériaux sonores peuvent s'articuler¹⁶⁶. Ensuite, le *son à valeur signalétique* est celui des sonorités de premier plan, perçus consciemment. À cet égard, Schafer indique que « si l'on emprunte le vocabulaire de la psychologie, il s'agit d'une figure plutôt que d'un fond¹⁶⁷ ».

Finalement, la notion de *marqueur sonore* renvoie à une communauté sonore spécifique. Schafer signale qu'« il possède des qualités qui le rendent unique et reconnaissable au sein d'une communauté, et lorsqu'il est identifié, il doit être protégé¹⁶⁸ ». Les trois types soulevés par Schafer, servant à classifier tout élément issu de l'environnement sonore, constituent la base du modèle schaférien. Ce modèle cherche à mettre en valeur les qualités morphologiques du son sous une logique évidemment gestaltiste, puisqu'il définit l'*environnement sonore* sous forme de totalité dynamique qui s'organise à partir des relations entre ses éléments. Plus précisément, Schafer signale :

« Tout comme chaque communauté a des repères spatiaux qui la rendent spéciale ou lui donnent un certain caractère, chaque communauté possède également des repères sonores [...] [qui] peuvent être des sons publics très évidents, comme les quais, les cloches, des sifflets ou des klaxons. Mais ils peuvent aussi être des sons d'intérieur en rapport avec des métiers ou des passe-temps spécifiques¹⁶⁹ ».

¹⁶⁵ « Ultimately some system or systems of generic classification will have to be devised [...] it will be enough to categorize the main themes of a soundscape by distinguishing between what we call *keynote sounds*, *signals* and *soundmarks* » Schafer, M., *Our Sonic Environment*, *Op.Cit.*, p.9

¹⁶⁶ « *Keynote* is a musical term; it is the note that identifies the key or tonality of a particular composition. It is the anchor or fundamental tone and although the material may modulate around it, often obscuring its importance, it is in reference to this point that everything else takes on its special meaning. Keynote sounds do not have to be listened to consciously; they are overheard but cannot be overlooked [...]. The keynote sounds of a landscape are those created by its geography and climate: water, wind, forest, plains, birds, insects and animals. » *Ibid.*, pp.9-10

¹⁶⁷ *Ibid.* p.10

¹⁶⁸ « The term *soundmark* [...] refers to a community sound which is unique or possesses qualities which make it specially regarded or noticed by the people in that community. Once a soundmark has been identified, it deserves to be protected, for soundmarks make the acoustic life of the community unique », Truax, B., *Soundscape Composition*, *Op.Cit.*

¹⁶⁹ Schafer, M., *Le son, bien entendu!*, *Op.Cit.*, p.65

Nous inférons de ce qui précède que le dispositif typologique proposé par Schafer vise notamment à modéliser les structures inhérentes aux divers paysages sonores, de même qu’il cherche à établir une hiérarchie fonctionnelle selon laquelle cataloguer le paysage sonore comme étant *hi-fi* ou *lo-fi*¹⁷⁰. Or, comme nous le verrons plus loin¹⁷¹, la typologie gestaltiste avancée par Schafer permet aussi d’avancer une méthodologie d’analyse ciblée sur les particularités de la *CfPS* au niveau perceptif.

II.2.3 Le modèle de transfert d’énergie

L’écologie sonore, en tant qu’activité engagée politiquement, vise à rendre compte du détachement entre l’individu, la communauté et l’environnement, en particulier lorsqu’il existe un écart conceptuel entre les préceptes du “savoir traditionnel” et les divers “défis contemporains” au sein de la société contemporaine¹⁷². Selon Barry Truax, cela s’explique par le fait que l’avènement de la technologie électronique a provoqué un changement de paradigme, lorsqu’on est passé d’un modèle de transfert d’énergie à un modèle de transfert de signal. Néanmoins, signale-t-il, c’est au moyen d’un transfert d’énergie que la *communication* a vraiment lieu.

Le modèle de transfert d’énergie est à la base de la construction théorique avancée par Truax. *Grosso modo*, ce modèle suppose que l’espace sonore peut être appris selon une logique communicationnelle et de transmission¹⁷³, par le biais de diverses expériences acoustiques¹⁷⁴. Ensuite, puisque la logique communicationnelle suppose une vaste connaissance des principes tant techniques qu’intentionnels dans les processus de communication, il s’avère essentiel de faire une distinction entre les paramètres acoustiques *objectifs* — tels que l’intensité, la fréquence et la forme d’onde — et leur contrepartie *subjective*, touchant aux caractéristiques psycho-acoustiques du son, telles que la sonie

¹⁷⁰ Nous reviendrons sur ce point au chapitre III.1

¹⁷¹ Notamment au chapitre II.2.

¹⁷² Truax, B., *Acoustic Communication, Op.Cit.*

¹⁷³ Plus précisément : « It is surprising (to me at least) that no one has applied communicational concepts to the field of sound before, at least not systematically. Just as the public tends to take sound for granted, communication specialists tend to assume that listening and sound-making work the same way they always have, and therefore they study social behavior at a more abstract level. » Truax, B., *Acoustic Communication, Op.Cit.*, p.xi.

¹⁷⁴ Nous approfondirons sur ce sujet au chapitre III, lorsque nous intéresserons à la genèse théorique de l’écologie acoustique.

(loudness), le pitch et le timbre, respectivement¹⁷⁵. Truax fonde son appréciation sur les travaux de recherche acoustique menés à partir des années 1970, dont notamment ceux de Plomp (1976), Roederer (1975), Tobias (1972), et Moore (1982). La recherche portée par Barry Truax suggère qu'il y a des implications très particulières entre la musique contemporaine — notamment la musique électroacoustique — et la conception de l'espace sonore. D'après l'auteur, l'imbrication entre le son et l'espace va au-delà de la multiplicité de caractères de ce dernier (qu'il s'agisse d'un espace concret ou abstrait), et s'explique plutôt en ce que le son assure la médiation entre le soi (le *self*) et l'environnement. Plus précisément, il signale que le son et l'environnement sont étroitement imbriqués¹⁷⁶, raison pour laquelle le contexte s'avère essentiel pour comprendre le sens de tout "message" — y compris le son, d'un point de vue communicationnel¹⁷⁷.

Par ailleurs, étant donné que l'on a à faire à des paramètres objectifs et subjectifs pour la compréhension de la communication acoustique¹⁷⁸, il argumente que le rapport entre le son et l'environnement doit être étudié en deux temps, à savoir depuis une approche centrée sur l'acoustique et le traitement sonore (*signal processing*), puis, sur les principes de la psycho-acoustique¹⁷⁹. Cela sous-entend un rapprochement certain entre l'écologie sonore et la tradition de la musique électroacoustique, de même que cela explique le développement postérieur de techniques de manipulation sonore au sein de l'écologie acoustique. De même, cela permet de comprendre le développement de stratégies de composition très particulières au sein de l'écologie acoustico-sonore.

II.2.4 L'espace sonore et le timbre

Les définitions de la notion de timbre — notion apparue au XVIII^{ème} siècle dans la culture occidentale — sont diverses et variées¹⁸⁰. Déjà au XII^{ème} siècle, on employait ce mot pour

¹⁷⁵ « Thus came about the modern scientific distinction between the "objective" acoustic parameters, such as intensity, frequency and waveform, and their psychoacoustic, "subjective" counterparts, namely loudness, pitch and timbre, respectively, which describe the brain's response to those parameters. » Truax, B., *Acoustic Communication, Op. Cit.*, p.5

¹⁷⁶ *Ibid.*, pp.52-53

¹⁷⁷ *Ibid.* p.10

¹⁷⁸ Il n'est pas superflu de souligner que son ouvrage théorique, peut-être le plus important touchant à l'étude de l'environnement, de l'acoustique et de la création, porte justement le nom de « Acoustic communication ».

¹⁷⁹ *Ibid.*, pp.2-3

¹⁸⁰ Il suffit de citer les travaux de Pierre Schaeffer (1966), György Ligeti (2001), Robert Erikson (1975), J.-C. Risset (1991), David Wessel (1973, 1979), Wedin, L. and Goude, G (1972), Reinier Plomp & Willem Levelt (1965), John Grey (1977), James Beauchamp (2006), Makis Solomos (2013) et Michèle Castellengo (2015) — pour ne citer qu'eux —, pour rendre évidence de l'immensité du sujet, ainsi que la diversité de contributeurs à sa définition.

désigner un instrument sonore¹⁸¹, alors qu'en 1762, le dictionnaire de l'Académie Française définissait le timbre « figurément [comme] le son même de la voix ». Postérieurement, dans sa contribution à l'encyclopédie, au XVIII^{ème} siècle, J.-J. Rousseau décrit le timbre comme la nature du son et infère : « il y a trois choses à considérer dans le son : 1) le degré d'élévation entre le grave et l'aigu ; 2) celui de véhémence entre le fort et le faible ; 3) la qualité du timbre qui est encore susceptible de comparaison du sourd à l'éclatant [...]»¹⁸². Toujours est-il que le « concept de timbre recouvre en effet des représentations fort diverses et parfois paradoxales, opposant l'idée de causalité [...] à celle de méta-dimension¹⁸³ [...], et l'idée de paramètre secondaire [...] à celle de matériau porteur de forme [...]»¹⁸⁴. Voyons maintenant quelle est la nature de ces représentations.

Le timbre comme « indice de causalité » résulte de la nécessité de répondre aux besoins d'identification des sources pendant l'écoute, puis aux besoins de précision pendant l'écriture et l'analyse musicale. En 1755, le traité de chant de Jean Antoine Bérard¹⁸⁵ « rapporte les qualités des voix à des effets expressifs [...], [citant des] sons violents, tendres, entrecoupés, etc.¹⁸⁶ », ce qui dénote la nécessité de traiter les sons au-delà des dimensions de hauteur et d'amplitude. Cependant dans son traité, il est nettement question de la description détaillée du système respiratoire et de l'appareil phonatoire¹⁸⁷. C'est donc à partir du XVIII^{ème} siècle que le timbre se situe comme un troisième paramètre du son musical¹⁸⁸, et non plus comme synonyme d'instrument. Or, force est de constater que son inclusion en tant que dimension indépendante dans le processus de composition n'a eu lieu que très tardivement dans l'histoire occidentale de la musique écrite : il s'agira encore d'un paramètre secondaire jusqu'au XIX^{ème} siècle, époque où l'expérimentation sonore au sein de l'orchestre deviendra une pratique de composition de plus en plus répandue, notamment

¹⁸¹ Définition donnée par Dauzat, Dictionnaire étymologique Larousse, et citée en Castellengo, M., *Écoute musicale et acoustique*, *Op.Cit.*, p. 289

¹⁸² Rousseau, Encyclopédie Tome XV, cité par Castellengo, M., *Écoute musicale*, *Op.Cit* p.289

¹⁸³ Voir Guigue, D., Une étude "pour les sonorités opposées" : pour une analyse orientée objet de l'œuvre pour piano de Debussy et de la musique du XX^e siècle (thèse de doctorat), Paris : École des hautes études en sciences sociales, 1996, p.45

¹⁸⁴ Hérold, N., « La modélisation du timbre et du son. Organisation formelle dans les œuvres pour piano de la première moitié du dix-neuvième siècle » In Hascher, X., Ayari, M., Bardez, J.-M., (sous la direction de), *L'analyse musicale aujourd'hui*, Paris : Délattour France, 2015, p.94

¹⁸⁵ Il s'agit de l'ouvrage de Bérard, J.-A., *L'Art du Chant, dédié à Madame de Pompadour*, 1755. [Version en ligne] : <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b8623287n/f7.image>, consulté le 26 janvier 2018.

¹⁸⁶ Castellengo, M., *Écoute musicale et acoustique*, *Op.Cit.*, p.289

¹⁸⁷ « Comme il sera souvent question dans cet Ouvrage des Organes de la Voix ; il est nécessaire d'en donner une idée précise & claire. » Bérard, J.-A., *Op.Cit.*, p.6

¹⁸⁸ Castellengo, M., *Écoute musicale et acoustique*, *Op.Cit.*, p.290

avec le *Traité d'instrumentation et d'orchestration* de Berlioz (1844) et l'idée d'une exploration dans l'*espace sonore* au moyen de la combinatoire des instruments musicaux.

Ce n'est donc qu'à la fin du XIX^{ème} siècle — époque clairement marquée par le passage entre la « mobilité harmonique » de la musique de Wagner et l' « émancipation de la dissonance » chez les compositeurs de la seconde École de Vienne — que le timbre aura un rôle central au niveau poïétique de la musique : les accords prendront une valeur de *sonorité*, notamment chez Debussy, et de moins en moins, l'enrichissement de l'harmonie dépendra de la gravitation tonale, jusqu'à « l'érosion graduelle du langage tonal¹⁸⁹ ». Depuis lors, comme l'a fait observer le compositeur Jean Claude Risset, « [le] timbre n'est plus la signature de l'origine du son, mais il subsiste comme *qualité spécifique*, autre que l'intensité et la hauteur¹⁹⁰ ».

Cette troisième dimension du son est associée à l'espace en ce qu'elle sous-entend l'existence de diverses composantes sonores distribuées géographiquement dans un espace timbrique. Pour que ces composantes sonores puissent rendre compte de la dimension spatiale, « il faut penser à un fluide sonore continu, qui [...] par rapport aux sons joue à peu près le rôle qu'un milieu physique joue par rapport aux objets solides plongés dans ce milieu¹⁹¹ ». Dans ce contexte, les sons « se présentent comme des points de condensation de ce fluide sonore uniformément réparti dans l'espace, comme des coupes opérées dans ce *continuum* sonore¹⁹² ». Le son devient donc un point dans l'espace, ce qui rend évidence de son rôle fonctionnel dû au fait que « c'est l'espace, non le son, qui devient la réalité essentielle¹⁹³ ».

Par ailleurs, en 1951, Licklieder définit le timbre comme une dimension multi-dimensionnelle du son¹⁹⁴, et quelques années plus tard, dans les années 1960, la recherche portant sur la notion de timbre s'élargit pour donner naissance à des techniques de

¹⁸⁹ Risset, J.-C., « Hauteur, timbre, harmonie, synthèse » In Soulez, A. (al.), *Musique, Rationalité, Langage. L'harmonie : du monde au matériau*, Cahiers de philosophie du langage n°3, Paris : L'Harmattan, 1998, p.153

¹⁹⁰ *Ibid.* C'est nous qui soulignons.

¹⁹¹ Wyschnegradsky, I., *La loi de la pansonorité*. Genève : éditions Contrechamps, 1996, p.67

¹⁹² *Ibid.* C'est nous qui soulignons

¹⁹³ « Le son musical est donc un point de l'espace. Voici les rôles renversés : c'est le son musical qui devient maintenant fonction de l'espace et qui en dépend, et c'est l'espace, non le son, qui devient la réalité essentielle ». *Ibid.*, pp.67. Nous approfondirons ce sujet au deuxième chapitre.

¹⁹⁴ Grey, J., « Multidimensional perceptual scaling of musical timbres » In *Journal of the Acoustic Society of America*, Vol. 61, N°5, May 1977

composition fondées sur la synthèse sonore¹⁹⁵. Une dizaine d'années plus tard, cette identification du timbre en tant que "dimension multidimensionnelle" donne lieu au développement de l'analyse sonore via une représentation multidimensionnelle des structures sonores complexes¹⁹⁶, ce qui engendre un développement d'autant plus fort dans la recherche scientifique et artistique de l'espace sonore que le timbre, au lieu de demeurer un paramètre secondaire, est considéré l'un des matériaux porteurs de forme. L'étude multidimensionnelle du timbre est abordée depuis la fin des années 1970¹⁹⁷. Maintes expérimentations sont mises en œuvre, et conformément aux découvertes — que nous expliquerons aux chapitres suivants — la perception du timbre semblerait dépendre, au moins, de trois dimensions physiques qui délimitent l'espace interne du son.

Fort de ce qui précède, nous pouvons inférer que c'est depuis la fin du XIX^{ème} siècle que les recherches portant sur le concept de timbre ont donné lieu à diverses pratiques d'exploration de l'espace. *Primo*, sous forme d'incursion poétique dans l'espace de l'orchestre — notamment avec les travaux de Berlioz, Debussy et Varèse ; *secundo*, sous forme d'inspection, tant de l'espace acoustique des phénomènes sonores que de leur nature psycho-acoustique. C'est dans ce sens que nous proposons l'exploration de l'espace sonore des *CfPS*, entendu comme un espace qui abrite l'harmonie des paysages sonores.

II.2.5 L'espace de timbres

Après avoir donné un aperçu général du concept de timbre, nous pouvons convenir qu'il s'agit d'une notion ayant trait à l'espace sonore comme « dimension multidimensionnelle », pour reprendre l'expression de Licklieder (1951). Alors que l'espace sonore s'explique comme la dimension acoustique qui détermine la puissance et la structuration d'un son¹⁹⁸, l'espace de timbres évoque l'organisation de divers événements sonores partageant des valeurs de hauteur, de durée et d'amplitude dans les

¹⁹⁵ Notamment à partir des travaux de Luce (1963), Risset & Wessel (1991), Freedman (1967, 1968), Beauchamp (1969), Matthews & Pierce (1980), Chowning (1980) et Moorer (1977).

¹⁹⁶ Citons les travaux de Plomp & Steenecken (1971), Wessel (1973, 1979) Miller & Carterette (1975), Grey (1975), Grey & Moorer (1976)

¹⁹⁷ Notamment par Grey (1975, 1977, 1978), Gordon & Grey (1978), Grey & Moorer (1977) et Wessel (1973, 1979).

¹⁹⁸ Criton, P., *Continuum sonore et schèmes de structuration*, *Op.Cit.*

processus de représentation mentale¹⁹⁹. L'espace de timbres se réfère tant à l'étude qu'à la caractérisation perceptive des événements sonores selon leurs qualités acoustiques.

Pour approfondir le sujet, revenons un instant sur la définition de timbre. Selon Stephen McAdams, « [l]e timbre est un ensemble d'attributs perceptifs qui émergent d'un groupe de composants acoustiques perçus comme appartenant à un même événement sonore²⁰⁰ ». Cette définition sous-entend la complexité acoustique du timbre, de même qu'elle suppose son rôle « [...] dans l'identification et la catégorisation des sources », lui conférant « des avantages et des inconvénients pour son emploi comme dimension porteuse de forme en musique²⁰¹ ». Puis, visant à aborder l'analyse sonore au-delà des valeurs traditionnelles d'intensité et de hauteur, le psycho-acousticien Albert Bregman (1971) propose la distinction entre l'événement acoustique (*acoustic event*) et le flux sonore (*stream*). Alors que l'on entend par événement sonore le son en tant que phénomène physique, le *flux sonore* renvoie à la représentation perceptive qu'on en fait. Lorsqu'on étudie les phénomènes sonores en ayant conscience de cette distinction, on peut préciser quels sont les éléments qui constituent un événement sonore — tels que les fréquences formantiques, la fréquence fondamentale, la masse sonore, etc. De la même manière, on peut clarifier certains problèmes à l'égard des limitations ou *métameries*²⁰² qui conditionnent la perception auditive.

La notion d'espace de timbres renvoie donc à l'univers de la microstructure du son. Elle implique que, au lieu d'aborder la composition « avec des sons », on peut composer le son lui-même²⁰³.

II.2.6 Les représentations auditives

Dans le but ultime d'examiner la nature perceptive du son et les divers phénomènes de séparation, Bregman (1971) propose d'implémenter une méthodologie de graduation

¹⁹⁹ J. Krimphoff (al.), « Caractérisation du timbre des sons complexes.II. Analyses acoustiques et quantification psychophysique », In *Journal de Physique IV Colloque*, 1994, pp.625-628.

²⁰⁰ McAdams, *Op.Cit.*, pp.75

²⁰¹ *Ibid.*

²⁰² Métaphoriquement, Bregman utilise le terme « metameric timbre » pour faire référence tant aux limitations de la perception qu'aux phénomènes de séparation, en ce qui concerne la description approfondie du timbre. Bregman, A., *Auditory Scene Analysis, Op.Cit.*, p.122.

²⁰³ Risset, J.-C., « Composer le son, expériences avec l'ordinateur 1964-1989 » In *Contrechamps N°11*, 1990, p.108

multidimensionnelle (*multidimensional scaling*)²⁰⁴ à partir de laquelle la dissemblance entre deux événements sonores peut être mesurée sous forme de distance. D'après ses expérimentations, on peut constater que la perception auditive du timbre semblerait se concentrer sur trois axes dimensionnels physiques, à savoir a) la *brillance*, ayant trait à la proportionnalité de l'énergie contenue dans l'espace ou registre des harmoniques ; b) la *synchronie* entre les composantes fréquentielles plus brillantes, correspondant aux harmoniques aiguës durant l'attaque et la déclinaison du son, et c) la présence d'énergie haute fréquence (*inharmonique*) pendant l'attaque du son²⁰⁵. Cette division n'étant pas univoque, la construction de représentations auditives limitée à ces trois dimensions a été nommée « primitive » (*primitive scene analysis*), tandis qu'une construction plus élaborée, impliquant d'autres processus d'apprentissage et de simulation, porte le nom de construction schématisée (*Schema-based*)²⁰⁶. Celle dernière suppose une étape de sélection dans l'écoute, conditionnée par des représentations apprises antérieurement.

Commençons par la première. La construction de représentations auditives dite *primitive* se rapporte à la séparation des flux sonores selon leur source : lorsqu'elle se met en marche, la mixture ou fusion entre divers événements est perçue comme accidentelle²⁰⁷. Par conséquent, il s'agit d'une construction perceptive quelque part conflictuelle vis-à-vis de la musique — au sens traditionnel du terme —, en ce qu'elle empêche l'organisation séquentielle et simultanée des sons. Néanmoins, elle s'avère plus pertinente pour la catégorisation des matériaux acoustiques qui donnent forme à des compositions sonores de tournure électroacoustique et/ou acousmatique, en ce qu'elle permet de représenter leur structure narrative lors du repérage de divers matériaux. On infère que la représentation auditive primitive peut servir à cartographier l'espace sonore, tant d'un événement acoustique — sans prendre en compte les métameries de l'écoute —, que d'un flux sonore, considérant aussi les conditionnements physiologiques et psycho-acoustiques au moment de l'écoute.

Inspirés des travaux de recherche acoustique menés par Krimphoff, McAdams et Winsberg²⁰⁸, nous employons le terme d'*espace de timbres* pour faire référence à la

²⁰⁴ Il s'agit de la même méthodologie qui a été employée par Grey (1975, 1977), von Bismark (1974) et Warren & Verbrugge (1984) dans leur étude portant sur la différenciation de timbre entre divers instruments musicaux, à savoir le violon, l'alto, le violoncelle, le hautbois, la clarinette, le basson, la trompette, le cor français et le trombone.

²⁰⁵ Bregman, A., *Auditory scene analysis, Op.Cit.*, pp.122-126

²⁰⁶ *Ibid.*, p.397

²⁰⁷ *Ibid.*, p.674

²⁰⁸ Krimphoff, (et al.), *Caractérisation du timbre des sons complexes ...*, *Op.Cit.*

représentation qui concerne l'organisation interne d'un événement acoustique selon sa typologie²⁰⁹. Nous le distinguons donc de l'espace sonore, en ce que ce dernier porte sur les qualités globales d'un environnement donné, tandis que l'*espace de timbres* dénote les caractéristiques inhérentes à chaque événement en particulier. Nous illustrons leur différence et leur rapport dans le schéma suivant (voir Figure 3. ci-dessous).

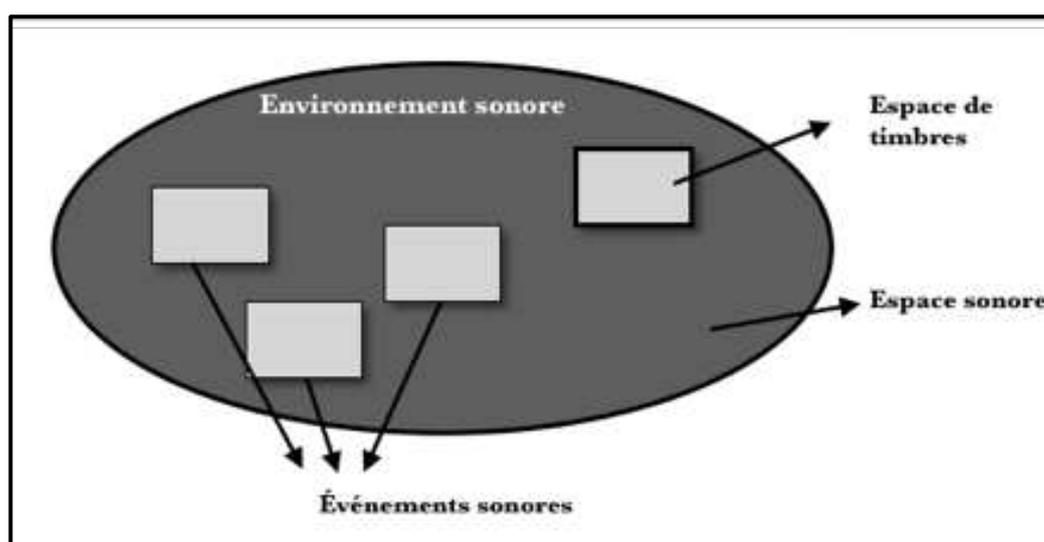


Figure II.3. *L'espace sonore et l'espace de timbres*

²⁰⁹ Aux chapitres II.2.3 et II.3.4, nous spécifions clairement la différence entre objet et événement sonore, de même que nous explicitons le système employé pour la classification typologique des événements sonores, respectivement.

II.3 Les éléments caractéristiques du paysage sonore

En ce qui concerne la question de la composition vis-à-vis du paysage sonore, une question se pose dès lors : peut-on définir la CfPS comme une forme de composition musicale, ou serait-il plus pertinent de la définir comme une forme de création au sein des arts sonores ? Puis, compte tenu de cette première question, peut-on discerner entre les stratégies d'organisation sonore — propres à l'art sonore — et les techniques 'combinatoires' ou syntaxiques de la composition musicale au sein des CfPS ? Visant à répondre à ces questions, nous analysons maintenant la structure qui donne forme à la CfPS et son rapport avec les catégories avancées par Murray Schafer à propos du rôle fonctionnel des événements sonores de l'environnement.

Comme nous l'avons vu précédemment, les préceptes de l'écologie acoustico-sonore ont modifié la notion d'environnement sonore à jamais, en l'inscrivant dans le domaine de l'esthétique. Cela a conduit Schafer à une classification *fonctionnelle* des éléments qui structurent le paysage sonore, notamment selon des critères géographiques déterminés par la/les communauté(s) acoustique(s).

Or, selon cette classification²¹⁰, l'auditeur est censé reconnaître, indépendamment de la stratégie d'écoute adoptée, les divers événements sonores d'un paysage sonore, soit sous forme de figure détachée, soit comme partie intégrante d'un fond sonore. De ce fait, sur la base de la classification par séparation figure/fond inspirée de la *Gestalt-théorie* et en prenant en compte les mécanismes de séparation, on déduit que les catégories avancées par Schafer ne sont néanmoins pas équivalentes entre elles, puisque quelques-unes d'entre elles répondent à des mécanismes de séparation primitive, tandis que d'autres correspondent à des mécanismes de séparation schématisée (*schema-based*), comme nous le montrerons ensuite.

II.3.1 Les sons à valeur signalétique, ou indices

Comme nous l'avons déjà évoqué antérieurement, les événements acoustiques à valeur signalétique correspondent à des figures qui se détachent du fond. Selon Schafer, tout événement sonore peut éventuellement avoir une valeur signalétique : tout dépend de la

²¹⁰ Il s'agit de la classification déjà exposée au chapitre II.2.1.2, parue en Schafer, M., *Our Sonic Environment...*, *Op. Cit.*, dans laquelle Schafer mentionne aussi l'existence de sons archétypiques, sans pour autant les expliquer. Nous inférons qu'il s'agit plutôt d'une sous-catégorie de marqueur sonore, comme nous le verrons ci-après.

stratégie d'écoute de l'auditeur²¹¹. Afin d'aborder leur définition fonctionnelle, Schafer décrit leur rôle comme celui des dispositifs d'alerte : « les sons à valeur signalétique peuvent souvent s'organiser sous forme de codes très élaborés, permettant la transmission de messages ayant une complexité considérable²¹² ». Malheureusement, cette affirmation manque d'approfondissement dans la définition de 'message'²¹³. Toutefois, la connotation qu'il donne à ce concept vise, avec certitude, à mettre en valeur le contraste entre les sons à valeur signalétique — porteurs d'un sens, d'après le théoricien — et le bruit, entendu comme son indésirable, son non-musical, son bruyant et/ou troublant²¹⁴. Une autre acception employée par Schafer dans la description des sonorités qui structurent le paysage sonore est celle d'*indice*²¹⁵ ; celle-ci lui permet d'alléguer que « certains sons peuvent correspondre à une même catégorie d'indices, à savoir celle de la communauté (*community signals*)²¹⁶.

C'est en ayant recours à l'étude du niveau sonore des *indices* en particulier, au sein d'une communauté spécifique, que diverses analyses du bruit et des nuisances sonores²¹⁷ ont été réalisées au sein du WSP²¹⁸.

II.3.2 Les marqueurs sonores

Tout paysage sonore, nous dit Schafer, contient ses propres sonorités caractéristiques ; souvent, ces sonorités sont d'une telle nature, qu'elles constituent la marque dudit paysage²¹⁹. Les figures qui se détachent d'un fond sonore peuvent être des marqueurs

²¹¹ « Any sound can be listened to consciously, and so any sound can become a figure or signal [...] » Schafer, M., *Our Sonic Environment and the soundscape...*, *Op.Cit.*, p.10. Nous aborderons en détail les implications de cet énoncé au chapitre II.3

²¹² *Ibid.*

²¹³ À ce propos, nous abordons au chapitre III.1 la genèse sémiologique de l'écologie acoustique.

²¹⁴ Dans le chapitre « The Evolving Definition of Noise », Schafer donne ces quatre synonymes de bruit mais affirme que, incontestablement, la définition la plus exacte est celle de son indésirable. Schafer, M., *Op.Cit.*, pp.182-183

²¹⁵ *Ibid.*, p.144

²¹⁶ Par exemple : « Sirens and church bells belong to the same class of sounds: they are community signals. As such they must be loud enough to emerge clearly out of the ambient noise of community. But while the church bell sets a protective spell on the community, the siren speaks of disharmony from within. » *Ibid.*, p.178

²¹⁷ Les analyses servant à la consolidation d'une réglementation spécifique pour la diminution du bruit peuvent être consultées en détail en Schafer, M.(al.), *A survey of Community Noise By-Laws in Canada*, World Soundscape Project, Sonic Research Studio, Communication Studies, Simon Fraser University, 1972.

²¹⁸ *Ibid.*, pp. 184-197

²¹⁹ *Ibid.*, p.26

sonores, tout autant qu'elles peuvent être des sons à valeur signalétique²²⁰. Cependant, ce qui est à l'origine d'une telle distinction est leur connotation culturelle : « le caractère unique des marqueurs sonores mérite d'être protégé, de la même manière qu'une symphonie de Beethoven nécessite d'être préservée²²¹ ». D'un point de vue psycho-acoustique, la distinction entre un marqueur sonore et un indice sonore, ou sonorité maîtresse, résulte de la séparation par association — c'est-à-dire, de la comparaison entre les événements à représenter et les flux sonores déjà appris —, ce qui met en évidence les limites du paradigme figure/fond comme seule structure pour la classification du paysage sonore. Nous constatons par conséquent que, même lorsque Schafer définit ses trois catégories selon des principes de séparation primitive, leur différence réside dans le fait qu'elles divergent au niveau schématisé de séparation.

II.3.3 Les sonorités maîtresses

Aussi connues sous le nom de sons centraux²²², les sonorités maîtresses ont été définies par R. Murray Schafer comme ces sons qui, servant à identifier le caractère mélodique ou harmonique dans le paysage sonore²²³, peuvent avoir une influence sur le comportement des gens²²⁴. Pour illustrer cela, l'auteur donne quelques exemples dans les descriptions de la littérature — Tolstoï en l'occurrence —, et signale que « les claquements et résonances rythmiques des pierres à affûter, manœuvrées par les paysans (russes) de l'époque, donnaient des 'sonorités maîtresses vernaculaires' qui caractérisaient la période de fenaison²²⁵ », ayant donc une influence sur les gens de l'époque. Sans donner plus de détails sur cette question, il remarque postérieurement que la sonorité des sons centraux a un rapport très étroit avec les matériaux des instruments qui les produisent, ce qui détermine et dénote leur 'identité géographique' — par continent ou par région — de même

²²⁰ « [...] the figure corresponds to the signal or the soundmark, the ground to the ambient sounds around it — which may often be keynote sounds — and the field to the place where all the sound occur, the soundscape. » Schafer, M., *Our Sonic Environment...* *Op.Cit.*, p.152

²²¹ « The unique soundmark deserves to make history as surely as a Beethoven symphony ». *Ibid.*, p.239.

²²² Dans la réédition de l'ouvrage *Le paysage sonore* (*Op.Cit.*), on emploie aussi le terme de *tonalité* pour dénoter ce qui « est donné, dans une composition par la tonique, qui est la note principale [...] [n'étant] pas nécessairement perçue de manière consciente [puisqu'] on l'entend sans l'entendre ». Schafer, M., *Le paysage sonore*, *Op.Cit.*, p.31

²²³ Schafer emploie le terme *tonalité* que nous trouvons quelque peu ambigu

²²⁴ Schafer, M., *Le paysage sonore*, *Op.Cit.*, pp.9, 48

²²⁵ *Ibid.*

que leur ‘identité historique’²²⁶. Ainsi, il différencie la matière desdits instruments « en bambou, en pierre, en métal ou en bois²²⁷ » et signale que les sonorités maîtresses produites peuvent aussi se présenter « très discrètement », donnant comme exemple « le grattage métallique des chaises sur le plancher carrelé des cafés parisiens », ou « le grincement des bracelets en cuir dans les tramways de Melbourne²²⁸ ». Nous pouvons donc inférer que les sonorités maîtresses seraient celles qui, installées sur le fond, rendent manifeste le caractère géographique et historique de l’environnement sonore, permettant ainsi de donner un contexte pour la fabrication cognitive d’un paysage sonore. À cet égard, il n’est pas inintéressant de signaler que, d’un point de vue psycho-acoustique, les sonorités maîtresses sont toujours perceptibles, quelle que soit la stratégie d’écoute choisie.

II.3.4 La séparation auditive au sein du paysage sonore

Compte tenu de ce qui précède, nous déduisons que le paysage sonore est une représentation structurée de l’environnement acoustique, en ce qu’il implique l’agencement des événements acoustiques selon une hiérarchie fonctionnelle. Alors, lorsqu’on perçoit les aspects d’un paysage sonore, on a à faire à deux catégories phénoménologiques de l’écoute, schématisées par la distinction figure/fond (voir tableau II.2). Ces deux critères sont en rapport très étroit avec les stratégies d’écoute, et plus spécifiquement, avec les niveaux d’attention auditive²²⁹.

Figure	Fond
Indices ou sons à valeur signalétique	Sonorités maîtresses
Marqueurs sonores	

Tableau II.2 *Les deux catégories phénoménologiques au sein du paysage sonore*

Dans un paysage sonore, la différence entre les indices et les marqueurs sonores est relative et dépend toujours d’un contexte (tant social que culturel) rapporté à l’idée de communauté

²²⁶ *Ibid.*, pp.58-62

²²⁷ *Ibid.*, pp.58-59

²²⁸ *Ibid.*, p.240

²²⁹ Truax, B., *Acoustic Communication, Op.Cit.*, p. 21.

acoustique²³⁰. Lors même que, dans une perspective nettement acoustique, il s'avère impossible d'opérer une distinction entre des figures sonores ayant un rôle d'indice ou de marqueur, la différence entre la figure et le fond peut bel et bien être analysée et mise en évidence, notamment par le biais d'une description acoustique — comme nous le verrons aux chapitres II.3.5 et III.1.

Au chapitre suivant, nous abordons la problématique qui se pose concernant la spécificité du rôle des événements sonores figuratifs. Visant à faciliter la compréhension des différences à l'intérieur de cette première catégorie (voir tableau II.2), nous étudions les fonctions diégétiques des événements qui structurent le paysage sonore, et plus précisément, la *CfPS*.

²³⁰ Nous aborderons plus en détail cette notion au chapitre II.2.2

II.4 Définir les CfPS selon la Gestalt-théorie

Lorsqu'on incorpore l'environnement sonore à l'univers de la musique — et vice versa —, on est confronté à diverses questions. Notamment, on constate avec étonnement que l'on se trouve vulnérable face à l'environnement acoustique et son *organisation*. Parmi tous les événements acoustiques, quels sont les matériaux *musicaux* et quels sont ceux que l'on devrait considérer comme du *bruit* ? Quelles est la manière la plus appropriée de regrouper ou segmenter les événements acoustiques qui se mêlent dans le continuum sonore ?

Commençons par admettre que, de manière générale, toutes les théories de l'attention reposent sur la métaphore du traitement de l'information, ce qui sous-entend que l'individu est « traversé » par un flux d'information²³¹. Pareillement, considérons « [...] [qu'] aucune théorie de la connaissance ne serait complète sans une théorie de son acquisition et donc de la perception²³² ». Alors, nous pouvons définir les CfPS selon les *conduites* de perception. La théorie gestaltiste explique comment un individu favorise certaines formes de segmentation ou de groupement au dépit des autres. En 1950, David Katz²³³ désagrège les principes auxquels sont soumis les engrenages de la perception et, sur la base des travaux de Wertheimer²³⁴ (1910), propose ainsi sept lois régissant la segmentation²³⁵ et le regroupement cohérent des phénomènes perceptibles, à savoir : 1) la *loi de proximité*, exprimant la cohérence d'association par contiguïté ; 2) la *loi de similarité*, qui accorde aux individus une inclinaison pour associer des éléments qui lui semblent équivalents, ainsi que pour dissocier les éléments discordants ou contraires ; 3) la *loi de bonne fermeture*, mettant l'accent sur la complétude d'une forme ou des éléments qui leur composent ; 4) la *loi de destin commun et de bonne continuité*, qui reconnaît chez les individus une tendance à grouper des éléments dissemblables lorsqu'ils convergent vers une même direction — c'est-à-dire lorsque divers éléments varient de manière continue et prévisible ; 5) la *loi de mouvement commun*, favorisant l'association d'éléments qui varient à l'unisson, de

²³¹ McAdams, S., Bigand, E., *Penser les sons. Psychologie cognitive de l'audition*. Paris : Presses Universitaires de France, 1994, p. 78

²³² *Ibid.*, p.1

²³³ Katz, D., *Gestalt Psychology. Its Nature and Significance*, New York: The Ronald Press Company, 1950.

²³⁴ Max Wertheimer, psychologue (1880 – 1943). On lui attribue la création du gestaltisme au sein de la psychologie (1910). Néanmoins, c'est Kurt Koffka l'auteur d'un premier article formulant les principes de la Gestalt-théorie : Koffka, K., « Zur Grundlegung der Wahrnehmungspsychologie » In *Eine Auseinandersetzung mit V. Benussi*, Zts. F ; Psych., 1915, pp.11-90.

²³⁵ Nous exposons ensuite les sept lois de la Gestalt-théorie en ayant comme référence la formulation portée par Roy, S., *L'analyse des musiques électroacoustiques : modèles et propositions*, Paris : L'Harmattan, 2003, pp.204-207

manière identique — même s'ils ne sont pas convergents ; 6) la *loi d'expérience*, qui favorise le regroupement d'éléments par apprentissage, et finalement 7) la *loi de la bonne forme*, ou *loi de prégnances* (law of Prägnanz), rapportée à la rétention mnémonique. Elle met en relief la tendance naturelle des individus à appréhender un phénomène perceptif par simplification « tout en tenant compte des conditions contextuelles ; la perception peut ainsi attribuer une symétrie, une cohésion, une harmonie entre les composantes d'une forme qui lui font l'opposition figure/fond²³⁶ ».

Les sept lois de la Gestalt-théorie spécifient la nature des mécanismes perceptifs dans le processus de séparation et de création de représentations mentales. De manière conceptuelle, elles expliquent les principes régissant l'analyse de la scène auditive et le processus de création de représentations à partir de l'écoute.

Par ailleurs, en ce qui concerne l'écologie sonore, la création de représentations mentales passe par un processus de 'nettoyage auditif' dans lequel il est question, en premier lieu, d'un changement qualitatif au niveau de l'attention auditive. Comme nous l'avons déjà constaté, il s'agit d'une méthode d'adaptation perceptive qui vise à mettre en relief la qualité *musicale* de l'environnement *pendant* le processus d'écoute. Mais plus précisément, il est question d'un processus de séparation qui fait ressortir quelques éléments sonores dans la représentation qui se produit, tout en négligeant d'autres sonorités "moins attractives". Alors, si nous constatons que « lorsqu'un individu écoute de la musique, il sait *a priori* quelles sont les règles *syntaxiques* qui y sont édictées²³⁷ », il est clair que le processus de nettoyage auditif (ou clairaudience) a une connotation décidément figurative, en ce qu'il sous-entend la syntaxe comme structure fondamentale de la *musique*. En somme, puisque depuis cette approche l'aspect *narratif* est le déterminant central de tout système musical ordonné, ce seront donc les sons culturellement identifiables qui accompliront le rôle d'unités structurales dans toute forme de création musicale.

Conformément aux principes de la Gestalt-théorie²³⁸, le processus de perception de ces éléments — qu'on peut qualifier d'*appellatifs* pour le moment— implique la mise en forme

²³⁶ Roy, S., *L'analyse des musiques électroacoustiques*, *Op.Cit.*, pp.206-207

²³⁷ « Although the syntactic rules governing the combination of sound within a given musical "language" may not be as well understood as with natural language, the listener who is familiar with the "style" of a piece of music can immediately tell when a mistake has occurred. Therefore, the listener implicitly understands that music obeys some rules of organization, and it is generally true that such rules are looser than in language. » Truax, *Acoustic Communication*, *Op.Cit.*, p.44.

²³⁸ Cf. Mill, J.S., *A System of Logic*. New York : Harper (1st edition, 1983), 1874, pp.592 ; Bregman, A., *Auditory scene analysis*, *Op.Cit.*, pp. 9-28

d'un dispositif perceptif de regroupement (*grouping*). Ce mécanisme permet d'ordonner les éléments choisis — désormais reconnus sous forme de structures significatives, ayant une influence dans les expériences à venir²³⁹. Or, chaque structure significative deviendra reconnaissable de par son empreinte — c'est-à-dire selon ses caractéristiques dans l'espace de timbres — ainsi qu'en fonction de leurs conditionnements pour favoriser la cohérence dans la perception.

Quand bien même le caractère *musical* d'un paysage sonore est conditionné par l'existence de sonorités proéminentes, leur repérage s'avère conditionné par leur périodicité dans l'environnement sonore. Autrement dit, plus une sonorité particulière apparaît ou émerge, plus elle sera identifiable au sein d'un continuum sonore. C'est pourquoi, comme nous montrons au chapitre II, il y a une tendance dans la mise en forme des *CfPS* à présenter les événements 'appellatifs' à maintes reprises, de même qu'à réutiliser certains éléments issus de l'environnement sonore dans diverses compositions fondées sur le paysage sonore, ce qui renforce le dispositif perceptif de regroupement.

II.4.1 Peut-on parler de fonctionnalité musicale au sein des CfPS ? Le rôle connotatif et dénotatif des événements sonores

Qu'est-ce qu'est un événement sonore ? L'écoute du paysage sonore entraîne une sélection de l'information acoustique présente dans un environnement donné qui dépend de la stratégie d'écoute adoptée. Cependant, étant donné que, comme le signale Bregman, le traitement de l'information est sous-jacent aux théories de l'attention, les représentations mentales sont appréhensibles en tant que "structures de signification". Cela veut dire que les événements sonores repérés ont une signification particulière chez l'auditeur — selon sa culture, sa familiarité avec le paysage sonore en question et conformément à la stratégie d'écoute adoptée — qui s'avère fort déterminante pour expérimenter la musicalité (ou, au moins, la cohérence) dans un continuum sonore donné. Dans le domaine de l'écologie sonore, le concept d'*événement sonore* se définit comme un objet acoustique *symbolique*, *sémantique* et *structural*²⁴⁰. D'abord, il est *symbolique* en ce qu'il peut évoquer des événements extra-musicaux. Ensuite, il est *sémantique* en tant qu'il se rapporte à une conduite de réception ou de production, c'est-à-dire à un ensemble d'actes élémentaires

²³⁹ Bregman, A. S., « Primary Auditory Stream Segregation and the Perception of order in rapid sequences of tones. *Journal of Experimental Psychology*, N° 89, 1971, pp. 244-249

²⁴⁰ Schafer, M., *Our Sonic Environment and the Soundscape...*, *Op.Cit.*, pp.274-275

coordonnés par une finalité²⁴¹. Finalement, il est structural en ce qu'il a pour vocation de s'articuler à un continuum sonore.

Évidemment, dans cette définition on a à faire à l'événement acoustique en tant qu'unité composable, servant tant à ordonnancer l'environnement (rôle du *designer acoustique*) qu'à mettre en œuvre une CfPS (rôle du compositeur). Nous tenons donc à croire que cette manière de concevoir les événements acoustiques relève de la narrativité — ou *diégèse*, en tant qu'elle lui confère des propriétés qui touchent à l'attention auditive en tant que focalisation. Examinons ce point.

Par la notion de focalisation, nous entendons « une restriction de “champ”, c'est-à-dire [...] une sélection de l'information narrative²⁴² ». Sémantiquement, la focalisation se définit comme « [la] procédure de débrayage cognitif qui détermine la position et le mode de présence du narrateur²⁴³ » et sert à dévoiler la signification d'une information donnée. Dans la définition donnée par Schafer, il est clair qu'il favorise deux types de focalisation, à savoir a) la focalisation *externe* — ou « hétéro-diégétique », à la troisième personne et absente de l'histoire qu'on raconte, et b) la focalisation *interne* — ou « homo-diégétique », où c'est l'auditeur qui participe activement en tant que *designer acoustique*. On trouve une connotation hétéro-diégétique dans les sons signalétiques, puisqu'il s'agit d'événements qu'on perçoit en raison de leur amplitude ou de leur tessiture, et non par des raisons *symboliques*. En revanche, lorsqu'il s'agit de marqueurs sonores ou de sonorités maîtresses, on a affaire plutôt à une focalisation homo-diégétique en tant qu'il s'agit d'événements ayant une *figuration* particulière chez l'auditeur.

Puisque la focalisation hétéro-diégétique ne se réfère qu'à des événements acoustiquement proéminents pendant l'écoute, on avance l'idée qu'elle correspond à la création de représentations dites 'primitives', tandis que la focalisation homo-diégétique concorde avec la création de représentations schématisées (voir chapitre I.2.1.6). Pendant la représentation hétéro-diégétique, le processus de perception *dénote* une variation dans le continuum sonore. Quant à elle, la représentation homo-diégétique surpasse les mécanismes de représentation primitifs puisqu'elle exprime une *connotation* extra-

²⁴¹ Delalande, F., « La terrasse des audiences du clair de lune : essai d'analyse esthétique », *Analyse musicale* n°16 (1989), cité par Roy, S., *L'analyse des musiques électroacoustiques : modèles et propositions*, Paris : L'Harmattan, 2003, p.110

²⁴² Genette, G., *Nouveau discours du récit*, Paris : Seuil, 1983, p.49

²⁴³ Bertrand, D., *Précis de sémiotique littéraire*, Paris : Nathan, 2000. [En ligne] : <http://denisbertrand.unblog.fr/glossaire-de-semiotique/f-l/>, consulté le 24 février 2017

musicale. Dans le tableau qui suit, nous illustrons la mise en rapport entre les formes de focalisation exposées et le rôle fonctionnel de l'événement sonore selon l'écologie sonore (Tableau II.3).

Événement sonore	Fonction narrative	Niveau d'attention
Son à valeur signalétique	Dénotative	Écoute attentive
Marqueur sonore	Connotative	Écholocation
Sonorité maîtresse	Connotative	Écoute en arrière-plan

Tableau II.3 *Fonction narrative des événements sonores*

En outre, il est intéressant d'observer que les sonorités maîtresses n'ont pas forcément une connotation en ce qu'elles ne font pas appel à un niveau assez focalisé d'attention auditive — mais plutôt sont le résultat de l'écoute en arrière-plan (*background-listening*)²⁴⁴. Néanmoins, nous tenons à croire que, lorsque perçues de manière attentive, elles peuvent avoir une fonction connotative, puisque, d'après Schafer, elles « déterminent l'identité tant géographique qu'historique d'un paysage sonore²⁴⁵ ».

En fin de compte, les événements acoustiques peuvent accomplir un rôle narratif pendant l'écoute selon leur position dans l'espace (chapitre I.2.1.2), et selon le niveau d'attention portée par l'auditeur. Lorsqu'un événement sonore s'avère *appellatif*, il s'agit, soit d'un élément qui entraîne une variation dans l'amplitude perçue²⁴⁶, soit un élément caractéristique par son empreinte, c'est-à-dire reconnaissable de par ses particularités au sein de l'espace de timbres²⁴⁷.

Par ailleurs, force est de constater que, chez l'auditeur, le caractère appellatif d'un événement sonore représente une question extrêmement complexe à identifier ou simplifier. Donc, nous pouvons déduire que, lorsqu'un événement attire l'attention de l'auditeur, il s'agit bel et bien d'un phénomène de saillance. Alors, nous emploierons

²⁴⁴ Truax, B., *Acoustic Communication, Op.Cit.*, p.21

²⁴⁵ Schafer, M., *Our sonic environment...Op.Cit.*, pp.58, 62

²⁴⁶ Van Noorden, L.P.A.S., *Temporal coherence in the perception of tone sequences*, Ph.D. thesis, Eindhoven University of Technology, 1975

²⁴⁷ R. Plomp, « Detectability threshold for combination tones », In *The Journal of the Acoustical Society of America*, n° 37, 1965, pp.1110-1123

désormais la notion de “saillance” pour faire référence aux événements acoustiques ayant un rôle de figure et, potentiellement, une fonction narrative explicite²⁴⁸.

II.4.2 La transcontextualité des CfPS

Les CfPS emploient une palette très large de références sonores, en raison de leur nature esthétique. Il s’agit d’une forme de création inscrite dans la tradition de la musique électroacoustique qui appelle à une mise en relief de l’environnement sonore. D’après le musicologue Leigh Landy et sur la base des travaux théoriques de Barry Truax²⁴⁹, les caractéristiques principales qui définissent la CfPS sont au nombre de quatre, à savoir : 1) la capacité chez l’auditeur à reconnaître la source matérielle du son — même si elle subit des transformations ; 2) la prise de conscience d’un contexte rapporté à l’environnement sonore et au caractère psychologique des matériaux sonores ; 3) la mise en relief du contexte et son influence au niveau poétique — chez le compositeur, et 4) l’amélioration de notre compréhension du monde et son influence sur nos habitudes perceptives quotidiennes²⁵⁰. En d’autres termes, le monde sonore des CfPS incite l’auditeur à trouver des connexions extrinsèques (extra-musicales) assez diverses, en ayant recours à des matériaux employés pendant la composition.

Pour rendre compte des caractéristiques de la CfPS, nous pouvons employer la notion de « transcontextualité », terme « [...] utilisé afin de décrire les relations entre les sons contenant des significations extrinsèques aussi bien que pour décrire les relations intrinsèques/extrinsèques dans le contexte même des œuvres²⁵¹ ». À la différence d’autres formes de création musicale et sonore, la CfPS vise à donner une signification aux éléments de l’environnement sonore ayant une connotation extramusicale. Pour ce faire, les *compositeurs* ou *designers sonores* ont recours à diverses techniques de composition, notamment de manipulation par superposition ou *layering*, et de manipulation par

²⁴⁸ Bien entendu, cette notion sera justifiée et rendue explicite *a posteriori*, notamment dans la deuxième partie de ce mémoire de thèse.

²⁴⁹ Landy, L., *Understanding the Art of Sound Organization*, London : MIT Press, 2007, pp.105-111

²⁵⁰ Mancero, D. et al., « Composer à partir de la modélisation harmonique des Soundscape Compositions : quels enjeux pour l’analyse fonctionnelle des objets sonores ? », In *Journées d’Informatique Musicale JIM, Actes du Colloque*, Paris, 2017

²⁵¹ Couprie, P., *Glossaire, Ears – ElectroAcoustic Resource Site*, [http : ears.pierrecouprie.fr/](http://ears.pierrecouprie.fr/) [en ligne depuis le 8 décembre 2006], site consulté le 6 février 2018.

expérimentation concrète ou *found-sound*²⁵². Parallèlement, ils peuvent aborder la mise en forme d'une *CfPS* à partir de techniques de composition narrative ou *oral-history*, ou bien encore par de techniques de transition progressive (*transition between perspectives*)²⁵³. Bien évidemment, ces techniques visent à transformer la matière sonore sans pour autant la dénaturer, l'idée étant de tisser un lien entre l'*univers sonore du quotidien* — l'environnement sonore abrégé sous forme de *paysage*, et les diverses opérations qui relèvent de l'univers musical, à savoir la combinatoire et les diverses transformations opérées sur un matériau musical donné. En ce qui concerne les *CfPS*, le savoir-faire du compositeur passe par une approche intégrée, touchant tant à la mise en relief des détails intrinsèques de la matière sonore qu'à l'agencement des événements sonores en tant que matériaux musicaux — agencement rapporté aux particularités de l'environnement en tant que *Gestalt*. En revanche, pour ce qui est de la *signification* des éléments acoustiques faisant partie de l'environnement, il n'est pas question ici d'aborder leur analyse d'un point de vue sémiologique : bien au contraire, il s'agit d'aborder l'étude des stratégies de composition au sein de la *CfPS* tout en respectant la posture écologiste qui confère un sens particulier aux matériaux du paysage sonore. Comme le signale le compositeur Denis Smalley, puisque « l'art de la musique ne se contente plus désormais d'emprunter ses modèles sonores aux instruments et aux voix » nous avons donc « [...] besoin de pouvoir discuter des expériences musicales, de décrire les caractéristiques de ce que nous entendons et d'expliquer comment elles fonctionnent dans le contexte de la musique ²⁵⁴ ».

Dans le même esprit, tout en étant conscient de la transcontextualité qui singularise cette manifestation esthétique, l'analyse que nous envisageons ici a pour but ultime de décrire les caractéristiques harmoniques qui particularisent la *CfPS* en tant que forme esthétique de composition musicale. Nous devons donc essayer de dévoiler quel est le rapport entre les divers éléments sonores et leur fonctionnalité au sein de cette manifestation sonore et musicale. Pour ce faire, nous examinons au chapitre suivant la question de la morphologie des événements acoustiques qui donnent forme au paysage sonore.

²⁵² Truax, B., *Acoustic Communication, Op.Cit.*, p.119. C'est Truax qui dénote le caractère concret de cette technique ponctuelle.

²⁵³ Truax, B., « Soundscape Composition Principles » In *Soundscape Composition, Op.Cit.*

²⁵⁴ Smalley, D., (trad. par Suzanne Leblanc et Louise Poissant, révisée par Daniel Charles), *La Spectromorphologie. Une explication des formes du son*, In Poissant, L., (sous la dir.), *Esthétique des arts médiatiques, tome 2*, Québec : Presses de l'Université du Québec, 1995, p.1

II.5 Objet sonore, événement sonore et morphologie

Une question se pose dès lors : comment classer un événement sonore quelconque — qu’il soit un marqueur sonore, une sonorité maîtresse ou un index — depuis une perspective nettement musicale ? Autrement dit, existe-t-il une manière de discrétiser les éléments qui conforment l’environnement sonore d’un point de vue musical ?

Dans le but de répondre efficacement à ces questions, nous devons d’abord discuter les paramètres qui déterminent le processus de description reposant sur la perception auditive. Il faut remonter à la période comprise entre les années 1948 — naissance de la musique concrète, et 1966 — date de publication du *Traité des Objets Musicaux* de Pierre Schaeffer, pour trouver la toile de fond sur laquelle se déploient les premières tentatives (au moins dans l’histoire moderne) pour « redonner le sonore à la musique [...] [et] réinstaurer la communication entre compositeur et auditeur²⁵⁵ ». Dans ce contexte, l’*acoulogie* voit le jour en tant que discipline expérimentale visant à « évaluer le sonore selon des dimensions accessibles à l’oreille, et fondée sur la recherche de potentialités musicales²⁵⁶ ». Contrairement à une méthodologie analytique de corrélation entre la mesure physique des phénomènes sonores et leur estimation perceptive, cette démarche expérimentale se focalise sur l’identification et la qualification d’*objets sonores*, et vise à la création d’*objets musicaux* selon le caractère et les attributs (ou “traits sonores”) desdits *objets sonores*. Ces derniers étant définis comme distincts des signaux et des signes, sont le résultat d’une réduction phénoménologique rapportée à l’expérience perceptive en tant que « pôle d’identité immanent aux vécus particuliers²⁵⁷ ».

Dans cette perspective, il est question de « rompre avec l’habitude naturelle de l’écoute humaine, qui recherche dans les sons des indices ou des significations, plutôt que les attributs sonores de ce qui est donné à entendre²⁵⁸ ». Donc, il faut réduire l’objet sonore à ses caractéristiques morphologiques, en portant particulièrement attention aux variations acoustiques et aux traits qui le caractérisent en tant qu’entité sonore indépendante. Cette méthodologie acoulogique porte le nom d’*écoute réduite* et vise à aiguïser la perception

²⁵⁵ Roy, S., *L’analyse des musiques électroacoustiques*, Op.Cit, p.51

²⁵⁶ *Ibid.*, p.48

²⁵⁷ Husserl, E., *Logique formelle et Logique transcendantale* In Schaeffer, P., *Traité des Objets Musicaux*, Paris : Éditions du Seuil, 1966, p. 263

²⁵⁸ Roy, S., *L’analyse des musiques électroacoustiques*, Op.Cit., p.50

auditive, ayant pour but ultime de « *com-prendre* » (dans le sens de ‘prendre avec soi’) ce que l’on entend « comme travail de déduction, de comparaison [et] d’abstraction [...] au-delà du contenu immédiat²⁵⁹ ».

Entendant par *objet sonore* l’image perceptive d’un événement perçu, la démarche acoulogique prônée par Pierre Schaeffer a pour objectif l’analyse descriptive d’unités ‘à vocation musicale’. Depuis cette perspective, au moyen d’une catégorisation typomorphologique, toute unité sonore s’avère *discrétisable* non seulement de par sa nature acoustique, mais aussi selon sa structure en tant qu’objet de perception²⁶⁰. Il faut noter, néanmoins, que ce procédé de réduction isole l’objet en question et le sépare de l’environnement auquel il appartient. Toujours est-il que, pour Schaeffer, une fois la réduction de l’événement sonore faite, la création d’*objets musicaux* peut prendre en compte le sens musical et structurel ressortant de l’*objet sonore*. Plus précisément, même si

« [...] l’objet s’identifie au niveau supérieur de la structure à laquelle il appartient, on n’en retient cependant qu’une propriété. [...] Mais l’objet est tout cela, il résume toutes ces propriétés. Il possède tous ces caractères [...] On peut l’isoler, le contempler, le pénétrer. Tout cela, qui a été exploré, travaillé dans l’analyse, se recompose dans une perception infiniment plus riche, que notre intention assure, si nous le voulons²⁶¹ ».

Pour le père de la musique concrète, l’étude des objets musicaux mène à la compréhension des attributs de la sensibilité musicale. Il signale que, pour qu’un critère de l’*objet musical* soit retenu, il faut qu’il soit *convenable*, présentant un intérêt musical tout en ayant une faculté d’évaluation au niveau de la sensibilité, « le tout dépendant chaque fois du contexte des objets présentés et de leur texture propre²⁶² ».

Comme nous le verrons par la suite, l’approche schaefferienne pour l’analyse des événements sonores — *réduits* et désormais *divisibles* — pose les fondements de l’analyse typomorphologique au sein de la création musicale et sonore. En réponse à « la confiance aveugle en l’approche physicienne et contre une abstraction accrue du phénomène

²⁵⁹ Schaeffer, P., *Traité des objets musicaux : essai interdisciplines*. Nouvelle édition. Pierres vives, Paris : Éditions du Seuil, 1966, pp. 104, 111.

²⁶⁰ Roy, S., *L’analyse des musiques électroacoustiques*, *Op.Cit.*, p. 47

²⁶¹ Schaeffer, P., *Op.Cit.*, pp. 375-376

²⁶² *Ibid.*, p. 383

musical²⁶³ », Schaeffer propose une méthode phénoménologique qui met en valeur l'écoute — en tant que focalisation sur le son lui-même — pour « élargir la musique », tant au niveau esthétique — « vers l'emploi de structures spécifiques, autres qu'une structure des hauteurs²⁶⁴ », qu'au niveau technique, ouvrant la voie à l'univers électroacoustique.

II.5.1 La typomorphologie de l'objet sonore

La typologie touche à la question de l'analyse et de la description des formes *typiques* pour leur classification. D'après Schaeffer, « la nécessité d'une typologie [ressort] de la confrontation de collections de sons, dont on ne retient, dans le but de les identifier, que les caractéristiques les plus générales, et notamment celle de l'articulation suivie d'appui²⁶⁵ ». En revanche,

« [L]a morphologie reçoit de la typologie des fragments tant bien que mal prélevés dans le continuum sonore, aux fins de les évaluer [...]. On retrouve ainsi le couple de fonctions que se partageaient musicalité et sonorité, respectivement responsables de l'identification des objets musicaux et de la qualification de leur contenu [...]»²⁶⁶ ».

La démarche de classement portée par Schaeffer a retenu deux dimensions perceptives rapportées à l'écoute réduite de l'*objet sonore*, à savoir a) la *facture* — qui concerne l'allure temporelle typologique d'un phénomène sonore selon son entretien, et b) la *masse* — entendue comme un critère morphologique ayant trait à la *matière sonore*. Le choix de ces deux dimensions répond à la pratique expérimentale de Schaeffer, qui, après avoir étudié pendant plusieurs années le caractère taxinomique de l'objet sonore grâce à son écoute *praticienne*²⁶⁷, fait usage de la Gestalt-théorie pour distinguer la forme de la structure sonore : « c'est le terme *structure* que nous emploierons au sens d'*entité organisée* au lieu

²⁶³ Roy, S., *L'analyse des musiques...* Op.Cit., p. 48

²⁶⁴ Schaeffer, P., *Traité des objets musicaux*, Op.Cit., p.16

²⁶⁵ *Ibid.*, p.397

²⁶⁶ *Ibid.*

²⁶⁷ Schaeffer théorise lui aussi une classification quadripartite de l'écoute, selon le type de focalisation ou « attitude d'écoute ». Elle se divise en *naturelle*, *culturelle*, *banale* et *praticienne*. Schaeffer, P., *Traité des objets musicaux*, Op.cit., p.120

de forme, équivalent de Gestalt. Nous aurons, en effet, besoin de ce dernier terme dans un sens bien précis : la *forme temporelle* de l'objet, opposée à sa *matière*²⁶⁸ ».

Le classement des objets sonores par *facture* montre une échelle dynamique dans laquelle des divers types d'entretien énergétique sont exposés. On y trouve des factures *continues*, *itératives*, *imprévisibles* et *nulles*. De leur côté, les factures *continues* et *itératives* se différencient des autres types de facture en tant que ces premières dessinent une forme prévisible d'entretien. En revanche, une *facture* est dite *imprévisible* quand le son en question présente des variations énergétiques lors de son entretien. La *facture* d'un son est considérée *nulle* si son entretien ne présente aucune évolution énergétique, ou bien lorsqu'on a affaire à une évolution tout à fait prévisible (un *crescendo*, un *diminuendo*, ou une variation très faible)²⁶⁹. De son côté, la *masse* est un indicateur qui fait état de la hauteur des objets sonores — hauteur tant mélodique que spectrale — au cœur du système typologique schaefferien. Ayant trait à la « couleur de la matière », la masse sonore indique l'*occupation du champ des hauteurs par le son* et se classifie selon trois groupes exprimant une opposition, à savoir : son *épais* ou *mince* ; son *cannelé* ou *flou* ; son *coloré* ou *blanc*²⁷⁰.

Partant de ces principes, la typomorphologie fait valoir que, puisque tous les événements sonores résultent d'un certain développement énergétique d'entretien, on peut dénoter *la façon dont le son se perpétue dans la durée* à partir d'un dispositif typologique mettant en relation les diverses particularités de la constitution morphologique du son. Ce dispositif peut être reconnu dans le tableau récapitulatif de la typologie — ou « TARTYP », que nous reproduisons ci-dessous (voir Tableau 1.3). Dans l'étude typomorphologique de l'objet sonore, Schaeffer prétend caractériser les événements sonores dans un système de coordonnées, l'abscisse correspondant à la facture, et l'axe de l'ordonnée à la masse sonore. Pour distinguer les divers éléments donnant forme à une telle configuration, il décrit les divers paramètres de la morphologie sonore, à savoir : la masse, le timbre harmonique, la dynamique, le grain, l'allure, le profil mélodique, le profil de masse, le profil pulsatoire, le profil de densité et le profil spatial.

²⁶⁸ *Ibid.*, p.275

²⁶⁹ Roy, S., *L'analyse des musiques électroacoustiques*, *Op.Cit.*, pp.52-53

²⁷⁰ Schaeffer, P., *Traité des objets musicaux*, *Op.Cit.*, p.401

typologie (TARTYP)							
Facture MASSE	Durée démesurée		Durée mesurée			Durée démesurée	
	Facture continue imprévisible	Facture continue nulle	Facture continue	Impulsion	Facture itérative	Facture nulle	Facture imprévisible
Masse fixe Tonique	En	Hn	N	N'	N''	Zn	An
Masse fixe complexe	Ex	Hx	X	X'	X''	Zx	Ax
Masse peu variable*	Eyn Eyx	Tx Tn	Yn Yx	Y'n Y'x	Y''x Y''n	Zyn Zyx	Ayn Ayx
Masse imprévisi- ble	E	T	W	F	K	P	A
	Mnp	Mn	Mgn	Mxn Mnx	Mgx	Mx	Mxb
Classes de masse	Son pur	tonique	groupe tonique	cannelé	groupe nodal	nœud	bruit blanc ou coloré
Masses génériques de la typomorphologi- e	Masse	tonique			Masse	complexe	
	---	---	---N---	---//---	---	---X---	---

Tableau I.3 Le Tableau récapitulatif de la typologie (Pierre Schaeffer)

Si la masse peut être décrite selon le taux d'inharmonicité des sons — comme nous pouvons le constater dans le TARTYP —, le timbre harmonique dénote l'enveloppe spectrale d'un son dans un moment donné. La dynamique est un indicateur qui vise à mettre en évidence le type d'attaque et d'évolution d'un son (comme, d'ailleurs, dans le système traditionnel de notation), tandis que le grain concerne l'état de rugosité de la matière dudit son. L'allure, de son côté, renvoie à la notion de variation périodique — *tremolo* et *vibrato* en sont des exemples —, et le profil mélodique « concerne le parcours mélodique exécuté par la fondamentale d'un son tonique [...] ou par la totalité du spectre des sons complexes²⁷¹ ».

Puis, le profil de masse exprime « la variation des composantes harmoniques d'un son doté d'une fondamentale fixe [...] ou d'une fondamentale qui varie indépendamment de son spectre ». Les profils pulsatoire et de densité caractérisent la structure de variation des sons dits itératifs : alors que le profil de densité rend compte de la contexture spectrale du son, le profil pulsatoire dénote une régularité sous forme de motif du débit de ses composantes. Finalement, le profil spatial renvoie au déplacement spatial continu d'un son. D'après le

²⁷¹ Roy., S., *L'analyse des musiques...Op.Cit.*, pp.54-57

musicologue Stéphane Roy, « il ne s'agit pas à proprement parler d'un profil de nature morphologique », étant donné que le déplacement n'y correspond pas.

Pour résumer, la typomorphologie avancée par Pierre Schaeffer vise à dévoiler, depuis une méthode phénoménologique, les paramètres qui appartiennent aux événements sonores s'avérant pertinents pour l'analyse. Néanmoins, à ce propos, le musicologue François Delalande²⁷² constate que cette pertinence analytique, bien que défendable, ne correspond point à ce qu'il nomme la pertinence perceptive, ce qui rend encore plus évident le paradoxe de l'*objet musical* schaefferien²⁷³. Toujours est-il que la typomorphologie avancée par Pierre Schaeffer met en lumière plusieurs critères acoustico-perceptifs qui s'avèrent essentiels pour l'étude prospective des diverses manifestations poétiques ayant trait à l'*organisation sonore* comme forme artistique. C'est pourquoi nous avons mis en place une méthodologie d'analyse à partir de ce dispositif pour la catégorisation sonore des éléments qui donnent forme aux CfPS, en tenant aussi compte des propositions postérieures, fondées sur les propositions théorétiques de l'un des pionniers de la musique concrète.

II.5.2 La spectromorphologie de l'événement sonore

S'appuyant sur les recherches de Pierre Schaeffer, le compositeur et théoricien Denis Smalley²⁷⁴ propose l'étude des événements sonores et de leur structure à partir de la dimension spectrale. Conçue pour l'analyse de la musique électroacoustique et acousmatique, cette méthodologie décortique les divers phénomènes sonores selon leurs caractéristiques intrinsèques — c'est-à-dire, à l'intérieur d'une pièce de musique conçue comme un système fermé —, ainsi qu'extrinsèques — à savoir, en référence aux événements qui se produisent dans un contexte extra-musical.

Dans le domaine des CfPS, ces deux niveaux s'avèrent complémentaires en ce que le *designer acoustique compositeur* compose à partir de leur association, visant à agencer les divers éléments de l'environnement sonore depuis une approche *musicale*. Les

²⁷² Delalande, F., « Pertinence et analyse perceptive » In *La Revue Musicale : Recherche musicale au GRM*, Paris : Richard-Masse, 1986, pp. 158-173. Cité par Roy, S., *L'analyse des musiques électroacoustiques : modèles et propositions*, Paris : L'Harmattan, 2003, p.57.

²⁷³ Nous aborderons ce sujet dans la deuxième partie de ce mémoire de thèse.

²⁷⁴ Smalley, D., « Spectro-morphology and Structuring Processes » In Emmerson, S. (éd.), *The Language of Electroacoustic Music*, New York : MacMillan Press, 1986, pp.61-93

caractéristiques spectromorphologiques des événements sonores peuvent dénoter la tendance que ces derniers ont dans une composition électroacoustique quelconque, et annoncent leur comportement relationnel en tant qu'unités à l'intérieur d'une structure plus complexe (la composition). Cette approche analytique détermine que les attentes spectromorphologiques sont dues à la tendance naturelle des auditeurs à associer les sons selon leurs sources présumées, et à les grouper en raison de leur proximité causale ; c'est ce que Smalley appelle *source-bounding*²⁷⁵. Il avance d'ailleurs une classification plus détaillée de cette tendance rapportée à la focalisation de l'écoute (*orders of surrogacy*) et en identifie quatre : a) de premier ordre, généralement non musicale et liée à l'identification quotidienne des sources sonores ; b) de deuxième ordre, concernant l'identification d'un son par un geste musical-instrumental : ici, on peut exemplifier une action performative pour simuler et imiter la production d'un son reconnaissable ; c) de troisième ordre, en référence à un son dont le type ou geste paraît familier mais dont le résultat ne l'est point, et d) de « subrogation vague » (*remote surrogacy*), rapportée à l'identification d'un son peu familier qui n'est attaché à aucun geste reconnaissable. Il n'est pas inintéressant de mettre en évidence la corrélation inverse entre cette classification et les stratégies d'écoute avancées respectivement par Barry Truax et François Delalande et exposées plus haut.

De manière générale, la spectromorphologie propose une typologie spectrale tripartite pour l'identification des phénomènes sonores, à savoir la note, le nœud et le bruit²⁷⁶. De même, elle énonce une correspondance entre cette typologie spectrale et des archétypes morphologiques en correspondance avec la typomorphologie schaefferienne : 1) l'attaque-impulsion, 2) l'attaque-atténuation fermée, 3) l'attaque-atténuation ouverte, et 4) l'entretien gradué²⁷⁷. Ces derniers renvoient à la phase temporelle d'une « unité morphologique » (notamment l'attaque, l'entretien et la fin), et servent de base à l'élaboration de divers modèles ou types morphologiques dans une perspective combinatoire. Cela étant, les événements sonores peuvent ensuite être appréhendés en tant que structures spectromorphologiques, permettant ainsi d'étudier les « relations implicatives » à l'intérieur d'une composition électroacoustique²⁷⁸, puisque, d'après Smalley, tant les processus directionnels que le mouvement à l'intérieur d'une pièce sont étroitement liés aux attentes auditives, de même qu'aux stratégies de composition, toutes

²⁷⁵ Smalley, D., « Defining Timbre, Refining Timbre » In *Contemporary Music Review* Vol. 10, Part 2. London: Harwood, 1994

²⁷⁶ Roy, S., *Op.Cit.*, p.166

²⁷⁷ *Ibid.*, p.167

²⁷⁸ Smalley, D., *Spectro-morphology and Structuring Processes*, *Op.Cit.*, p.75

deux indispensables à la fonctionnalité de la musique électroacoustique. Sur la base d'une typologie rapportée au mouvement sonore, Smalley caractérise les processus de mouvement et de croissance²⁷⁹ dans le domaine de la composition électroacoustique pour ensuite présenter un ensemble de fonctions structurales, rapportées à la phase temporelle des unités morphologiques. Pendant le processus d'écoute, les diverses fonctions structurales seront identifiées par l'auditeur selon la phase temporelle de chaque unité morphologique. D'après Smalley, ces fonctions restent assez ambiguës puisqu'elles varient selon l'auditeur. Cependant, elles peuvent être classifiées comme suit ²⁸⁰ :

Phase temporelle	Fonctions structurales				
Attaque	Temps fort	Anacrouse	Soulèvement	Émergence	Approche
Entretien	Conservation	Exposition	Prolongation	Transition	—
Fin	Arrêt	Immersion	Chute	Résolution	Fermeture

Tableau II.4 Les fonctions structurales spectromorphologiques

Pour rendre explicite le lien tissé entre la phase temporelle des unités morphologiques et leur éventuelle fonctionnalité, Smalley indique qu'une véritable autonomie des événements sonores n'est pas en règle avec la réalité musicale. Son avis est qu'il serait presque impossible que divers événements sonores ayant lieu simultanément ne soient pas associés ou reliés, car, dans un contexte musical, leur simple coexistence sous-entend une relation de connexité²⁸¹. Cette affirmation s'avère indispensable pour essayer de comprendre la nature poétique au sein des *CfPS*.

II.5.3 Les modes relationnels spectromorphologiques

Compte tenu de ce qui précède, on peut convenir que, dans un contexte musical — qu'il soit *provoqué* dans une composition ou *voulu* pendant l'écoute—, la contiguïté des unités morphologiques peut leur attribuer une filiation relationnelle dans le processus de

²⁷⁹ Smalley, D., « Spectro-morphology : Explaining sound-shapes » In *Organised Sound*, 2, 1997, pp.107-126, [en ligne depuis le 19 juillet 2001], site consulté le 29 octobre 2015.

²⁸⁰ Pour la mise en forme de ce tableau, nous avons eu recours aux traductions terminologiques réalisées par Roy, S., *L'analyse des musiques électroacoustiques*, *Op.Cit.*, p.184, note n° 29.

²⁸¹ « True independence is not a musical reality. It is rare if not impossible for simultaneously existing events to be unrelated, simply because placing them together in a musical context confers connection upon them ». Smalley, D., *Spectro-morphology and Structuring Processes*, *Op.Cit.*, p.88.

représentation auditive. À cet égard, Smalley identifie trois catégories ou modes relationnels, à savoir : l'*interaction*, l'*interpolation* et la *réaction*²⁸². L'*interaction* est une relation égalitaire entre diverses unités morphologiques, interagissant de manière collaborative (ou coopérative). Il s'agit d'une interdépendance entre des unités ayant un destin commun, « comme dans les progressions par *mutation* caractérisées par un changement morphologique progressif entre deux états distincts²⁸³ ». Aussi appelée *égalité*, ce mode relationnel peut être de convergence, de réciprocité ou de mutation. De son côté, l'*interaction* par *réaction* renvoie à la notion de causalité et indique « une certaine résistance aux changements morphologiques ». Elle indique un mode relationnel d'inégalité entre les unités morphologiques et peut faire état d'une causalité, d'une compétition ou bien d'un déplacement entre deux ou plusieurs unités. En revanche, l'*interpolation* a à voir avec l'idée d'un *changement inattendu* durant le déroulement d'une unité, ou bien d'une chaîne d'unités. Elle signale donc une interruption dans l'enchaînement des unités morphologiques. Finalement, la *réaction* rend compte d'un modèle causal et/ou concurrentiel qui détermine une « certaine résistance aux changements morphologiques²⁸⁴ » entre les diverses unités sonores.

L'approche spectromorphologique propose une classification typologique pour la description des progressions acoustiques. Elle le fait néanmoins à partir d'un découpage des unités structurales selon de critères fonctionnels (exposés au tableau 5) tout en décrivant leur interrelation à partir de processus dynamiques — tels que l'*interpolation*, la convergence ou la mutation —, « et non à partir de l'état des unités morphologiques²⁸⁵ » comme on aurait pu s'y attendre. Par ailleurs, force est de constater qu'il s'agit d'une approche très convenable pour une étude typologique ayant trait à la perception, de même qu'elle concorde avec les lois de la Gestalt-théorie déjà exposées au préalable.

II.5.4 La morphologie des événements sonores au sein de la CfPS

Dans le domaine des *CfPS*, le *processus de sélection d'éléments convenables* — pour reprendre la terminologie de Pierre Schaeffer —, passe, certes, par la transcontextualité. Autrement dit, ce sont majoritairement les événements acoustiques ayant une signification extrinsèque qui seront considérés comme des matériaux appropriés pour la mise en forme

²⁸² *Ibid.*

²⁸³ Roy, S., *L'analyse des musiques électroacoustiques...Op.Cit.*, p.173

²⁸⁴ *Ibid.*

²⁸⁵ *Ibid.*, p.176

d'une composition musicale fondée sur le paysage sonore. Néanmoins, lorsqu'on vise à dévoiler les mécanismes de composition musicale — et plus précisément, les critères d'agencement harmonique inhérents aux stratégies de la *CfPS*, la transcontextualité des événements sonores se voit reléguée au second plan : le paramètre qui devient essentiel pour le repérage des unités morphologiques ayant une fonctionnalité au sein des *CfPS* est alors le caractère *saillant* des divers événements sonores, étant donné sa prédominance dans les diverses stratégies d'écoute.

Certainement, cette forme de création artistique est très attachée aux valeurs connotatives et dénotatives des éléments de l'environnement sonore : il n'est pas étonnant que, d'après Schafer lui-même, le *paysage sonore* s'avère la notion la plus importante de la théorie de l'écologie acoustico-sonore, en ce que, tout compte fait, un événement sonore n'est reconnaissable que s'il peut être rapporté à l'environnement²⁸⁶. Pareillement, l'engagement politique "écologiste" des *designers acoustiques* s'avère essentiel aux perspectives et attentes tant esthétiques qu'éthiques au sein de l'écologie sonore. Cependant, il n'en demeure pas moins que la *CfPS* est une forme de création sonore-musicale répondant à des critères compositionnels de la musique électroacoustique : même lorsqu'on a affaire à des 'codes' transférant des valeurs dénotatives ou connotatives aux sons²⁸⁷, les *CfPS* satisfont également aux critères musicaux d'agencement et de combinaison syntaxique sonore. De ce fait, l'étude des divers éléments constituant l'espace composé d'une *CfPS* peut faire appel à des méthodologies descriptives et de classification qui s'avèrent conformes aux principes perceptifs de cohérence.

²⁸⁶ « Among Schafer's [...] main features of soundscape, 'soundscape' is the most important. This feature is essentially an auditory landmark: a sound that is uniquely and recognizably related to a particular location and/or culture. » Deng, Z. et al., « Soundscape composition as new music genre » In *Proceedings of ICEM*, 23-25 March 2015, p.2.

²⁸⁷ Le sémiologue Ute Jekosch considère que les valeurs conférées aux événements sonores par Schafer sont des signes et des codes musicaux propres à un système de codification esthétique. Pour approfondir, voir Jekosch, U., « Assigning meaning to Sounds-semiotics in the context of product-sound design » In Jens Blauert (Ed.) *Communication acoustics* (pp. 193-222). New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005.

Conclusion de la première partie

La *CfPS* est définie comme une forme de création musicale électroacoustique, dont les matériaux de base sont issus principalement de l'environnement sonore. Selon les principes de l'écologie acoustico-sonore, il faut « appréhender le sonore », au moyen d'un processus de clairaudience — axé sur la distinction des divers sons selon leur source —, afin d'apprécier à sa juste valeur le paysage sonore. Les tentatives de développer l'écoute aux fins de pouvoir distinguer les divers éléments qui constituent un environnement sonore (design acoustique) dépendent fortement de la stratégie d'écoute adoptée, laquelle dépend à son tour des habitudes d'écoute de l'individu (Truax 1984). La stratégie d'écoute conditionne la capacité à discerner la composition interne d'un paysage sonore et varie d'un individu à l'autre. Or, le niveau d'attention ayant trait à une stratégie d'écoute attentive — c'est-à-dire, dans une volonté de compréhension — peut être identifié comme une conduite d'écoute a) taxinomique — lorsqu'on vise à saisir une image perceptive générale, b) empathique — lorsque l'attention est axée sur des sensations à caractère physiologique, et/ou c) figurative — lorsqu'on cherche à trouver des indices dans la musique (Delalande 2013).

Le concept de paysage sonore se rapporte à une expérience d'emplacement dans un espace sonore donné. Donc, il soulève des questions quant à la relation entre les éléments sonores et leur structuration. Lorsqu'on parle de paysage sonore, on fait allusion au besoin de disposer d'une nouvelle manière de comprendre le *fait sonore* comme un phénomène dynamique rapporté à l'environnement tant au niveau physique (*lieu*) qu'au niveau social et culturel (*communauté*). De ce fait, l'espace sonore n'est pas seulement compris dans sa dimension de projection, mais aussi dans une perspective plus large qui tient compte de diverses notions multidimensionnelles rapportées à la complexité (Krause 2015). Plus précisément, la question de l'espace sonore concerne tant la configuration spatiale au niveau global et local (Camilleri 2005), que le binôme espace / acoustique rapporté à la notion de communauté (Schafer 1977) et l'idée d'un « milieu » affecté par d'indices (Dufourt 2014).

Par ailleurs, le théoricien fondateur de l'écologie sonore avance une typologie visant à caractériser les éléments constitutifs du paysage sonore selon leur référentialité (Schafer 1977). Cette première classification consiste en trois types d'événements acoustiques, à savoir a) les sonorités maîtresses, b) les sons à valeur signalétique, et c) les marqueurs sonores, dont le rôle varie fondamentalement selon le principe gestaltiste figure/fond et la distribution spatiale de chaque événement sonore à classifier. Postérieurement, Schafer

propose de compléter la typologie du paysage sonore (tableau 1.1) selon la source des événements acoustiques (Schafer 2011), dans le but d'identifier les repères sonores qui caractérisent une communauté spécifique. Dans ce contexte, le processus d'écoute peut être modélisé selon deux modalités d'attention auditive (Truax 1984), dans le respect du principe gestaltiste de détection des différences et en accord avec les préceptes de séparation et d'organisation auditives (Bregman 1994 ; McAdams 2015).

En tant que Gestalt, le paysage sonore s'articule en plusieurs unités ou événements acoustiques autonomes. Il peut être envisagé comme une forme musicale cohérente, selon la stratégie d'écoute adoptée par l'auditeur. La complexité du paysage sonore peut être mise en évidence selon le modèle de transfert d'énergie (Truax 1984), dans une logique communicationnelle de transmission acoustique où le son assure la médiation entre le soi et l'environnement. Dans ce modèle, le rapport entre le son et l'environnement est étudié depuis une approche centrée à la fois sur le traitement sonore et sur les principes de la psycho-acoustique. Cette approche met en valeur le caractère multidimensionnel de l'environnement sonore (en tant que système complexe) et ouvre la voie à l'étude fonctionnelle du paysage sonore. En tant que structures de représentation (Bregman 1971), les événements du paysage sonore peuvent être considérés comme des objets acoustiques dont le rôle est de connotation ou de dénotation. Puis, les caractéristiques morphologiques des événements sonores peuvent dénoter la tendance que ces derniers ont dans le paysage sonore, en accord avec le principe spectromorphologique de *source-bounding* (Smalley 1994). Ainsi, la fonctionnalité des événements sonores peut être mise en évidence selon la tendance naturelle d'association acoustique chez l'auditeur — dans un ordre décroissant selon le niveau de focalisation de l'écoute.

Ayant étudié les préceptes de l'écologie acoustico-sonore donnant lieu à cette forme très spécifique de création musicale, nous mettons en relation les principes régissant la séparation auditive — sur la base de la Gestalt-théorie, et deux systèmes de classification que nous considérons pertinents pour l'analyse des *CfPS*, à savoir la typomorphologie de l'objet sonore et la spectromorphologie des unités convenables. D'une part, la typomorphologie vise à décrire les formes sonores *typiques* selon leur structuration de *masse* et de *facture* (Schaeffer 1966 : 275). Il s'agit d'un dispositif qui cherche à classer les événements acoustiques appellatifs selon leur allure temporelle et leur *matière sonore*. D'autre part, la spectromorphologie couvre l'étude des événements sonores et de leur structure dans une perspective combinatoire, à partir de la dimension spectrale. Sur la base d'une typologie du mouvement sonore, cette approche implique un ensemble de fonctions structurales selon trois modes relationnels qui rendent compte des diverses progressions

acoustiques, à savoir : a) le mode de relation égalitaire ou d'*interaction*, selon lequel les unités interagissent de manière collaborative ; b) le mode de changement inattendu ou d'*interpolation*, qui signale une interruption dans le continuum sonore, et c) le mode de *réaction* selon lequel les unités résistent au changement au niveau morphologique (Smalley 1997).

Premier interlude

« [...] we should notice that music often tries to fool the auditory system into hearing fictional streams. In natural environments, the principles that govern auditory scene analysis have evolved to build perceptual representation of the distinct sound-emitting events of our environment: the wind, a person talking, [...] There are individual events in music too [...]. However, music does not always want these to be the basic units of our experience. [...] In order to get sounds to blend, the music must defeat the scene-analysis processes that are trying to uncover the individual physical sources of sound²⁸⁸ ».

Après avoir donné un aperçu général des différents concepts théoriques engagés dans l'étude du paysage sonore et des *CfPS*, nous présentons dans ce qui suit une méthodologie d'analyse musicologique qui répond aux spécificités, aux exigences et aux contraintes de l'écologie acoustico-sonore. Pour ce faire, nous formulons l'hypothèse que, dans un premier temps, le processus de *clairaudience* présuppose une appréciation musicale axée sur les caractéristiques indicielles et morphologiques du son, ces dernières étant déterminantes dans le processus cognitif de discernement esthétique.

Dans ce contexte, nous proposons une approche analytique en deux étapes complémentaires : une première, centrée sur le recensement du répertoire de *CfPS*, compte tenu de l'identité et du caractère idiolecte des œuvres ; une deuxième, axée sur la caractérisation et la classification des matériaux sonores caractéristiques, le but étant d'identifier les propriétés sonores qui particularisent cette forme de création.

²⁸⁸ Bregman, A., *Auditory Scene Analysis: The Perceptual Organization of Sound*. Cambridge (Mass.) London: MIT press, 1990, pp.457-458

Deuxième Partie

III. L'analyse des compositions fondées sur le paysage sonore

Compte tenu des préceptes de l'écologie acoustique, le paysage sonore s'entend comme étant un continuum sonore complexe dont la qualité éco-acoustique est fortement dépendante des éléments référentiels qui le constituent. Ainsi, l'idée d'un paysage « hi-fi » suppose l'organisation cohérente de divers éléments acoustiques appartenant au paysage en tant qu'environnement *organisé*, tandis que l'idée d'un paysage « lo-fi » sous-entend une incompatibilité entre lesdits phénomènes. Or, quelle que soit sa qualité ou *fidelity*, le concept de paysage sonore dénote la coexistence entre un temps continu « qui considère le phénomène à tout instant²⁸⁹ », et un temps adapté aux interruptions et aux discontinuités. Cela correspond à l'expérience musicale du paysage sonore en tant que construction qui dénote une cohérence. Se pose alors une question essentielle : est-il possible de déterminer les conditions de pertinence acoustique du point de vue musical, depuis une perspective poïétique ?

L'analyse des *CfPS* suppose d'affronter l'ambivalence temporelle qui détermine cette forme d'art, caractérisée par l'existence de deux temps discrets, « l'un exogène qui fait apparaître les variations régulières des caractéristiques continues ou discontinues d'une période à l'autre, l'autre endogène, particulièrement adapté à l'étude des systèmes à mutations aléatoires, qui ne considère le phénomène qu'aux instants où se produisent les discontinuités²⁹⁰ ». Alors, la discontinuité s'avère un élément porteur de forme en ce qu'elle dévoile les points d'articulation dans un continuum sonore. Nous formulons l'hypothèse que les diverses stratégies de composition fondée sur le paysage sonore répondent à une volonté artistique d'agencement des matériaux sonores saillants, au niveau strictement morphologique. Cela signifie aller au-delà des principes de classification sonore prônés au sein de l'écologie acoustique pour analyser le paysage sonore d'un point de vue *fonctionnel*. Par conséquent, nous mettons en place une méthodologie d'analyse répondant aux particularités de la *CfPS*, cherchant à savoir quels sont les critères d'analyse

²⁸⁹ Miereanu, C. « Stratégies du discontinu. Vers une forme musicale accidentée », *Les universaux en musique : actes du quatrième Congrès international sur la signification musicale*, Paris : Publications de la Sorbonne, 1998, p. 32

²⁹⁰ Couprie, P., *La visualisation du son et de ses paramètres pour l'analyse de la musique acousmatique* (Ouvrage original). *Dossier d'habilitation à diriger des recherches*, Paris : Institut de recherche en Musicologie, Université Paris-Sorbonne, le 28 Novembre 2015, p.70.

applicables aux fins d'étudier l'ensemble d'événements acoustiques qui structurent le paysage sonore de manière musicale.

Nous proposons d'analyser le paysage sonore depuis une approche tant perceptive que syntaxique, en ayant recours à l'étude des *CfPS* aux niveaux *poïétique* et *esthétique*. Au niveau *poïétique* — c'est-à-dire du point de vue du compositeur —, nous proposons d'aborder l'étude du paysage sonore en tant que système d'*intégration séquentielle*²⁹¹ d'événements morphologiquement divers, agencés de manière cohérente et narrative. En revanche, au niveau *esthétique* — correspondant à l'auditeur et son point de vue —, nous proposons de décrire le continuum sonore selon une heuristique dynamique — aussi connue sous le nom de *Old-Plus-New Heuristic*²⁹² — qui vise à appréhender l'environnement sonore dans une logique de séparation et d'association des événements caractéristiques selon leur distribution dans le paysage sonore²⁹³. L'analyse au niveau *esthétique* implique le repérage de divers événements proéminents dans l'écoute (III.2.1) — dans une logique analytique paramétrique visant à distinguer les événements les uns des autres (III.3). Complémentairement, l'analyse au niveau *poïétique* suppose la classification hors-temps des matériaux saillants, afin d'explicitier leur fonctionnalité musicale (III.2.2). Ainsi, nous essayons de comprendre la mécanique d'agencement des événements sonores dans un système qui intègre à la fois le continu — le *fond* du paysage sonore —, et le discontinu — à savoir, les événements saillants²⁹⁴. Cette perspective méthodologique requiert une étape de repérage (chapitre III.2.3), de classification (chapitre III.3) et de caractérisation des matériaux sonores (III.4).

Puis, cette perspective suppose aussi l'étude heuristique des *conditions de saillance* (III.5.4), le but étant d'identifier les particularités acoustiques pertinentes au sein de la *CfPS*, pour connaître leur système d'imbrication musicale (chapitre III.5.4).

²⁹¹ D'un point de vue sémiologique, nous pouvons considérer que l'acte poïétique de composition fondée sur le paysage sonore cherche à donner du sens aux phénomènes acoustiques (ou à dénoter leur sens contextuel), raison pour laquelle nous remployons le terme d'intégration séquentielle, avancé par Albert Bregman dans son ouvrage *Auditory Scene Analysis, Op.Cit.*, pp.47-50

²⁹² Bregman, A., *Auditory Scene Analysis, Op.Cit.*, p.222

²⁹³ « The old-plus-new heuristic might be restated as follows: "Look for a continuation of what went before and then pay attention to what has been added to it." We must remember that the new thing that gets added might conceivably contain components at some of the same frequencies as the earlier sound. If the auditory system took away all the frequencies that matched those it had heard earlier it might take away too much. » Bregman, A., *Op.Cit.*, pp.224

²⁹⁴ Comme nous le verrons plus loin, le rapport du continu et discontinu en musique s'avère essentiel pour l'établissement d'une méthodologie analytique pertinente.

À ce propos, l'étude des similarités au niveau morphologique nous permet de rendre évidente l'*identité* des matériaux, ainsi que leurs rapports d'équivalence. C'est pourquoi nous proposons d'aborder la classification des matériaux saillants depuis une approche d'analyse paradigmatique, (chapitre III.3). Ensuite, nous présentons quelques outils de description acoustique, le but étant de chercher une corrélation entre l'organisation des événements préalablement caractérisés et les valeurs de description acoustique (III.6.1). De même, nous abordons la question de la fonctionnalité selon les possibles niveaux de hiérarchie (chapitre III.4.3), en ayant pour finalité d'identifier les potentiels éléments paramétriques et non-paramétriques qui régissent la syntaxe musicale au sein de la *CfPS*.

Parallèlement, nous abordons la question de la consolidation d'un corpus représentatif des *CfPS* (section III.5.3). Sur ce point, nous avançons une méthodologie centrée sur deux axes de sélection. Dans un premier temps, nous étudions un répertoire d'œuvres dont les matériaux sont issus de l'environnement sonore, sur la base des informations bibliographiques relatives à l'écologie acoustique. Dans un second temps, nous mettons en œuvre une approche fondée sur la caractérisation des matériaux saillants, pour consolider un corpus d'étude assez restreint aux fins de procéder à une analyse correcte — axée sur les particularités morphologiques et les relations structurales au sein d'un paysage sonore. Ce deuxième axe comporte un descriptif du répertoire fondé sur le paysage sonore, de même qu'une étape de recherche discographique centrée sur les caractéristiques qui définissent la *CfPS*.

Enfin, nous avançons un dispositif de segmentation permettant d'analyser l'articulation entre les divers matériaux saillants qui structurent la *CfPS*.

III.1 Source sonore et morphologie. Entre le continu et le discontinu

L'utilisation musicale du paysage sonore sous-entend la coexistence de deux temps discrets : d'une part, le temps « exogène qui fait apparaître les variations régulières des caractéristiques continues ou discontinues d'une période à l'autre²⁹⁵ » ; d'autre part, le temps endogène, « particulièrement adapté à l'étude des systèmes à mutations aléatoires, qui ne considère le phénomène qu'aux instants où se produisent les discontinuités²⁹⁶ ». Ces deux temporalités composent l'expérience phénoménologique des *CfPS*, en même temps qu'elles dénotent « [l']ambivalence analytique entre une analyse formelle [...] et une analyse orientée sur l'étude seule des discontinuités²⁹⁷ ».

Or, en prenant en considération les préceptes de la théorie gestaltiste, nous considérons qu'il est possible d'envisager une analyse cohérente à deux niveaux rendant compte des deux temporalités. D'abord, nous constatons que les instants de discontinuité favorisent la création de représentations auditives. Alors, nous inférons que les discontinuités s'avèrent un élément porteur de forme (au niveau global) en ce qu'elles dévoilent les points d'articulation dans un continuum sonore. Puis, nous déduisons qu'elles sont un facteur essentiel pour rendre compte de la structure musicale des *CfPS*, ce qui va de pair avec le soin de classification typomorphologique exposé au chapitre précédent. Ensuite, nous inférons que la structure globale d'une *CfPS* peut être appréhendée en relation avec la logique paramétrique des éléments référentiels.

Au titre de ce premier point, le compositeur Wyschnegradsky²⁹⁸ indique que « [...] les continuums, au même titre que les non-continuums [...] doivent être considérés comme des *qualités sonores autonomes* qui n'ont besoin d'aucune interprétation ni d'aucune justification extra-musicale²⁹⁹ ». De ce point de vue, les stratégies de composition musicale peuvent être définies comme des « mécanismes de cohésion sonore » au moyen desquels le compositeur agit *syntactiquement* aux fins de mettre en ordre les matériaux sonores qu'il a choisis. L'auteur de *La loi de la pansonorité* (1953) affirme que « [...] le langage musical

²⁹⁵ Couprie, P., *La visualisation du son et de ses paramètres... Op.Cit.*, pp.70

²⁹⁶ *Ibid.*

²⁹⁷ *Ibid.*

²⁹⁸ Si nous citons Wyschnegradsky, c'est parce qu'il « [...] est un des premiers compositeurs à avoir problématisé le rapport du continu et du discontinu en musique, d'un point de vue théorique, de façon rigoureuse tant au niveau d'une méthode d'investigation, qu'au niveau des fondements scientifiques et philosophiques ». Criton, P., « Espaces Sensibles », In Chouvel, J.-M., *L'espace : Musique/Philosophie*, Paris : L'Harmattan, 1998, p.129.

²⁹⁹ Wyschnegradsky, I., *La loi de la pansonorité*, Genève : éditions Contrechamps, 1996, p.110

est le facteur purement technique opposé au facteur spirituel qu'est la conception artistique³⁰⁰ » et que le langage musical ne correspond pas aux « sons musicaux [...] mais [...] [plutôt à] la manière de rassembler les sons musicaux afin d'en faire une œuvre d'art musicale³⁰¹ ». Dans cette perspective, le langage musical peut être rendu explicite depuis une approche nettement syntaxique, puisque l'action sonore est « signifiante par elle-même, perçue et considérée dans ses dimensions spécifiques (matière, couleur, grain, texture) [...]»³⁰².

Nous envisageons de nous employer à développer une méthodologie d'analyse axée sur ces dimensions acoustiques, afin d'appréhender les diverses stratégies de composition fondée sur le paysage sonore. Cependant, force est de constater que nous avons affaire à un double caractère de la *CfPS*, qui touche tant à la *référentialité*³⁰³ des événements sonores, qu'à leur fonctionnalité morphologique. Si, d'une part, la notion de *paysage sonore* implique un ensemble d'événements cohérents faisant partie d'un environnement donné³⁰⁴, d'autre part, l'idée de *composition* sous-entend une potentialité de manipulation et de transformation. La notion de composition fondée sur le paysage sonore insinue donc l'imbrication entre ces deux aspects, dénotant la capacité de manipuler les événements de l'environnement sonore dans un acte poétique d'agencement et d'ordonnement sonore-musical. Conséquemment au niveau esthétique, une difficulté additionnelle tient au fait que, une fois identifiés de par leur source, les événements sonores auront la faculté *musicale* de s'en distancier — lors de procédés de manipulation électroacoustique —, sans pour autant compromettre leur identifiabilité perceptive initiale. Alors, le problème de l'identification des sources est diamétralement opposé à la question de la compréhensibilité musicale — c'est-à-dire, à l'intelligibilité des phénomènes sonores en tant qu'unités structurantes —, puisque comme l'a indiqué le musicologue Alessandro Arbo, « [...] comprendre un objet/signe musical veut dire saisir sa signification à l'intérieur d'un système de relations [qui] [...] requiert du récepteur/auditeur des compétences et des

³⁰⁰ *Ibid.* Il convient de noter que la conception artistique est entendue comme une *action sonore*. Pour approfondir, voir Leroux, P. et Bruno, C., « Musique Contemporaine : Une solution de continuité », In Cohen-Levinas, D. (textes réunis par), *La Création après la musique contemporaine*, Paris : L'Harmattan, 1999, pp.23-40

³⁰¹ *Ibid.*, pp.4-5

³⁰² Leroux, P. et Bruno, C., *Op.Cit.*, p. 30

³⁰³ Par référentialité, nous entendons « un système de repérage permettant de situer un événement dans l'espace » (Dictionnaire Encyclopédique Larousse en ligne, consulté le 13 mars 2018). Cette notion nous renvoi au caractère dénotatif d'une chose.

³⁰⁴ Truax, B., *Acoustic Communication*, *Op.Cit.*, p.207

connaissances relatives aux codes et aux contextes dans lesquels un tel objet/signe a été composé³⁰⁵ ».

Cela nous amène à la déduction que, dans le domaine de la *CfPS*, la *morphologie* s'avère être une dimension insubordonnée de la *source* acoustique : si, d'une part, la morphologie guide le processus de composition et détermine la qualité musicale des événements sonores, d'autre part, la source sonore sert de guide d'écoute chez l'auditeur en ce qu'elle lui amène vers une perception référentielle du paysage sonore³⁰⁶. Grâce à cette perception, le caractère écologique des *CfPS* peut être expérimenté et observé à deux niveaux, et de ce fait, les *CfPS* se singularisent comme une forme très spécifique de composition qui juxtapose ces deux dimensions du paysage sonore, tout en privilégiant au niveau poétique le développement des matériaux sonores dans leur dimension *morphologique*.

³⁰⁵ Arbo, A., « Comprendre la musique, entre esthétique(s) et sémiologie(s) » In Chauvel, J.-M. et Hascher, X. (sous la direction de), *Esthétique & cognition*, Paris : Publications de la Sorbonne, 2013, p. 40

³⁰⁶ Nous reviendrons sur le sujet aux chapitres III.4 et III.6

III.2 Méthodologie d'analyse et pertinence

Comme nous l'avons vu, l'analyse musicale des *CfPS* tient au problème de l'implication des éléments référentiels dans la création d'images auditives *musicales*. Son étude exige la mise en relation des préceptes de l'écologie acoustique avec des stratégies *syntaxiques* de composition et d'agencement musical. Si, d'un côté, on peut étudier le répertoire des *CfPS* au moyen de spécifications référentielles visant à déceler des *réseaux de signification complexes*³⁰⁷ — eu égard des principes théorétiques de l'écologie acoustique —, de l'autre côté, il n'est pas possible de les rendre intelligibles au niveau poïétique sans avoir à tenter un découpage en *unités perceptives*³⁰⁸.

Ceci entraîne notamment la nécessité de définir le paysage sonore comme un système d'*objets et structures* —pour reprendre la terminologie schaefferienne—, et plus précisément, de disposer d'une unité morphologique en tant que notion servant à aborder l'étude structurelle des *CfPS*. Comme nous l'avons exposé dans la première partie, en ce qui concerne l'écoute des *CfPS*, on est censé tisser un réseau de significations liant le continuum musical composé aux éléments extra-musicaux au niveau cognitif — éléments gardés dans la mémoire sous la rubrique d'indices sonores. Cela exige une division de « la chaîne sonore aux discontinuités énergétiques³⁰⁹ » depuis une approche gestaltiste qui, tout en respectant la loi de la continuité, produise une « procédure de délimitation » très spécifique, fondée sur « la règle d'articulation-appui³¹⁰ ». Puis, comme l'a souligné le musicologue Alessandro Arbo, « [d]ans une écoute musicale, nous avons affaire à des objets, voire des événements ou des processus sonores dont l'identité est reconnue par un groupe, une collectivité ou un ensemble de personnes qui partagent une culture et, dans une certaine mesure, un vocabulaire spécifique³¹¹ ». Néanmoins, même si l'identité des événements peut être reconnue de manière homogène dans une communauté acoustique, le processus perceptif de création de représentations auditives est d'une toute autre nature. À ce propos, nous considérons pertinent ce que Pierre Couprie signale, à savoir qu'« un son peut être perçu dans le continuum musical mais, ce qui va le mettre en relief — faire qu'il va devenir une *pertinence* interférant dans la perception de la forme — sera sa

³⁰⁷ Couprie, P., *La musique électroacoustique : analyse morphologique et représentation analytique*, thèse de doctorat, Université de Paris IV, Sorbonne, 2003, pp.116-117

³⁰⁸ Delalande, F., *Analyser la musique, pourquoi, comment ?*, INA éditions, / coll. Ina EXPERT, 2013, pp.124-125

³⁰⁹ Delalande, F., *Analyser la musique... Op.Cit.*, p.30

³¹⁰ Schaeffer, P., Reibel G., *Solfège de l'objet sonore* (1967), Paris : Ina/GRM, réédition 1998.

³¹¹ Arbo, A., *Comprendre la musique, entre esthétique(s) et sémiologie(s)...* *Op.Cit.*, p. 31.

morphologie *ou* sa relation avec une source réelle ou imaginaire³¹² ». Autrement dit, la perception auditive est guidée par certains éléments attirants qui, quant à eux, sont identifiables de par leurs caractéristiques morphologiques.

De ce fait, nous devons partir du constat que la perception musicale des *CfPS* est guidée et conditionnée par la relation entre les divers éléments saillants qui structurent le continuum sonore, dans une logique gestaltiste très explicite. Conséquemment, même si l'*identité* des événements acoustiques — pour reprendre le terme de Arbo — dépend profondément de leur transcontextualité au niveau perceptif, nous devons prendre en compte que ce sont les caractéristiques morphologiques du son qui vont permettre au compositeur de sélectionner, ordonnancer et choisir la “matière sonore” pendant le processus de création. Sur ce dernier aspect, nous pouvons arguer que l'analyse doit mettre l'accent sur la morphologie des événements sonores, aux fins de comprendre les stratégies de composition fondée sur le paysage sonore, à la fois qu'elle doit être axée sur l'aspect référentiel des matériaux, dans le but de dénoter leur nature narrative.

Une autre question clé doit par ailleurs être posée : est-il possible de déceler des *réseaux de signification complexes* qui structurent les *CfPS* à partir d'un découpage en unités ? À cet égard, il nous semble pertinent d'évoquer les idées liminaires portées par l'analyste et compositeur Rudolph Réti (1951), concernant le dynamisme structurel au sein de la composition musicale³¹³. Dans une quête théorique dans le domaine de la musicologie, Rudolph Réti défend l'idée que le dynamisme structurel de la musique ne peut être discerné qu'à partir de l'étude de « l'évolution détaillée du matériau musical au niveau microscopique³¹⁴ », ce qui pour nous s'avère être très proche de la notion de morphologie. Puis, il déclare que « [...] le véritable dynamisme structurel d'une composition, la “forme” au sens le plus fort du terme, ne peut être conçue que *par la compréhension, en un mouvement concerté, des groupes et proportions du façonnement extérieur d'une part, et de l'évolution thématique d'autre part*³¹⁵ ». Corrélativement, lorsque Pierre Schaeffer définit l'appareillage structurant l'écoute— appuyé sur la phénoménologie de Husserl, il déclare que l'objet sonore est immanent (contenu dans sa propre nature) en ce « qu'il

³¹² Couprie, P., *La musique électroacoustique...*, *Op.Cit.* C'est nous qui soulignons.

³¹³ Certes, loin de la musique électroacoustique, Réti s'est consacré à l'étude théorique de la musique instrumentale occidentale de tradition écrite. Cependant, il défend dans ses propos le principe de *dynamisme structurel* que nous considérons fort pertinent en matière de la *CfPS*.

³¹⁴ Lartillot, O., « Analyser sans réduire : un modèle cognitif d'induction d'analogies » In Chouvel, J.-M et Lévy, F. (textes réunis par), *Observation, Analyse, Modèle : Peut-on parler d'art avec les outils de la science ?*, Paris : Ircam, 2002, pp 197-198

³¹⁵ *Ibid.*, p.197

constitue une *unité intentionnelle*, correspondant à des *actes de synthèse* », et qu' « il ne s'en présente pas moins comme *transcendant*, dans la mesure où il demeure le même, à travers le flux des impressions et la diversité des modes [de perception]³¹⁶ ». De ce point de vue, lorsqu'on vise à saisir le caractère syntaxique des *CfPS* pour comprendre quelles sont les stratégies de composition derrière ces œuvres, il s'avère convenable de parler d'*unités perceptives* en tant qu'*unités morphologiques*, afin de décrire l'organisation du champ perceptif qui oriente notre expérience musicale au niveau poïétique, sans risquer de tomber dans le réductionnisme de l'objet sonore³¹⁷.

Pour adapter ces notions au domaine qui nous occupe, l'analyse des *CfPS* doit prendre en considération deux éléments, à savoir 1) la multiplicité de dimensions acoustiques potentiellement *thématiques*, et 2) l'existence de *groupes de façonnement extérieur*³¹⁸ — ce qui nous renvoie à la notion schaefferienne d'une musique faite d'objets et de structures.

Comme nous le verrons plus loin, l'heuristique avancée par Réti dans les années 1950 a débouché *a posteriori* sur la définition d'une nouvelle proposition méthodologique d'analyse fondée sur le principe de *double organisation*. De même, elle nous invite à nous interroger quant à la pertinence entre une approche référentielle et une approche typomorphologique pour l'étude des événements sonores.

Pour illustrer cette question, prenons « Pacific Fanfare » de Barry Truax à titre d'exemple. Cette pièce, composée en 1996, présente peu de matériaux sonores de base : un klaxon de train, des cloches d'église, un grincement métallique de voies ferrées et une petite collection de bruits de moteur, principalement. Lorsque la composition musicale se déroule et que le paysage sonore s'installe, ces divers matériaux sonores issus de l'environnement subissent une transformation progressive dans leur morphologie, sans pour autant se distancier de leur source acoustique. Alors, les deux dimensions de la typologie sonore deviennent deux espaces indépendants — d'un côté la *source*, conférant à ces matériaux leur référentialité, et de l'autre côté la *morphologie*, apposant une empreinte syntaxique aux matériaux qui donnent forme à cette *CfPS*.

Le principe poïétique de *composition* impliquant la distinction entre *morphologie* et *source*, l'analyse des *CfPS* doit tenir compte du fait que l'hétérogénéité des matériaux sonores

³¹⁶ Schaeffer, P., *Traité des Objets Musicaux*, Op.Cit., p.263

³¹⁷ Nous abordons ce sujet plus en détail au chapitre III.3.1

³¹⁸ Lartillot, O., *Op.Cit.*

n'implique point une surabondance d'événements fonctionnels. Bien au contraire, lors de l'étude des matériaux qui structurent le paysage sonore, on doit chercher à identifier les attributs des matériaux acoustiques pour les classer dans des familles typologiques répondant à une même nature morphologique. Cela est dû au fait que le compositeur n'agence pas des *sources*, mais plutôt des *unités sonore-musicales* pertinentes pendant le processus de composition. Ceci entraîne donc la nécessité d'un découpage en *unités morphologiques* permettant de rendre explicites tant les stratégies de composition dans la forme musicale, que la syntaxe sonore opérant sur les matériaux de base au sein des *CfPS*. Nous déduisons que la description structurelle des *CfPS* au niveau esthétique peut se faire à partir d'une approche phénoménologique centrée sur l'écoute d'unités perceptives — c'est-à-dire, au moyen d'une stratégie d'*écoute réduite*, ou plus précisément d'*écoute taxinomique*³¹⁹. Cela sous-entend aussi un point de vue axé sur la caractérisation morphologique desdites unités perceptives, visant à comprendre le processus de structuration auditive des événements sonores et leur devenir, ce qui requiert en particulier de considérer les lois de la Gestalt-théorie ayant trait à la perception auditive³²⁰, notamment les lois de proximité, de similarité et de destin commun. Naturellement, cette approche ne vise à réduire ni la perception de l'œuvre ni les divers processus de structuration qui lui sont inhérents. Bien au contraire, elle sert à étudier « l'évolution détaillée du matériau musical au niveau microscopique³²¹ », dans le but ultime de clarifier le champ d'action du compositeur.

III.2.1 Saillances perceptives et prégnances. Une proposition pour l'analyse des CfPS

Afin de dépasser les limitations poïétiques de l'analyse typomorphologique pour son application dans le domaine de la *CfPS*, commençons par prendre en considération la question de la séparation figure/fond dans une autre perspective. Comme l'a signalé le mathématicien et épistémologue René Thom³²², « c'est dans l'espace-temps usuel, pris comme cadre fondamental de toute l'expérience humaine, que va s'enraciner l'analyse des

³¹⁹ Voir chapitre II.1.4

³²⁰ Évoquées précédemment au chapitre II.2.3

³²¹ Lartillot, O., *Analyser sans réduire... Op.Cit.*

³²² René Thom, épistémologue et mathématicien français [1923-2002], est le fondateur de la théorie des catastrophes.

mécanismes psychiques originels à notre espèce³²³ ». Par mécanismes psychiques, nous entendons des réseaux de signification ; dans le cas qui nous occupe, il s'agirait de mécanismes de signification *musicale*. Puis, nous inférons le besoin d'une schématisation conceptuelle de l'environnement sonore sous forme de « système de propagation et de discontinuité », compte tenu que cette approche analytique correspond à « [...] une approche physicaliste, qui vise à décrire un “univers psychique” le quel, à maints égards, *simule* l'univers extérieur des choses et des processus³²⁴ ». Le schéma qui en résulte suppose donc un « monde fait de saillances et de prégnances³²⁵ » qui entraîne l'adoption d'une approche phénoménologique permettant « [...] de classifier de manière assez stricte les grands types d'interaction³²⁶ ». Dans cette optique, caractériser le répertoire des *CfPS* suppose de particulariser les matériaux sonores selon leur source, aussi bien que selon leur morphologie. De même, cela suppose de classifier les possibilités d'interaction au sein du paysage sonore — entendu comme un système complexe caractérisé par la connexité entre des diverses discontinuités particulières (unités sonores), existant à l'intérieur d'une continuité générale (le paysage sonore). Autrement dit, nous formulons l'hypothèse que ce ne sera qu'au moyen d'un processus d'identification et de classification typomorphologique des événements *saillants* que l'on pourra rendre intelligible la structure musicale des *CfPS*.

À cet égard, force est de constater que, dans tout processus perceptif, l'expérience première est une discontinuité qui suppose le continu. Dans les termes mêmes de René Thom, « l'expérience première, en toute réception des phénomènes, est la discontinuité. Mais la discontinuité présuppose le continu. Comme l'expérience primaire du contenu est celle de la conscience, c'est-à-dire celle du temps, la discontinuité la plus originelle sera — auditivement — par exemple l'apparition d'un bruit au milieu du silence³²⁷ ». De ce fait, les formes qui composent l'expérience perceptive seront distinguées et identifiées par l'individu en raison qu'elles surgissent du fond, tout en devenant des figures saillantes :

[...] J'appellerai forme saillante toute forme vécue qui se sépare nettement du fond continu sur lequel elle se détache. Si l'on passe du temps à l'espace, alors une forme

³²³ Thom, R., *Esquisse d'une Sémiophysique. Physique aristotélicienne et Théorie des Catastrophes*, Paris : InterEditions, 1988, pp.16

³²⁴ *Ibid.*

³²⁵ *Ibid.*

³²⁶ *Ibid.*

³²⁷ Thom, R., *Op.Cit.*, p.17

saillante se dira de tout objet visuellement perçu qui se distingue nettement par contraste par rapport à son fond [...]. En général une forme saillante [...] présentera par suite un frontière : son contour apparent³²⁸ ».

D'une part, les saillances se caractérisent par le fait d'être des « objets impénétrables l'un à l'autre, très souvent individus³²⁹ ». Cela équivaut à dire qu'il s'agit d'unités particulières qui bâtissent une structure en ce qu'elles rendent explicites des points d'articulation d'un continuum (sonore), par le biais d'une dénotation de la discontinuité. On a donc affaire à des phénomènes distinctifs qui remplissent des “zones vides” pouvant être identifiées de par leurs caractéristiques, de même que hiérarchisés selon leur contexte. D'autre part, les prégnances se définissent comme des « qualités occultes, vertus efficaces, qui émanent des formes sources³³⁰ » qui s'apparentent plutôt à des unités fonctionnelles en ce qu'elles « vont investir d'autres formes saillantes en y produisant des effets visibles (effets figuratifs) ³³¹ ». Plus exactement, comme l'explique le fondateur de la théorie des catastrophes :

« Deux formes saillantes distinctes sont topologiquement disjointes. Les prégnances sont des entités non localisées, émises et reçues par les formes saillantes. Lorsqu'une forme saillante capture une prégnance, elle est investie par cette prégnance ; elle subit de ce fait des transformations de son état interne qui peuvent produire des manifestations extérieures dans sa forme : ce sont les effets figuratifs. Un cas fréquent (mais non universel) d'effet figuratif est la rémission par la forme investie de la même prégnance investissante ; c'est par exemple le cas de la contagion : une infection contamine les sujets sains, qui peuvent devenir à leur tour contagieux et rééditer la même infection dans le milieu³³² ».

En ce qui nous concerne, nous pouvons appeler “saillance” tout événement perçu (niveau attentif) qui se sépare nettement du fond continu (écoute en arrière-plan) et qui guide l'écoute par référentialité : par cela, nous entendons les indices en tant qu'unités structurantes au niveau esthétique. De même, nous pouvons appeler “prégnance” toute qualité de signification musicale que détermine l'interprétation du sonore au niveau

³²⁸ *Ibid.*

³²⁹ *Ibid.*

³³⁰ *Ibid.* Nous abordons ce sujet au chapitre III.4

³³¹ Thom, R., *Op.Cit.*, pp.16

³³² *Ibid.*, p.31

psychique — au moyen de représentations auditives — à l'issue de l'identification des événements perçus : tel est le cas au niveau poïétique des unités sonores syntaxiques qui articulent la composition musicale fondée sur le paysage sonore.

III.2.2 Repérage et caractérisation des matériaux de base de la CfPS

La question se pose alors de savoir s'il est possible de décoder les stratégies de composition fondée sur le paysage sonore, et dans ce cas, d'identifier l'approche analytique la plus pertinente à cette fin. À ce propos, nous avançons une méthodologie comportant deux niveaux d'analyse musicale. Dans un premier temps, l'approche que nous proposons est centrée sur les processus de représentation auditive et tient donc compte des particularités rapportées aux stratégies d'écoute. Pendant cette première étape, nous cherchons à identifier l'adresse temporelle de chaque élément saillant susceptible de guider l'écoute, afin et d'ébaucher une liste de matériaux saillants. De même, nous cherchons à esquisser une structure issue de chaque *CfPS*, à partir des points d'articulation inférés pendant le processus d'écoute figurative. Cela exige, d'une part, une classification bien précise des unités sonores saillantes en tant qu'indices, et d'autre part, une cartographie temporelle de leur emplacement, compte tenu des mécanismes de séparation auditive³³³, des mécanismes d'attention auditive, et enfin, des mécanismes de distinction entre la source sonore et la morphologie. Pareillement, ce premier niveau d'analyse sous-entend l'application d'une heuristique dynamique par association (*Old-Plus-New Heuristic*), qui vise à détecter les saillances, tant au niveau signalétique que morphologique, par le biais d'une évaluation paradigmatique³³⁴.

Dans un deuxième temps, l'analyse est abordée à partir d'une caractérisation typomorphologique des saillances préalablement repérées, l'idée étant de mettre en relief les caractéristiques distinctives de chaque unité sonore au niveau poïétique. Creusons donc dans la couche suivante : nous devons considérer que, du point de vue morphologique, ce système doit aussi prendre en compte la relation entre les matériaux identifiés, c'est-à-dire leur consécution, leur affinité et/ou leur dissemblance. À cet égard, nous estimons qu'il est approprié d'analyser de plus près les définitions sémiophysiques de la perception, avancées par René Thom. Premièrement, le fait que nous puissions appeler "prégnance" toute

³³³ Il s'agit des mécanismes de séparation auditive que nous avons présentés au chapitre II.1.4.

³³⁴ Nous abordons ce point plus en détail dans la section III.3.3

fonction attribuant une filiation relationnelle aux divers événements saillants, dans un processus de représentation auditive³³⁵, comprend la nature fonctionnelle de toute *qualité sonore autonome* ou continuum. Deuxièmement, bien que toute forme prégnante soit saillante, « il faut remarquer que l’effet “prégnantiel” peut être déclenché chez un sujet par un stimulus sensoriel à caractère très peu “figuré” [...] [en] sorte qu’on sera fondé [...] à dissocier la “prégnance” des formes saillantes qui la provoquent³³⁶ ». Cela laisse penser que l’écoute musicale des *CfPS* dépasse le caractère purement figuratif des éléments caractéristiques du paysage sonore, pour se centrer sur leur caractère morphologique — conçu au niveau poïétique, et ainsi favoriser une expérience musicale et esthétique du paysage sonore.

Troisièmement, force est de constater que dans un processus d’analyse fondée sur le traitement du signal, il est fort possible d’identifier les divers éléments saillants qui articulent un continuum sonore. En revanche, la détection de prégnances s’avère impossible sans recourir à des dispositifs plus complexes de catégorisation morphologique et de représentation. À cet égard, nous considérons adéquat d’évoquer la fonction de filiation relationnelle — proposée par Albert Bregman en 1990 dans son travail analytique en psycho-acoustique portant sur la perception auditive. Sous un autre *logos*, il indique que, au sein du système auditif, la fonction des attributs émergents est de décrire et de caractériser les informations acoustiques perçues, visant à leur classification postérieure. Ce mécanisme reposant sur le principe d’affectation, nous faisons l’hypothèse qu’il peut être employé comme détecteur du niveau de *prégnance*, en ce qu’il régit les principes de groupement typologique³³⁷.

En pratique, il s’agit d’un dispositif de classification paradigmatique³³⁸ des typomorphologies, ayant comme indice de mesure la récurrence de chaque typologie repérée dans la forme, pour ensuite déduire leur « faculté symbolique³³⁹ » dans le système

³³⁵ Voir chapitre II.3.3

³³⁶ Thom, R., *Op.Cit.*, p.20

³³⁷ « The things that we call emergent properties arise because the perceptual system does some of its analyses on larger-sized objects. The perceived boundaries of these larger objects, and hence the sensory materials that are considered to be part of each one, are governed by principles of grouping. In the day-to-day activity of the auditory system, their job is to create a description of the input so that the sensory effects derived from a particular sound source are grouped together into the description of that source, so that any emergent properties that arise will be characteristic of that sound source. I will call that a ‘natural’ assignment and contrast it with a ‘chimeric’ assignment. » Bregman, A., *Auditory Scene Analysis, Op.Cit.*, p.459

³³⁸ Nous présentons de plus près l’analyse paradigmatique au chapitre III.3

³³⁹ « La *faculté symbolique* fonctionne comme ouverture, courant, échange, inachèvement. Détecteurs de prégnances... » Bayle, F., « L’image de son, ou i-son. Métaphore/métamorphe » In McAdams, S. et Deliège, I, *La musique et les sciences*

de syntaxe musicale. Pour cela, nous aurons recours à la description signalétique des événements sonores (concernant la source), de même qu'à la classification typomorphologique des événements sonores, ayant pour but ultime de décrire syntaxiquement la fonction des événements acoustiques saillants qui structurent la *CfPS*.

III.2.3 Dispositif de caractérisation des *CfPS*

L'étude des *CfPS* exige la mise en relation des préceptes de l'écologie acoustique avec des stratégies *syntaxiques* de composition et d'agencement musical. En ce qui concerne l'analyse syntaxique des *CfPS*, nous avons consolidé un dispositif de repérage de saillances — en ayant recours au logiciel EAnalysis³⁴⁰, permettant d'afficher un curseur visuel sur un sonagramme, de manière synchronique pendant l'écoute d'une piste audio. Pour cette première phase, nous avons remplacé le sonagramme par un fond neutre — de telle sorte qu'il n'affiche aucune information visuelle —, l'idée étant de caractériser la structure de chaque *CfPS* au moyen d'une représentation graphique synchronisée sur une plage temporelle déroulante. À l'aide de marqueurs visuels, nous avons mis en évidence l'instant précis d'apparition de chaque saillance guidant notre écoute, avec la finalité de transcrire le contenu sonore des *CfPS* sous forme de continuum temporel de saillances³⁴¹. Pour ce faire, nous avons tenté d'adopter une « stratégie d'écoute attentive » — centrée à la fois sur la taxinomie des matériaux et sur leur caractère figuratif, laquelle ne contemplait qu'un maximum de deux écoutes par pièce. Force est de préciser que nous avons réalisé des annotations descriptives de manière séparée, l'idée étant de ne pas déranger leur cohérence ni leur autonomie vis-à-vis des stratégies d'écoute. Les résultats de cette étape d'analyse sont exposés dans l'annexe 1.

Puis, une deuxième étape a consisté à cataloguer les éléments repérés en deux temps : *primo*, les divers matériaux sonores ont été inventoriés et colorés selon leur similarité ou dissemblance, en tenant compte de leur présence tout au long de la pièce, dans une logique

cognitives: actes du Symposium sur la musique et les sciences cognitives, 14-18 mars 1988, Centre National d'Art et de Culture « Georges Pompidou ». Psychologie et sciences humaines 180. Bruxelles : Mardaga, 1989, pp. 235-243.

³⁴⁰ Développé par Pierre Couprie, EAnalysis est un logiciel pour l'analyse musicale fondée sur le son en tant qu'unité de base (*sound-based*). La recherche associée à son implémentation a fait partie du projet de recherche « New multimedia tools for electroacoustic music analysis » (2010-2013) au centre de recherche « MTI Research Centre » à l'université de Montfort (Leicester, UK). Le logiciel a été implémenté sous la coordination de prof. Simon Emmerson et prof. Leigh Landy. [site : <http://logiciels.pierrecouprie.fr/>]. Site consulté le 29 juin 2018

³⁴¹ Sur le plan de la sémiophysique, ce continuum correspond à ce que Thom appelle « ontologie intelligible », étant « caractérisée par un espace où habitent tous les êtres considérés : l'espace *substrat* ». Thom, R., *Op.Cit.*, p.31

de classification paradigmatique ; *secundo*, une structure globale a été esquissée à partir de listes descriptives générales (tableau III.1) et de cartes d'indices classifiés par couleur (figure III.1). Ce mécanisme de repérage structurel est en accord avec la caractéristique n°1 qui définit ce genre — à savoir, la capacité à reconnaître la source matérielle du son chez l'auditeur, même si elle subit des transformations —, de même qu'elle est en phase avec les principes de dynamisme structurel (Réti 1951). Dans l'annexe 2, le lecteur trouvera les listes descriptives intégrales des œuvres analysées.

Postérieurement, nous avons esquissé une classification des matériaux saillants au moyen d'une description textuelle axée sur la source sonore de chaque élément, dans le but ultime de compléter la caractérisation des événements saillants (Tableau III.2). Ce dispositif permet d'inscrire un marquage visuel correspondant à l'instant d'occurrence de chaque saillance, avec une marge d'erreur presque nulle³⁴².

#	Description	couleur
5	Déferlement : hauteur complexe et facture tenue.	bleu
1	Bruit métallique peu claire	rouge
2	Vagues semi-résonantes. Va-et-vient calme	bleu
3	Coup sec de masse complexe	marron
1	Coup « boisé ». Peut-être, il s'agit d'un son parasite de l'enregistrement.	violet
3	Résonance issue d'une masse d'eau à l'intérieur d'un corps concave (bruit de piscine près d'un « trou de débordement »)	cyan
3	Hurllement constant d'oiseau)	jaune
14	Sifflement d'oiseau. Hauteur définie et facture tenue/formée	orange
5	Chant de loriot	vert
1	Grincement de bois	marron
4	Chant d'oiseau. Son continu, tonique-itératif de hauteur définie.	magenta
2	Accumulation : chants clairs d'oiseau qui remplissent l'espace sonore.	jaune
4	Chant répétitif d'oiseau (légère modulation de fréquence?)	cyan
1	Bruit d'un courant d'air. Son émergence marque la scission entre la première et deuxième parties.	noir

Tableau III.1 Liste descriptive des événements saillants — *Sud I* (J.-C. Risset)

³⁴² La marge d'erreur a été corrigée postérieurement, au moyen d'un outil d'analyse et de mise en correspondance que nous expliquons au chapitre III.7.2

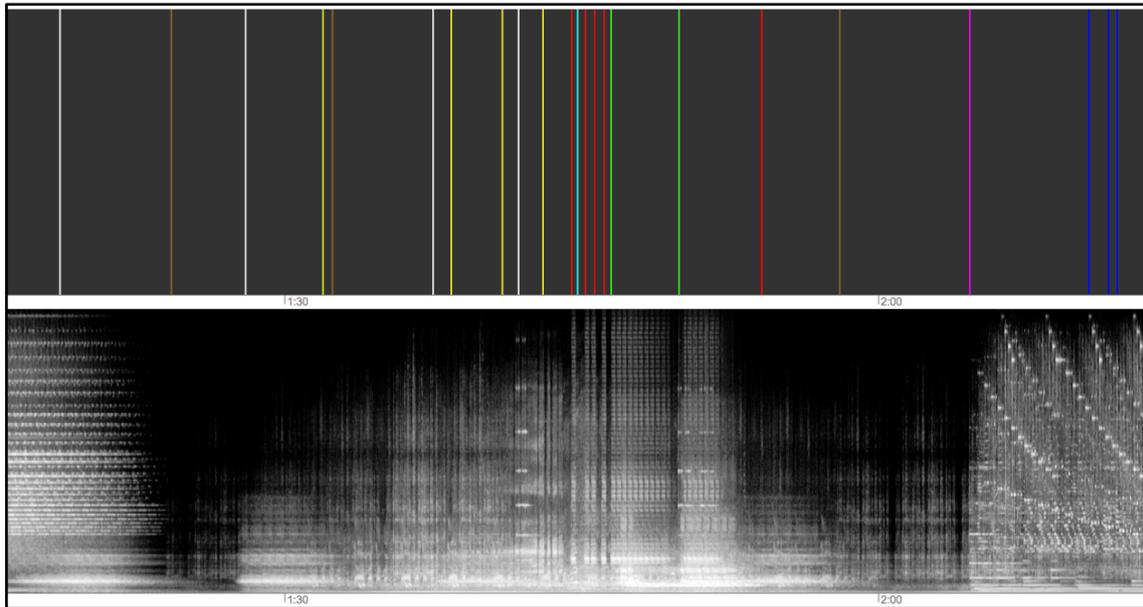


Figure III.1 *Identification liminaire des saillances par couleur*

Cependant, force est de constater que la caractérisation par marquage des saillances s'avère un outil quelque peu limité en ce qu'il ne considère que le moment d'apparition de chaque événement sonore, c'est-à-dire son attaque.

Saillance (index)	source	couleur	instant
1	cloches de petite taille	orange	1,86
5	sitar	bleu	2,32
2	claxon	rouge	4,47
3	hochet	marron	4,9
4	cloches	magenta	11,165

Tableau III.2 *Liste descriptive (partielle) de saillances perçues – fragment de Gently Penetrating Beneath the Sounding Surfaces of Another Place³⁴³*

Pour cette raison, nous avons réexaminé les informations concernant les caractéristiques perçues de chaque événement saillant, et nous avons complété leur description selon les quatre premières lois de la Gestalt-théorie — à savoir la loi de proximité, la loi de similarité,

³⁴³ Composée par Hildegard Westerkamp en 1997. Les matériaux sonores ont été enregistrés dans l'espace publique de Tilak Nagar et de Jama Masjid (à New Delhi) en 1992.

Site web : https://www.sfu.ca/~westerka/program_notes/penetrate.html. Site consulté le 29 juin 2018.

la loi de bonne fermeture et la loi de bonne continuité —, permettant de mieux représenter visuellement leur durée et leur allure temporelle (figure III.2).

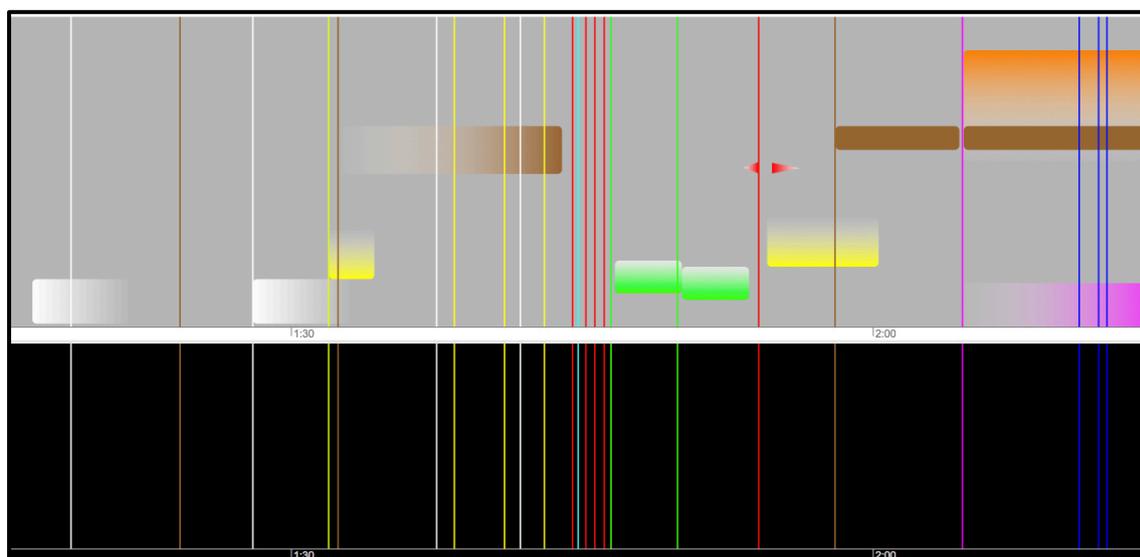


Figure III.2 *Représentation visuelle gestaltiste privilégiant l'allure temporelle des matériaux saillants – Gently Penetrating...*

La caractérisation structurelle des *CfPS* par saillances s'avère un dispositif très utile pour mettre en lumière les divers points qui articulent un paysage sonore donné, à partir d'une mécanique très simple d'instanciation centrée sur les discontinuités du continuum sonore. Le logiciel d'annotation EAnalysis permet de corriger l'emplacement temporel de chaque marqueur, lors d'une édition au cours d'une écoute postérieure. Mais un problème survient alors : étant donné que le niveau d'attention auditive varie lors de chaque séance d'écoute, l'apparition de nouvelles saillances auditives est une possibilité non négligeable. C'est pourquoi nous avons utilisé ce dispositif avec l'interdiction d'ajouter de nouvelles saillances pendant les étapes mentionnées, afin d'éviter toute interférence et toute redondance.

Ce premier dispositif de caractérisation des événements saillants permet d'avoir un aperçu assez convenable de la structure globale d'une *CfPS*. Grâce au mécanisme de caractérisation par source, l'analyste peut assurer l'intelligibilité de la structure selon la distribution des éléments saillants³⁴⁴. Aussi, ce mécanisme facilite l'étude des *CfPS* au niveau poétique, dans la mesure où une cartographie des matériaux sonores permet de dévoiler les stratégies d'agencement musical eu égard aux processus de distribution et de manipulation sonore. Se pose alors la question de savoir comment identifier les

³⁴⁴ Nous invitons le lecteur à se reporter à la description structurelle du répertoire analysé figurant à l'annexe 2

mécanismes opératoires au niveau poétique, notamment dans des termes de manipulation sonore et de recomposition morphologique.

III.3 Classification morphologique des événements sonores saillants

Lorsqu'on étudie l'organisation structurelle des *CfPS*, il est nécessaire de passer par un processus de discrétisation du continuum sonore. Puis, lorsqu'on vise à découvrir les modes d'agencement régissant les divers événements qui articulent le paysage sonore, il s'avère essentiel de créer un système de classification morphologique. Nous partons du principe que le paysage sonore est une chaîne continue composée d'indices sonores — sons à valeur signalétique, morphologiquement autonomes. Cette chaîne sous-entend donc la possibilité de décrire l'organisation fonctionnelle d'un champ acoustique à partir d'unités syntaxiques/musicales. Tant que ce continuum tisse un lien dynamique entre l'unité sonore et la structure³⁴⁵, elle permet de comprendre le système d'agencement acoustique au sein des *CfPS*, en ce qu'elle met l'accent sur la diversité des unités musicales tout en prenant en compte leur interaction et leur *fonctionnalité* au sein du paysage sonore.

Inspirées de la quête typomorphologie schaefferienne pour « le déchiffrement du sonore naturel³⁴⁶ », nous proposons d'aborder l'étude typologique des matériaux qui structurent les *CfPS* depuis une approche taxinomique de caractérisation et classification morphologique. Pour ce faire, nous abordons la question de l'objet sonore ainsi que ses implications d'ordre épistémologique et méthodologique.

III.3.1 Le paradoxe de l'objet sonore

Dans une conférence donnée à la Sorbonne le 20 janvier 1970, Pierre Schaeffer déclara que « contrairement à ce qu'il avait fait lui-même pour la musique, [on devrait] aborder la recherche “du haut en bas” et non pas “de bas en haut”³⁴⁷ ». Autrement dit, il tenait à ce que l'analyste musicologue soit conscient des contradictions caractérisant l'objet sonore et qu'il n'essaie pas de répertorier “les signes musicaux possibles” à partir de ce dernier : la musique étant faite pour être entendue, toute démarche de création appuyée sur une phénoménologie du matériau sonore devrait nous rendre méfiants, disait-il³⁴⁸.

³⁴⁵ À ce propos, Pierre Schaeffer fait référence à la syntaxe musicale, entendue comme le mécanisme combinatoire au moyen duquel les unités musicales (ou *objets*) peuvent être accordées ou agencées *convenablement*.

³⁴⁶ Schaeffer, P., *Traité des objets musicaux*, *Op.Cit.*, p.337

³⁴⁷ Mancero, D. et al., *Composer à partir de la modélisation harmonique des soundscape compositions...*, *Op.Cit.*

³⁴⁸ Roy, S., « Analyse des œuvres acousmatiques : quelques fondements et proposition d'une méthode » In *Circuit*, 4(1-2), 67-92, 1993, p.68

De la même manière que la Gestalt-théorie indique que « la perception globale d'une forme précède les détails³⁴⁹ », le paradoxe de l'objet sonore suggère que les unités morphologiques servant de matériau pour la création d'une œuvre musicale n'équivalent point à la musique elle-même. Autrement dit, la musique ne peut pas être réduite à la somme de ses parties (*objets*) puisqu'elle « apporte, singulièrement, une note discordante dans le concert de la connaissance, [de même qu'elle] agence un de nos scrupules favoris, celui de séparer aussi nettement que possible les faits et les idées, le sensible et l'intellect, ou, pour prendre d'autres mots, les objets et le langage³⁵⁰ ».

D'un point de vue perceptif, l'objet sonore fait référence à « ce que l'on entend lorsqu'on pratique l'écoute réduite [...] même si cela dure 1 h 30, et même si c'est constitué d'une série de petites cellules³⁵¹ ». Or, d'un point de vue morphologique, l'objet sonore est défini comme une *unité* particulière ayant une enveloppe temporelle, ce qui nous renvoie aux préceptes de la Gestalt-théorie³⁵². Dans leur polysémie, Schaeffer considère que les objets sonores « peuvent être convenables de deux façons : soit isolément, *a priori*, par leurs caractères intrinsèques [,] soit collectivement, si l'on compare entre eux plusieurs objets sonores formant une collection, pour faire une expérience de “mise en structure” autour, par exemple, du caractère de *hauteur* de ces sons³⁵³ ». En ce sens, les objets sonores — entendus comme unités ségréguées *saillantes* dans le processus de perception, servent de base à l'analyse structurelle et fonctionnelle des paysages sonores : lorsqu'on essaie d'étudier le fonctionnement à l'intérieur d'un paysage sonore, on peut d'abord distinguer les différentes unités saillantes selon leurs caractéristiques morphologiques, pour ensuite décrire « l'organisation du champ perceptif avant de le faire interagir avec du sens. On élimine [donc] le sens [...] et on étudie à un premier niveau, ce qu'on appelle la ségrégation des unités perceptives³⁵⁴ ». C'est à partir de ces idées que nous proposons d'analyser la structuration de l'environnement sonore selon les caractéristiques morphologiques des unités qui guident l'écoute, notamment par le biais d'un repérage et d'une classification des unités perceptives saillantes, au niveau esthétique. Bien entendu, cette approche prend

³⁴⁹ Dortier, J.-F., « Holisme contre élémentarisme », In *Revue des sciences humaines N°7 : la grande histoire de la psychologie*, septembre-octobre 2008, p.45.

³⁵⁰ Schaeffer, P., *Traité des objets musicaux*, *Op.Cit.*, p.30

³⁵¹ Delalande, F., *Analyser la musique...* *Op.Cit.*, p.124.

³⁵² *Ibid.*, p. 125.

³⁵³ Chion, M., *Guide des objets sonores : Pierre Schaeffer et la recherche musicale*. Bibliothèque de recherche musicale. Paris : Buchet-Chastel Institut national de la communication audiovisuelle, 1983, p.98

³⁵⁴ Delalande, F., *Op.Cit.*, p.125

en compte la filiation relationnelle dans le processus de perception auditive (voir chapitre II.5.3) ainsi que les conduites d'écoute³⁵⁵.

III.3.2 Les limitations sémiologiques de la classification typomorphologique et la notion de hiérarchie

En ce qui concerne l'analyse musicale, les limitations méthodologiques de l'approche schaefferienne sont majoritairement d'ordre sémiologique : de manière générale, lorsqu'on découpe la musique en unités convenables, on risque de la vider de sa substance ainsi que de la priver de son *sens* musical³⁵⁶. Il en est de même pour la méthode gestaltiste³⁵⁷. Parallèlement, étant donné qu'il s'agit d'une musique sans support matériel autre que le support sonore lui-même, aucune transcription typomorphologique ni gestaltiste ne correspondra aux *signes* musicaux renvoyant aux stratégies de composition *stricto sensu*, ce qui limite les possibilités de déduction syntaxique ayant trait au sens musical. Alors, comment faire pour que ni l'approche typomorphologique ni les notions gestaltistes d'analyse perceptive ne portent atteinte aux principes esthétiques qui régissent la *CfPS* ?

Dans le domaine de la musique et des arts sonores, la quête sémiologique de « dévoiler une intention de communication³⁵⁸ » est loin de prendre fin³⁵⁹. Nombreuses sont les perspectives théoriques pour expliquer la complexité des processus artistiques, et une chose est certaine : toutes ces théories, devenues de plus en plus rationalistes, exigent un maniement théorétique de plus en plus complexe ce qui, paradoxalement, complique lourdement chaque étape de l'analyse³⁶⁰. Mais force est de constater que, en tant qu'outil de caractérisation et classification sonore, la typomorphologie schaefferienne ne nuit pas au caractère sémantique global d'une composition : bien au contraire, il s'agit d'un dispositif assez efficace d'exploration acoustique en ce qu'il rend possible l'analyse

³⁵⁵ Voir chapitre II.1.4.1

³⁵⁶ Pour approfondir, voir Thoresen, L. and Hedman, A., *Emergent Musical Forms: Aural Explorations*, Ontario : University of Western Ontario, Department of Music Research and Composition, 2015.

³⁵⁷ À ce propos, il faut ajouter que la gestalt-théorie a été critiquée mais jamais réfutée. Pour approfondir, voir Roy, S., *L'analyse des musiques électroacoustiques*, *Op.Cit.*, p.204

³⁵⁸ Nattiez, J.-J., *De la sémiologie à la musique*. Les Cahiers du Département d'études littéraires 10. Montréal: Université du Québec à Montréal, 1988.

³⁵⁹ On peut citer, à titre d'exemple, les travaux de Charles Bally (1913), Eric Byussens (1960), Nicolas Méeus (1993), Ogden & Richards (1923), Michel Imbert (2001), David Lidov (2005), Gino Stefani (1976) et Eero Tarasti (1995).

³⁶⁰ Narmour, E., « Some Major Theoretical Problems Concerning the Concept of Hierarchy in the Analysis of Tonal Music » *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 1 (2), 1983, pp.129-199

paradigmatique d'un flux audio complexe —sous-entendant par là qu'une approche paradigmatique vise précisément la totalité d'une œuvre. Autrement dit, c'est au moyen d'outils de classification comme la typomorphologie qu'on est capable d'identifier les divers éléments d'un paysage sonore, aussi bien que de distinguer leur influence sur la structure globale. Quand bien même la classification typomorphologique n'est pas suffisante pour faire état d'une œuvre musicale en tant que globalité ou *Gestalt*, elle permet de recenser les événements qui guident l'écoute pour créer des représentations mentales *sémiques*.

II.3.2.1 La typomorphologie comme outil d'analyse fonctionnelle

En 1998, John Dack publie une analyse des deux premières sections de l'œuvre *Kontakte* de Karlheinz Stockhausen, pour laquelle il recourt à la classification typomorphologique schaefferienne comme outil d'analyse fonctionnelle³⁶¹. Il avance la notion de *pensée analogique* en tant que stratégie esthétique de base servant à identifier les similarités entre divers phénomènes sonores, indépendamment de leur source. Sur cette base, il effectue une transcription de l'œuvre qui favorise « une attitude acousmatique chez l'analyste, en dirigeant son attention vers les traits sonores, éliminant ainsi le biais méthodologique que peut induire la connaissance des dispositifs de production³⁶² ». Puis, il aborde l'analyse des unités sonores selon leurs traits typomorphologiques — notamment durée, dynamique et profil et masse, de même que leur localisation spatiale et leur source (électronique ou instrumentale). Pour ce faire, il consolide des « tables de comparaison » qui dénotent chaque typologie sonore selon une description détaillée (voir tableau III.2 ci-dessous), mettant en relief le rapport analogique (ligne continue pour indiquer une relation forte ; ligne pointillée pour indiquer une relation faible).

Force est de constater que ce dispositif analytique et de transcription mis en place par Dack lui a permis d'identifier et de délimiter les matériaux sonores *saillants* guidant l'écoute dans *Kontakte*, non seulement selon leur source, mais notamment selon leurs paramètres morphologiques de masse, de dynamique, de profil et de durée — les deux derniers étant des termes liés à la dimension schaefferienne de *facture*, ainsi que de localisation spatiale.

³⁶¹ Dack, J., « Strategies in the analysis of Karlheinz Stockhausen's *Kontakte für Elektronische Klänge, Klavier und Schlagzeug* », In Camilleri, L. & Smalley, D. (éd), *Journal of New Music Research*, vol. XXVII, n.1-2, *Analysis of Electroacoustic Music*, 1998, pp.84-119

³⁶² Dack, J., *Op.Cit.* In Roy, S., *L'analyse des musiques électroacoustiques : Modèles et propositions, Op.Cit.*, p.162

En conséquence, la typomorphologie lui a conféré un avantage méthodologique consistant en la mise en place d'un dispositif « [...] constructif et dynamique, essentiellement caractérisé par le renvoi³⁶³ », ce qui lui a facilité les diverses modalités analytiques³⁶⁴ depuis une approche essentiellement fonctionnelle.

Type	Grosse note	Objet composé	Son homogène
Masse	bruit —————	bruit —————	bruit
	métal —————	métal —————	métal
	nœud	nœud	nœud
	un peu granuleux	itération	grain fin
	résonant —————	résonant —————	
Profil spectral	décroissant —————	décroissant	uniforme
Localisation dans champ des hauteurs	stable —————	stable —————	stable
	médium-grave	médium	grave
Dynamique	formée —————	formée	sans facture
Durée	moyenne	moyenne	longue
Localisation spatiale	centrale	multiple	centre-gauche
Source(s)	tam-tam (friction)	synthèse piano petit tam-tam	synthèse

Tableau III.2 Table de comparaison morphologique par John Dack³⁶⁵

La méthodologie analytique développée par Dack met en relation tant le niveau esthétique que le niveau poétique : elle formule quelques remarques qui « tendent à montrer que l'auteur établit une distinction entre ce qui pourrait constituer les différents aspects du niveau neutre [ce qui apparaît dans la notation de signes musicaux], et les stratégies poétiques et esthétiques³⁶⁶ ». De ce fait, cette méthode permet aussi de tenir compte de diverses implications sémiologiques, quoique pas toutes, notamment celles concernant l'intention analogique du compositeur pendant le processus syntaxique de manipulation et d'agencement sonore. Par conséquent, nous pouvons inférer que la typomorphologie schaefferienne s'avère un outil assez efficace pour rendre compte du caractère *analogique*

³⁶³ Molino, J.-J. In Nattiez, J.-J., *Musicologie générale et sémiologie*. Collection Musique passé-présent. Paris : C. Bourgois, 1987, p.56

³⁶⁴ En référence aux moments d'émission et de réception d'une œuvre d'art, à savoir le niveau poétique (chez l'artiste), le niveau neutre (l'œuvre elle-même) et le niveau esthétique (de réception). Pour approfondir, voir Molino, J., *Le singe musicien. Sémiologie et anthropologie de la musique* (1975). Paris : Actes Sud/INA, 2009.

³⁶⁵ Ce tableau est une représentation explicative des tables présentées dans Roy, S., *L'analyse des musiques électroacoustiques, Op.Cit.*, p.163

³⁶⁶ Roy, S., *L'analyse des musiques électroacoustiques, Op.Cit.*, p.164

de tout matériau structurant une œuvre électroacoustique. Là aussi, on a affaire à un dispositif qui peut articuler le niveau syntaxique — celui des stratégies de composition —, avec la morphologie du contenu musical, ayant trait à la compréhension des unités sonores dans une *sémiosphère*³⁶⁷ ou *sémie*³⁶⁸ sonore.

La typomorphologie schaefferienne rend compte de la structure musicale par le biais d'une classification des matériaux, sans pour autant mettre en cause le *sens* opérant dans la structure. Cela dit, il ne serait pas superflu de souligner que le modèle sémiologique, étant un modèle communicatif, ne s'applique assez bien aux processus impliqués dans un médium artistique : « [i] est évident que la nature de l'activité cognitive stimulée par [des] objets [...] est très différente de celle modélisée par la théorie de l'information. [...] Il n'y a pas de raison de croire que toutes ces significations aient été envisagées par le compositeur : sa démarche procède souvent [...] de l'étonnement de la découverte³⁶⁹ ». Nous pouvons donc inférer que, loin d'être parfaite, la typomorphologie de l'*objet musical* facilite l'étude des CfPS en ce sens qu'elle peut rendre intelligibles, et les unités sonores, et la forme musicale globale entendue comme un système cohérent.

III.3.3 L'analyse paradigmatique des événements sonores

Depuis une approche sémiologique, l'étude musicale des CfPS doit passer par une étape analytique de déconstruction de l'œuvre « afin de trouver des relations paradigmatiques et syntagmatiques élaborées consciemment ou inconsciemment par le compositeur ou perçues par les auditeurs³⁷⁰ ». De ce point de vue, le rapport entre les divers événements acoustiques peut être appréhendé en tant que système d'association, tant au niveau esthétique que poétique³⁷¹. À ce propos, les travaux de Nicolas Ruwet s'avèrent essentiels. En 1962, Ruwet remarque l'importance de distinguer les « critères essentiellement

³⁶⁷ Nous employons ce terme pour mettre en évidence qu'« [...] un signe ne fonctionne et ne se comprend que s'il s'appuie sur le fond d'un continuum ou d'une *sémiosphère* de signes ». Lotman et al., (1975) Cité par Tarasti, E., *La musique et les signes. Précis de sémiotique musicale* (2002), Paris : L'Harmattan, deuxième édition, 2006, p.15

³⁶⁸ Buysens, E., (1969) In Nattiez, J.-J., *De la sémiologie à la musique*, Montréal : Université de Québec à Montréal, 1988, p.14

³⁶⁹ Osmond-Smith, S. « Entre la musique et le langage : vue depuis le pont ». In McAdams, S., et al., *La musique et les sciences cognitives: actes du Symposium sur la musique et les sciences cognitives, 14-18 mars 1988, Centre National d'Art et de Culture « Georges Pompidou »*, 137-48. Psychologie et sciences humaines 180. Bruxelles: Mardaga, 1989. p.145

³⁷⁰ Couprie, P., *La visualisation du son et de ses paramètres pour l'analyse de la musique acousmatique*, Op.Cit., p.58

³⁷¹ Meeùs, N., « Les rapports associatifs comme déterminants du style » In *Analyse Musicale* 32, 2^e édition, juillet 1993, pp.9-13

syntagmatiques » de la musique de ceux d'ordre paradigmatique, « fondés sur l'équivalence interne et/ou externe des éléments³⁷² », ce qui révèle l'intérêt que porte l'analyse sémiologique de différencier entre « des critères relevant surtout de la substance » et ceux essentiellement formels³⁷³. Pour Ruwet, les critères relevant de la substance sont ceux qui ont trait à la morphologie sonore (comme les pauses et la composition interne des événements acoustiques — qu'il appelle « les timbres »), tandis que ceux de caractère essentiellement formel révèlent des points d'articulation dans l'organisation des événements, notamment la répétition et la variation.

L'analyse paradigmatique proposée par Ruwet consiste à définir les éléments repérés en tant que *paramétriques* et *non paramétriques* : « [l]es éléments paramétriques se composent de paramètres sonores qu'il est possible de départager en oppositions binaires [...], tandis que les éléments non paramétriques sont des paramètres formés d'un nombre si grand de composants qu'il est impossible de les regrouper en oppositions simples [...]»³⁷⁴ ». Sur cette base conceptuelle, la méthodologie d'analyse paradigmatique mise en place par Ruwet vise à rendre intelligible la forme globale des œuvres musicales à partir du repérage des « similarités d'ordre morphologique³⁷⁵ ». En paraphrasant le musicologue Nicolas Meeùs, il s'agirait de mettre en évidence les rapports relationnels, mémoriels ou systématiques, sans pour autant suivre une méthodologie d'analyse strictement sémiologique. Alors, peut-on dévoiler quel est le rapport entre la structure musicale d'une *CfPS* et les critères morphologiques « relevant de la substance » ?

Pour essayer d'y répondre, il faut d'abord déterminer quelles sont les dimensions paramétriques de la matière sonore, ce pourquoi nous revenons sur la question de l'objet sonore. La typomorphologie schaefferienne de l'*objet sonore* — c'est-à-dire, l'étude descriptive des unités qui résultent d'un découpage pratiqué sur un événement acoustique, répond au croisement entre les critères complémentaires de *masse* et de *facture*³⁷⁶. Dans cette perspective, un événement sonore peut être reconnu à l'écoute non seulement en raison de sa cause (sa *source*), mais aussi en proportion de ses particularités

³⁷² Ruwet, N., *Langage, musique, poésie*. Collection Poétique. Paris: Ed. du Seuil, 1992, p.107

³⁷³ *Ibid.*

³⁷⁴ Roy, S., *L'analyse des musiques électroacoustiques*, *Op.Cit.*, p.265

³⁷⁵ *Ibid.*, p.257

³⁷⁶ Schaeffer, P. *Traité des objets musicaux*, *Op.Cit.*, p.401

morphologiques, ayant trait à l'allure temporelle et à la matière sonore. Comme le disait Pierre Schaeffer lui-même :

« Dans le langage des choses [...] certains des sens nous sont indifférents ou impénétrables ; mais certains indices sont limpides et nous renseignent, non sur ce que le sujet veut nous dire, mais sur ce que nous voulons savoir de lui. Ces modulations qui n'ont pas de signification linguistique mais sont des bruits évidents nous conduisent à l'identification de leur source commune, de leur émission et d'une qualification de son activité : en tant qu'indices, ils possèdent des caractères pertinents [...]. C'est souvent à la façon de ce langage-là que nous comprenons [...] la musique. [...] C'est précisément en écartant le renvoi spontané aux sources sonores, en démontrant les ressorts du phénomène d'identification et de qualification des objets perçus à travers la variété d'échantillons sonores qu'on a des chances d'avancer. C'est donc au rebours d'un recensement instrumental aussi bien que d'une description des propriétés particulières des échantillons émis³⁷⁷ ».

Dans un souci de clarté et de simplicité, nous abordons la caractérisation du répertoire *par ressemblance*, en ayant recours à une nomenclature simplifiée qui privilégie le critère de masse, de manière à cataloguer les matériaux saillants du paysage sonore de par leur composition typologique. Ceci nous permet d'accroître la précision de l'analyse des *CfPS* en ce que cette nomenclature rend explicite l'organisation des matériaux par types de masse, au même temps qu'elle permet de dissocier ce critère de celui de facture dans le but de conserver l'identité morphologique des événements identifiés (caractéristiques de matière) pendant les processus de manipulation électroacoustique (opérant notamment sur le critère de facture)³⁷⁸. À ce propos, il convient de rappeler que, dans le domaine de la *CfPS*, on privilégie toujours la capacité à reconnaître la source sonore chez l'auditeur, ce qui restreint significativement le champ de transformation morphologique et qui conduit en même temps à manipuler les matériaux de base dans leur facture. De ce fait, les matériaux acoustiques peu significatifs du point de vue paradigmatique auront tous tendance à être transformés plutôt dans leur facture que dans leur masse, puisque la *masse* — cette qualité par laquelle le son s'inscrit dans le champ des hauteurs — comporte des qualités qui permettent de qualifier le timbre des sons³⁷⁹. Par conséquent, c'est au niveau

³⁷⁷ *Ibid.*, p.337

³⁷⁸ Notamment, Truax, B., « Genres and Techniques of Soundscape Composition as developed at Simon Fraser University » In *Organised Sound*, 7(1), 2002, pp.5-14

³⁷⁹ Schaeffer, P., *Traité des objets... Op.Cit.*, p.516

de la facture que l'on opère la plupart des manipulations électroacoustiques au sein de la *CfPS*, la masse étant un élément décisif pour la reconnaissance sonore. En revanche, des procédés de manipulation sur la masse n'auront lieu que sur des éléments assez significatifs, du point de vue paradigmatique.

Pour continuer, nous avançons une nomenclature d'analyse visant à mettre en relief les particularités et les similarités des divers événements acoustiques, selon la caractérisation de leurs spécificités morphologiques. Pour cela, nous proposons de grouper les matériaux selon leur masse, ainsi que d'effectuer un premier suivi des traces de manipulation électroacoustique à partir de leur évolution temporelle (tableau III.3).

Typologie selon la masse		Typologie selon la facture	
Son tonique	<i>N</i>	Facture imprévisible	<i>E</i> (préfixe)
Son fixe-complexe	<i>X</i>	Facture nulle	<i>H/T</i> (préfixe)
son peu variable	<i>I</i>	Impulsion	<i>'</i> (suffixe)
son imprévisible	<i>W</i>	Itération formée	<i>''</i> (suffixe)

Tableau III.3 Classes de masse et de facture dans la typologie TARTYP ³⁸⁰

Plus précisément, ce suivi consiste à retracer le cheminement d'un événement sonore au moyen d'une description détaillée, axée notamment sur la masse et sur la source acoustique dudit événement.

Compte tenu de tout ce qui précède, nous pouvons définir la *CfPS* comme étant une forme de « restructuration poétique de l'environnement sonore ». Cela dit, il s'agit d'un répertoire musical qui répond à une volonté artistique d'agencement morphologique — au moyen de techniques électroacoustiques de manipulation, en même temps qu'il privilégie l'utilisation de matériaux sonores référentiels pour contraindre le compositeur à agencer des *unités sonores* dans une quête de cohérence *écologique* — c'est-à-dire, en respectant le paysage sonore en tant que *Gestalt*.

Quand bien même ces unités sonores s'avèrent référentielles, elles ont néanmoins une fonction musicale qui leur a été conférée au niveau poétique. Du point de vue esthétique, nous tenons à croire que cette fonctionnalité peut être appréhendée perceptivement, dans

³⁸⁰ Mancero, D., *Composer à partir de la modélisation... Op.Cit.*, p.5

la mesure où l'auditeur porte son attention aux relations implicatives à l'intérieur des *CfPS*. De même, nous considérons qu'il est possible de déduire les relations implicatives au sein des *CfPS*, par le biais d'une description hiérarchique des typologies morphologiques. Dans le cadre d'une démarche artistique fondée sur un parcours de recherche/création, nous formulons l'hypothèse que le caractère écologique des *CfPS* peut être entendu dans le domaine des fréquences et modélisé poïétiquement, à l'aide d'une analyse par décomposition « harmonique³⁸¹ » des éléments constitutifs du paysage sonore — instanciée selon la structure d'articulation que l'étude gestaltiste du paysage sonore laisse distinguer. À l'issue de l'étape précédente, nous partons de la prémisse que les matériaux qui structurent la *CfPS* peuvent être catégorisés selon leur morphologie pour être mis en correspondance de façon hiérarchique. Cela fait, il sera question d'identifier les dimensions convenables fonctionnellement au niveau acoustique, pour aborder l'étape de modélisation que nous envisageons.

³⁸¹ Les procédés d'analyse seront détaillés dans la quatrième partie de ce mémoire de thèse

III.4 Méthodologie de catégorisation typomorphologique des *CfPS*

Dans le but d'identifier les « traces récurrentes » qui caractérisent le paysage sonore, nous abordons maintenant la question de la catégorisation typologique. Après avoir recensé les divers éléments saillants qui, de par leur timbre, donnent forme à une représentation auditive, nous proposons une nouvelle étape qui vise à esquisser une transcription typologique des *CfPS* pour en dévoiler les caractéristiques morphologiques. Pendant cette phase, l'analyse est axée sur la variation de la masse sonore, accordant ainsi plus d'attention à la composition de l'*espace interne* des matériaux sonores, ces derniers étant déterminés selon leurs caractéristiques typomorphologies.

Dans cette étape, nous focalisons notre attention sur les particularités rapportées à la facture et à la masse sonores, ces dernières étant deux dimensions sonores ayant un rôle central d'articulation au sein du « système homologue de relations³⁸² » qu'est le paysage sonore. Nous privilégions la catégorisation des éléments qui composent le paysage sonore par familles typologiques, afin de centrer notre analyse sur des critères paradigmatiques. Cela implique que nous analysons les diverses familles typologiques « sur des sons “déponents” ne comportant ni variations d'intensité, ni variations mélodiques [...]»³⁸³, le but étant d'établir un diagnostic aussi exhaustif que possible de la fonctionnalité détenue par chaque groupe morphologique. À cette fin, il est tout d'abord nécessaire de traiter la question de l'objectivité morphologique, tout en tenant compte du caractère idiolecte des *CfPS*.

III.4.1 Morphologie et principe de double organisation : l'analyse fonctionnelle du paysage sonore

Après avoir repéré et caractérisé les éléments structurants de la *CfPS*, revenons à la question sémiologique. Chez le compositeur, quels sont les paramètres esthétiques de pertinence lors de la sélection des matériaux sonores issus de l'environnement ? Est-ce que le compositeur infère un sens esthétique au paysage sonore qu'affecte son processus de manipulation ?

³⁸² Eco, U., *La structure absente : introduction à la recherche sémiotique*. Traduit par Uccio Esposito-Torrigiani, Paris : Mercure de France, 1984, p.129

³⁸³ Chion, M., *Guide des objets sonores, Op.Cit.*, pp.164-165

Ces questions ont trait à ce que Jean Petitot (1989) appelle « l'objectivité morphologique » et suppose l'existence d'un dernier niveau de représentation auditive, permettant de comprendre tant les capacités cognitives que la structure de la pensée. Sous le nom de *structure conceptuelle*³⁸⁴, il s'agit d'une hypothèse cognitive ayant « pour vocation de permettre de mieux comprendre les contraintes structurales imposées à une théorie de la cognition, ainsi que les rapports entre la grammaire universelle, les capacités cognitives en général et la structure de la pensée³⁸⁵ ». La *structure conceptuelle* est donc une construction cognitive « universelle pour notre espèce³⁸⁶ », permettant de « transformer le monde [...] de l'objectivité physique en un *monde projeté* [...], à savoir le monde sensible — structuré *qualitativement* et organisé *phénoménologiquement* — qu'est le monde de l'expérience vécue, le monde de la manifestation phénoménale³⁸⁷ ». Cet rapprochement a pour objectif d'intégrer l'univers morphologique des *objets sonores* à une « phénoménologie cognitive » capable de signifier les choses en tant qu'événements « dans un langage formel assez riche, sous forme de faits et de règles³⁸⁸ ».

Les spécificités structurales du monde sonore sont appréhendables à partir d'un processus de modélisation sémiologique qui comprend deux dimensions, à savoir : a) la dimension morphologique du monde naturel sensible — la forme de l'objet ou événement sonore, et b) son rapport au symbole — sphère sémiologique de l'événement sonore. Comme nous l'avons constaté au premier chapitre, pour ce qui est de la composition fondée sur le paysage sonore, la sphère sémiologique de l'événement acoustique — tel que définit par Schafer, se borne aux liens *indiciels* du paysage sonore, à savoir les sonorités maîtresses, les sons à valeur signalétique et les marqueurs sonores. Néanmoins, la perspective morphologique peut quant à elle dévoiler l'existence d'un principe fonctionnel d'organisation, similaire à celui observé par Eugène Narmour (1983). Selon l'épistémologue Jean Petitot (1989), combiner les deux dimensions concernant l'appréhension cognitive du monde nécessite une double théorie de l'émergence³⁸⁹. Or, cette théorie correspond au *principe de double organisation* et repose sur deux conditions.

³⁸⁴ Jackendoff, R., *Semantics and Cognition*. MIT Press, 1983.

³⁸⁵ Petitot, J., « Perception, cognition et objectivité morphologique » In McAdams, S., et al., *La musique et les sciences cognitives*, *Op.Cit.*, p.246.

³⁸⁶ *Ibid.*

³⁸⁷ *Ibid.*

³⁸⁸ Andler, D., « Progrès en situation d'incertitude », *Le Débat*, 5(47), 1987, pp. 5-25.

³⁸⁹ Petitot, J., « Perception, cognition et objectivité morphologique », *Op.Cit.*, p.252

D'une part, il faut « [...] développer une phéno-physique à partir des modèles morphodynamiques des phénomènes critiques et des phénomènes d'auto-organisation³⁹⁰ ». De ce fait, si nous voulons appréhender les caractéristiques globales d'un événement sonore, il faut commencer par étudier les éléments d'articulation (les phénomènes critiques) et leur disposition dans l'espace (auto-organisation) selon leurs propres manières d'organisation. D'autre part, on peut inférer que la cohérence du *niveau macro* se correspond à la logique du *niveau micro*, puisqu' « un signifié *macro* est assimilable à la topologie d'un attracteur d'une dynamique "micro" ³⁹¹ » — l'attracteur étant l'espace vers lequel le système évolue. Conséquemment, tant la topologie de l'espace (au niveau micro) que la cohérence d'un système organisé (au niveau macro) dépendent de la perception des éléments d'articulation et d'auto-organisation. Dès lors, « l'information servant d'entrée au système cognitif est non seulement physique, mais également morphologique. Elle est *pré-organisée* de façon déjà significative pour le système, et cela sur des bases *objectives*.

Toujours est-il que cette signification ne concerne sans doute pas directement le niveau symbolique ³⁹² ». Selon le principe de double organisation, la cohérence acoustique d'un système comme le paysage sonore dépend notamment des caractéristiques morphologiques de ses éléments d'articulation, d'autant plus que sa signification peut être déduite même en-deçà du niveau symbolique. Conséquemment, le principe de double organisation rend possible l'étude syntaxique des *CfPS* à partir d'une classification morphologique au niveau micro, sans toutefois porter atteinte aux principes de signification et référentialité propres à l'écologie acoustique.

Comme nous l'avons signalé auparavant, le principe de double organisation peut être mis en relation avec quelques idées liminaires de l'approche méthodologique proposée par Réti, en ce qu'elle « s'évertue à mettre en correspondance les éléments de base entre eux au sein d'un réseau permettant ensuite de dégager la forme globale [d'une] pièce³⁹³ ». Puis, ce principe rend compte d'une similarité « hiérarchique » des divers matériaux — rendus explicites aux niveaux esthésique et poïétique, ce qui nous renvoie à la question du principe fonctionnel d'organisation. Enfin, le principe de double organisation veut qu'une "unité de

³⁹⁰ *Ibid.*

³⁹¹ *Ibid.*

³⁹² *Ibid.*, p. 254

³⁹³ Lartillot, O., « Analyser sans réduire : un modèle cognitif d'induction d'analogies », *Op.Cit.*, p.198

sens” puisse être intégrée à une phénoménologie cognitiviste, sans négliger sa nature objective proprement morphologique.

III.4.2 La notion fonctionnelle de « hiérarchie »

Afin de parvenir à un ensemble d’outils d’analyse « cohérents avec la conception non-idéalisée du temps³⁹⁴ » — c’est-à-dire, respectueux du dispositif de perception temporelle et des principes de séparation auditive, la théorie hiérarchique avancée par Narmour (1983) se pose comme étant un instrument d’analyse assez convenable. Dans le cas qui nous occupe, la notion de hiérarchie comprend, d’une part, la logique de l’approche formaliste³⁹⁵ focalisée sur le processus esthésique de perception dénotative ; d’autre part, elle tient compte de l’approche structuraliste³⁹⁶ axée sur le système connotatif de composition, au niveau poïétique. Pour l’auteur de *Beyond Schenkerism*³⁹⁷, tenir compte des deux approches suppose d’être capable de distinguer entre la « structure idiolecte » (*idiostructure*) d’une pièce *unique*, et sa « structure stylistique » — conditionnée par un courant esthétique spécifique et relative au processus de composition. L’un des principes fondamentaux de la théorie avancée par Narmour est que les niveaux de hiérarchie ne peuvent être décomposés que partiellement. Cela signifie que chaque niveau de hiérarchie doit tenir compte des relations qu’il entretient avec d’autres niveaux hiérarchiques, ainsi qu’il doit considérer ses dépendances au niveau interne ou *micro*³⁹⁸. Sur cette base, Narmour argumente que la fonctionnalité des matériaux sonores ne peut être identifiée qu’à partir de leur niveau hiérarchique ; il indique que l’analyste « doit définir comment un niveau de hiérarchie agit fonctionnellement, compte tenu que, dans une véritable hiérarchie, la fonctionnalité des matériaux doit être analysée et symbolisée au niveau hiérarchique des matériaux ³⁹⁹ ». De

³⁹⁴ « [...] by enabling us to deal empirically with musical functions of ever-increasing number and complexity, the concept of hierarchy in this connection appeared to offer the only rational way to come to grips with the slippery factor of nonidealized time » Narmour, E., « Some Major Theoretical Problems Concerning the Concept of Hierarchy in the Analysis of Tonal Music », In *Music Perception : An Interdisciplinary Journal*, 1 (2), 1983, p.130

³⁹⁵ Telle que proposée par les théoriciens R. Réti, D. Cooke, E. T. Cone ou J. M. Fischer, parmi bien d’autres.

³⁹⁶ Approche avancée par H. Riemann, D. Tovey, W. Piston ou H. Schenker, pour ne citer qu’eux.

³⁹⁷ Narmour, E. *Beyond Schenkerism : The Need for Alternatives in Music Analysis*. Chicago London: the University of Chicago press, 1977.

³⁹⁸ « [...] A fundamental tenet of hierarchical theory, as opposed to systems theory, is that hierarchical levels can only be partly disassembled. This means that a given level must be explained both in terms of itself and the other levels it gives rise to ». Narmour, E., *Some Major Theoretical Problems Concerning the Concept of Hierarchy... Op.Cit.*, pp.137

³⁹⁹ *Ibid.*, pp.148

ce point de vue, ce n'est qu'à partir de la notion de hiérarchie qu'un système fonctionnel peut être déchiffré.

Si nous partons du principe que la fonctionnalité des éléments au sein des *CfPS* correspond aux relations qu'entretiennent les deux structures hiérarchiques avancées par Narmour, à savoir l'idiostructure et la structure stylistique, il s'avère donc nécessaire de repérer les réactions ou interférences, tant au niveau perceptif qu'à partir de ce que le compositeur lui-même laisse entrevoir au moyen de techniques d'agencement telles que la répétition, la transformation, etc. Étant donné ces points sensibles, on infère que la théorie hiérarchique permet à l'analyste d'adopter une posture vis-à-vis de la structure, soit dans une quête *stylistique*, soit dans une quête *idiolecte*. Si d'un côté, la quête stylistique cherche à établir les règles de base nécessaires pour identifier un ensemble de pratiques constituant une approche esthétique particulière, d'un autre côté, la quête idiolecte vise à détecter les particularités d'une œuvre spécifique. Pour cela, elle est axée sur l'identification de l'*unité de contenu et de forme* qui « régit les divers niveaux d'organisation⁴⁰⁰ » sous forme de diagramme structural, s'établissant ainsi « un réseau de formes homologues qui constitue le *code particulier de l'œuvre*⁴⁰¹ ».

Le caractère distinctif de chaque *CfPS* réside dans la disposition particulière des matériaux qui la composent, aussi bien qu'il demeure dans le choix d'une technique spécifique d'enregistrement, de montage, de mixage et de manipulation électroacoustique. En retour, la nature stylistique des *CfPS* dépend du choix des matériaux sonores de base, compte tenu de la volonté de restructuration poïétique de l'environnement sonore. Il est indispensable alors d'entreprendre un processus de catégorisation sonore comme méthode d'identification de l'*unité de contenu et de forme* pour l'analyse idiolecte et stylistique de la composition fondée sur le paysage sonore.

Compte tenu de l'approche hiérarchique d'analyse, nous abordons pour continuer la question de la catégorisation typomorphologique des événements sonores.

⁴⁰⁰ Eco, U., *Op. Cit.*

⁴⁰¹ *Ibid.*

III.4.3 Système de catégorisation typomorphologique et d'analyse fonctionnelle

Dans le domaine de l'écologie acoustique, le concept d'*événement sonore* est central. Il diffère de la notion d'*objet sonore* en tant que le premier se définit comme un objet acoustique *symbolique, sémantique et/ou structural*⁴⁰², susceptible d'entretenir des relations avec l'environnement sonore. Ce concept est symbolique dans le sens où il représente, désigne et/ou dénote une cause physique, en même temps qu'il est d'ordre sémantique en ce qu'il est déterminé par ce qu'il représente, désigne ou dénote. En revanche, ce concept est structural en ce sens qu'il est capable d'articuler et de donner une structure à l'environnement, sous forme de paysage sonore.

Comme il a été exposé au chapitre I, nous tenons à croire que cette manière de concevoir l'événement sonore relève d'une forme d'écoute *diégétique*, puisqu'elle favorise deux types de focalisation convenables à l'écoute : une première, que nous pouvons décrire comme *hétéro-diégétique*⁴⁰³ ou *externe* ; une deuxième, *homo-diégétique* ou *interne*, où c'est l'auditeur qui participe activement⁴⁰⁴. Dans cet esprit, l'approche hiérarchique permet de schématiser le rôle des unités sonores qui structurent le paysage sonore des CfPS. Mais comment faire pour mettre en place un dispositif d'analyse fonctionnelle fondé sur la notion de hiérarchie ?

Sur la base de la notion de grille fonctionnelle (Roy 2003) et de notation spectromorphologique (Smalley 1986, 1993), nous avons complété notre dispositif de notation par un mécanisme d'indexation typomorphologique. En prenant comme point de départ le modèle de caractérisation des événements sonores saillants, nous avons groupé les divers matériaux par famille typologique, en ayant recours au logiciel *EAnalysis*. Notre démarche a consisté à regrouper les diverses saillances par typomorphologie, conformément à la nomenclature schaefferienne⁴⁰⁵. Pour ce faire, nous avons combiné les deux systèmes de nomenclature analytique susmentionnés, aux fins de rendre explicites les modes de relation structurale au sein de la CfPS. Nous avons ainsi établi un système de

⁴⁰² Schafer, M., *Our Sonic Environment and the Soundscape*, Op.Cit., pp. 274-275

⁴⁰³ Guillemette L. et Lévesque C., *Gérard Genette : Narratologie / Signo – Théories sémiotiques appliquées*, site web <http://www.signosemio.com/genette/narratologie.asp>, consulté le 28 février 2017.

⁴⁰⁴ Nous renvoyons le lecteur au chapitre II.4

⁴⁰⁵ Ces analyses illustrent à la fois la caractérisation des événements sonores — depuis une approche typomorphologique, et la caractérisation fonctionnelle déterminant les modes d'agencement sonore au sein des CfPS. Ces illustrations peuvent être consultées sur le lien <https://www.danielmancero.com/analyses>

notation fonctionnelle adaptée à la CfPS, concernant tant les modes de développement morphologique que les modes de relation structurale des événements acoustiques.

Pour continuer, nous présentons les symboles de représentation auxquels nous avons eu recours pendant le processus d'analyse fonctionnelle (figures III.3 et III.4).

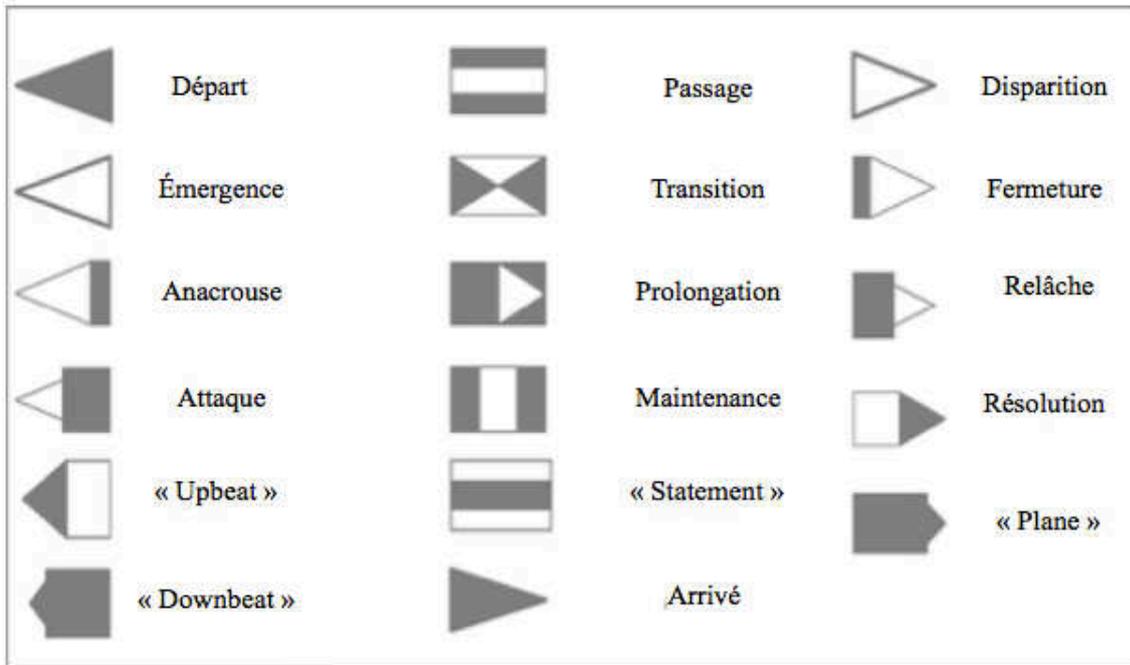


Figure III.3 Nomenclature de la notation spectromorphologique

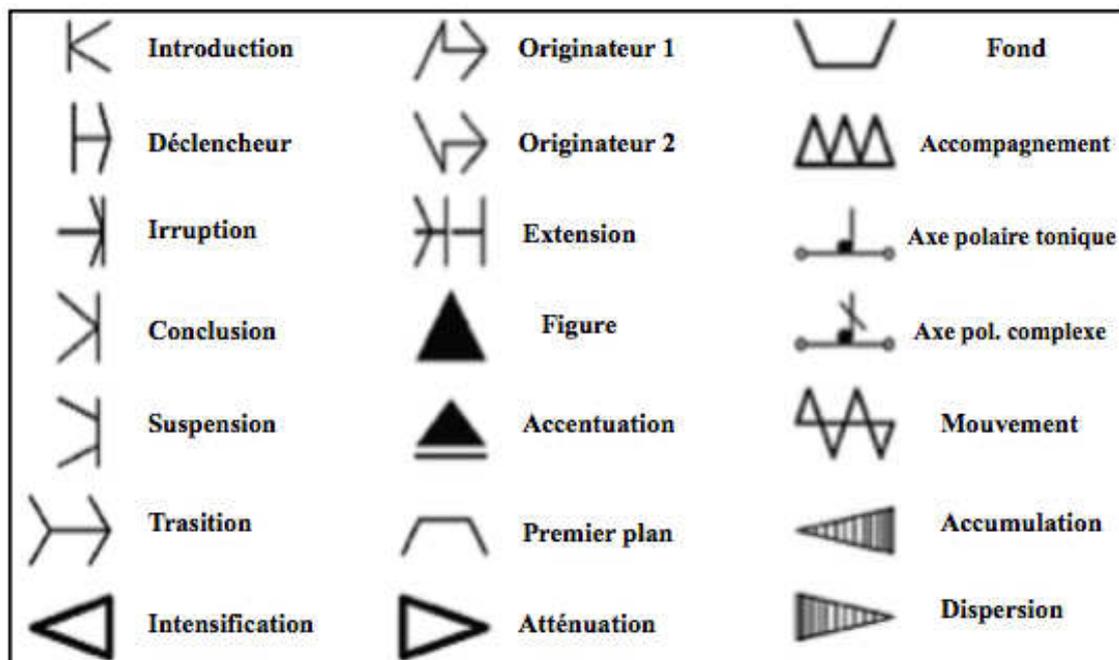


Figure III.4 Codes de représentation issus de la grille fonctionnelle

Cette procédure nous permet de représenter le contenu morphologique des CfPS au moyen d'une liste détaillée des événements sonores — déjà identifiés lors d'un processus préalable de caractérisation selon leur source (détaillé au chapitre III.2). Pareillement, elle laisse entrevoir la structure globale dans le processus d'agencement des matériaux sonores prépondérants, ouvrant ainsi la voie au dévoilement de la forme musicale des CfPS.

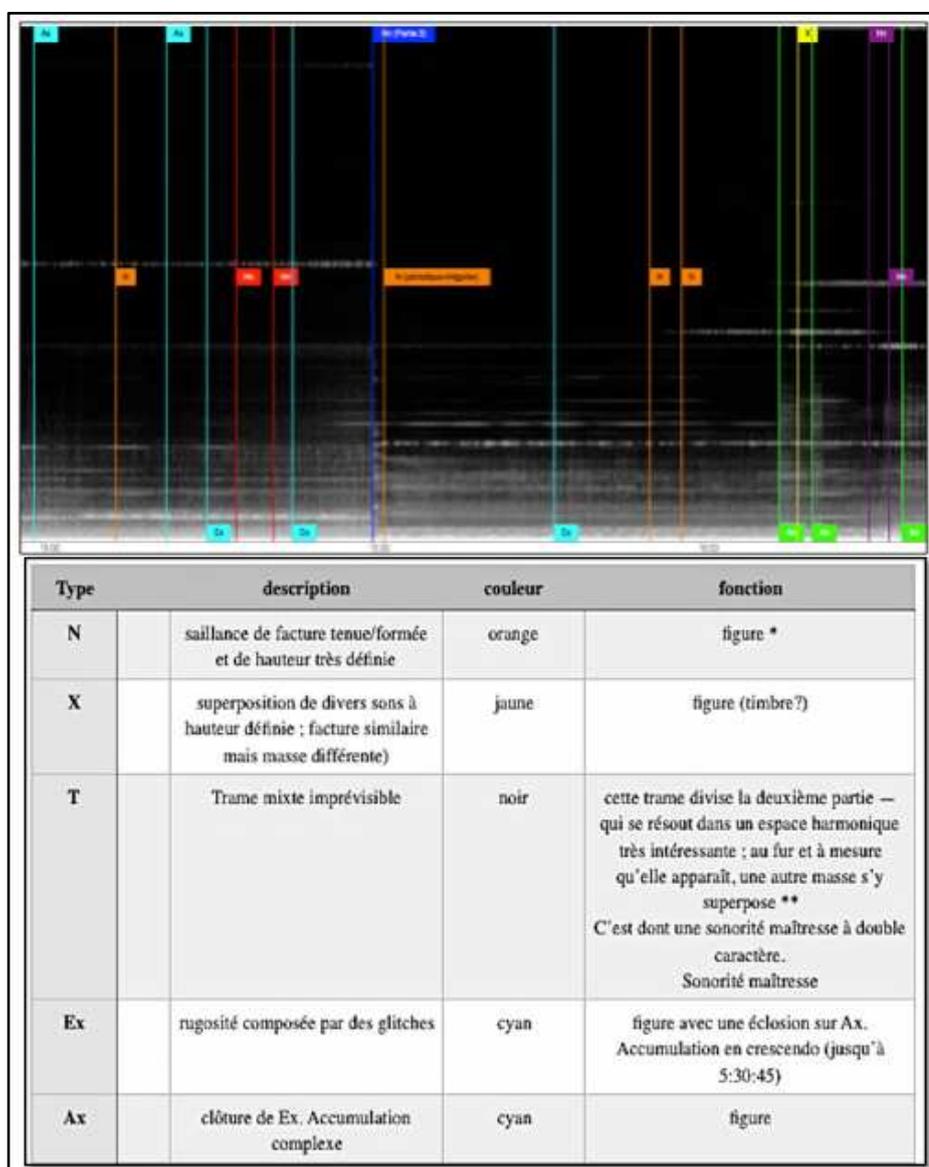


Figure III.5 Analyse typologique et descriptive des événements saillants⁴⁰⁶.

Quand bien même ce procédé rappelle la méthodologie suivie par John Dack, force est de préciser que la caractérisation des saillances ne vise pas à la comparaison de sources entre elles, mais plutôt à l'étude paradigmatique des matériaux qui donnent forme aux CfPS

⁴⁰⁶ Dans cet exemple, les annotations ont été réalisées lors de l'analyse de *Airport Symphony : A Brief Life*. Il s'agit d'une œuvre composée par Christopher Charles (2007) dont le fragment correspond au minutage suivant [5 :00 — 6 :20]. Pour approfondir, nous renvoyons le lecteur à l'annexe 2.11 de ce mémoire de thèse.

(figure III.5). Ainsi, la caractérisation des événements sonores saillants — fondée sur la typomorphologie schaefferienne — dispose que les matériaux étudiés soient classifiés selon leur empreinte sonore, dans un souci de délimiter les attributs acoustiques du paysage sonore. De même, leur catégorisation typomorphologique rend possible l'analyse des stratégies de composition d'un point de vue fonctionnel, après quoi il sera possible de constituer un modèle des CfPS au niveau poétique.

Sur la base du principe de double organisation, nous avons fixé les lignes directrices relatives à l'implémentation d'un système à la fois de classification des événements sonores et de catégorisation de l'environnement sonore, fondé sur la typomorphologie schaefferienne. Ce système permettant d'organiser le contenu des CfPS d'un point de vue morphologique, nous visons à examiner quels sont les mécanismes fonctionnels permettant d'aborder la composition musicale fondée sur le paysage sonore, en ayant fondamentalement recours à la notion de hiérarchie.

Néanmoins, étant donné que la notion de hiérarchique implique une structure stylistique globale dans le domaine des CfPS, il est indispensable d'aborder la question méthodologique du recensement de cette forme de création musicale.

III.5 Consolidation d'un corpus représentatif des CfPS

Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, les compositions fondées sur le paysage sonore répondent à des principes théorétiques issus de l'écologie acoustique que l'on peut dater de 1977 — date de publication de l'ouvrage séminale de l'écologie acoustique, *The Tuning of the World*. Or, les caractéristiques qui confèrent aux CfPS leur identité distincte au sein des arts sonores et de la musique électroacoustique s'appliquent aussi naturellement à d'autres compositions qui datent d'avant les années 1970⁴⁰⁷. Se pose alors la question de savoir comment recenser ce répertoire de manière pertinente et équilibrée, sans négliger de prendre en compte un nombre significatif de compositeurs — aux fins de constituer un corpus qui soit suffisamment représentatif, tout en respectant le caractère idiolecte des CfPS.

La section qui suit consiste à faire un recensement détaillé des compositions électroacoustiques ayant recours à l'environnement sonore comme source d'éléments de base. Dans cet esprit, nous définissons les particularités pour la phase suivante qui sera davantage axée sur la de prospection bibliographique et discographique d'un répertoire musical fondé sur le paysage sonore.

III.5.1 Recensement bibliographique de CfPS

Nous avons mis en place un dispositif assez large de recensement d'œuvres musicales ayant recours à des éléments issus de l'environnement sonore. Comme point de départ, nous avons consulté divers travaux théorétiques portant sur le paysage sonore, l'écologie acoustique et le design acoustique. Tout d'abord, nous avons tracé les grandes lignes de la théorie de l'écologie acoustique et des pratiques artistiques reliées, pour établir un répertoire bibliographique de base. Notamment, nous avons eu recours aux ouvrages de Murray Schafer (1969, 1973, 1977), de Barry Truax (1984, 1995) et de Hildegard Westerkamp (1988), parmi d'autres (annexe 3.1). Dans le but d'établir une liste liminaire qui prenne en considération l'ordre diachronique des œuvres, nous avons constitué une première liste, illustrée dans le tableau III.5. Elle comprend le nom de vingt-quatre compositeurs auxquels les ouvrages susmentionnés font référence, couvrant une période allant de 1939 à 2003.

⁴⁰⁷ Truax, B., *Acoustic Communication*, Op.Cit., p.207

Compositeur	année	Compositeur	année
John Cage	1939	Denis Smalley	1974
Edgar Varèse	1953	Jack Body	1974, 1978
Hugh Le Caine	1955	Bengt Hambreus	1974
Luciano Berio	1958	Hildegard Westerkamp	1975, 1981
Toru Takemetsu	1960	Bernard Parmegiani	1976, 2002, 2005
Barry Truax	1961-1987	Luc Ferrari	1977, 1989
François Bayle	1963, 1970	David Keane	1978
Henri Chopin	1971	Anne Holmes	1978
Jan Boerman	1972	Michel McNabb	1978
Charles Amirkhanian	1972, 1974	Paul Lansky	1979
Charles Dodge	1974, 1975	Robert Ashley	2003
Peter Huse	1974	Canadian Group	<i>Pas de traces</i>

Tableau III.5 *Liste liminaire de compositeurs par recensement bibliographique*

Postérieurement, nous avons étendu la recherche à d'autres sources bibliographiques (voir annexe 3.2) —dont notamment Fiona Richards (2007), Bernie Krause (2016) et Brian Pijanowski (2011). Sur la base de leurs travaux, nous avons défini les paramètres de recherche discographique, au moyen d'un système d'exploration centré sur l'application d'un petit catalogue de mots clés (voir annexe 3.3).

III.5.2 Recensement discographique de CfPS et processus de sélection

Pour compléter les informations rassemblées lors de notre recensement bibliographique, nous avons eu recours à divers moteurs de recherche discographique sur internet⁴⁰⁸. Nous avons restreint le champ d'exploration en limitant strictement le nombre de critères de recherche — à savoir, « Soundscape composition », « Sound Art » et « Field Recording », ayant pour but de cibler le répertoire selon le dispositif de composition et les matériaux de base employés. Par ailleurs, nous avons consulté les archives sonores des fonds de l'INA, de la Bibliothèque Nationale de France, de l'IRCAM et du « Canadian Music Center »⁴⁰⁹,

⁴⁰⁸ Notamment *Quobuz*, *Spotify Discogs* et *Soundcloud*.

⁴⁰⁹ Site web : www.centremusic.ca

en ayant recours à une terminologie de recherche issue du recensement bibliographique (voir annexe 3.3). À titre liminaire, nous avons consolidé une deuxième liste de compositeurs centrés sur la *CfPS* (voir annexe 3.4).

Pendant le processus de sélection, nous avons privilégié les œuvres contenant assez d'éléments référentiels de l'environnement sonore, en accord avec les critères éco-acoustiques d'appartenance⁴¹⁰. Selon la documentation retracée, nous avons pu identifier diverses catégories pour le classement du répertoire⁴¹¹. Sur la base de ces critères, la liste de compositeurs que nous avons retenue s'est réduite significativement.

Par ailleurs, force est de constater que, parmi les *CfPS* mentionnées, ce sont celles de Barry Truax et de Hildegard Westerkamp qui se démarquent du reste en raison de leur prolificité⁴¹². C'est pourquoi nous avons estimé pertinent de considérer plusieurs de leurs œuvres pour dresser une liste représentative de la *CfPS*. Ce processus nous a permis d'aborder une nouvelle phase de classification, consistant à cibler les pièces les plus illustratives — en ce qui concerne l'utilisation d'éléments issus de l'environnement — dans le répertoire personnel de chaque compositeur.

Après avoir passé en revue une quarantaine d'œuvres ayant recours à l'environnement sonore comme source de matériaux (annexe 3.6), et compte tenu de l'hétérogénéité du répertoire d'un point de vue chronologique, nous avons consolidé une liste de douze pièces représentatives de la *CfPS*, sur un répertoire de huit compositeurs allant de 1985 jusqu'à nos jours (Tableau III.7). Ces compositions ont été choisies en raison de leur représentativité dans le corpus étudié, de même qu'en vertu de leur hétérogénéité — tant au regard des matériaux utilisés, que des techniques de manipulation et de diffusion.

⁴¹⁰ Autrement dit, selon leur transcontextualité. Voir chapitre II.4

⁴¹¹ Il s'agit de termes subsidiaires spécifiques autres que *Soundscape composition*. Voir annexe 3.3, consacré à la terminologie de recherche

⁴¹² Il faut souligner aussi la vaste production théorique qui accompagne les compositions de Barry Truax et Hildegard Westerkamp, respectivement. Vu leur importance pour l'étude qui nous occupe, nous avons répertorié leurs *CfPS* dans une liste complémentaire (voir annexe 3.5)

Compositeur	pièce	année
Jean Claude Risset	Sud I	1985
Barry Truax*	Pacific Fanfare	1996
	Pendlerdrøm	1997
	Island	2000
Hildegard Westerkamp *	Beneath the Forest Floor	1996
	Gently Penetrating Beneath the Sounding Surfaces of Another Place	1998
Francisco López	Untitled Music for Geography	1997
	Untitled #204	2007
Damián Keller	Metrophonie	2005
Camila Hannan	Double Glazed	2007
Christophe Charles	Airport Symphony: A Brief Life	2007
Yannick Dauby	Nous les défunts	2016

Tableau III.7 Liste représentative des CfPS

III.6 Segmentation des flux audio : un premier outil pour modéliser l'articulation au sein des CfPS

À l'aide du dispositif de repérage et de caractérisation typomorphologique de saillances que nous avons mis en place⁴¹³, il est désormais possible d'inférer la structure musicale des CfPS. Nous tenons à croire qu'il est envisageable, à partir de ce dispositif, de dévoiler le système d'organisation acoustique qui rend compte des stratégies de CfPS. Or, la question se pose de savoir si cette approche purement perceptive s'avère suffisante — étant axée fondamentalement sur le niveau esthétique des œuvres, et s'il est possible de passer par un processus complémentaire de segmentation, fondé sur les critères typomorphologiques du son, en correspondance avec les dimensions paramétriques de la matière sonore.

Sur la base des travaux de Denis Smalley⁴¹⁴, David Huron⁴¹⁵ et James Andean⁴¹⁶ portant sur la théorie de la prévision, nous partons du principe que l'expérience musicale acousmatique correspond à une perception à double modalité — *dual layers*⁴¹⁷, les deux modalités étant l'*écoute musicale* — centrée sur la dimension syntaxique du flux audio, et l'*écoute narrative* — correspondant à l'identification d'images auditives et d'indices pendant la perception⁴¹⁸. Cette dualité suppose que les dimensions paramétriques de la matière sonore s'organisent en deux groupes, selon le degré de *curiosité*⁴¹⁹ de l'auditeur et, de ce fait, selon la *conduite d'écoute* adoptée. Dans le domaine des CfPS, tant la *curiosité épistémique* que les *préférences de conduite*⁴²⁰ sont déterminés et actionnés par un nombre de facteurs

⁴¹³ Nous faisons référence notamment à la méthodologie analytique présentée au chapitre III.2.3 de ce mémoire de thèse.

⁴¹⁴ Smalley, D., « The listening imagination: Listening in the electroacoustic era », *Contemporary Music Review* 13, 1996, pp. 77-107.

⁴¹⁵ Huron, D., *Sweet Anticipation : Music and the Psychology of Expectation*, A Bradford Book. Cambridge (Mass.): MIT Press, 2007.

⁴¹⁶ Andean, J., « The Musical–Narrative Dichotomy: Sweet Anticipation and Some Implications for Acousmatic Music ». *Organised Sound*, 15(2), 2010, pp. 107-15.

⁴¹⁷ *Ibid.*

⁴¹⁸ Comme nous l'avons vu au chapitre II.1.4, l'écoute narrative est en rapport avec la conduite d'*écoute figurative* proposée par François Delalande.

⁴¹⁹ « [...] The mechanism of epistemic curiosity [...] works through the equivalent of conceptual conflict, and its function is an eminently motivational one ; its recognition of match or mismatch determines whether the search for a solution end or continues, and its characterization of the mismatch determines the direction in which the search for a solution is pursued » Berlyne, D., *Conflict, Arousal and Curiosity* (1960). Martino Fine Books, 2014, p.303

⁴²⁰ Morris, C., *Signs, Language and Behavior*, New York : Prentice-Hall, 1946. Cité par Berlyne, D., *Conflict, Arousal... Op.Cit.*, p.229

épistémologiques qui relèvent essentiellement du domaine esthétique⁴²¹, étant donné que la cognition — face à une œuvre artistique — confère un “statut préférentiel” aux éléments de la perception⁴²². Alors, du point de vue esthétique, nous formulons l’hypothèse que l’écoute musicale des *CfPS* a trait non pas exclusivement à des facteurs référentiels, mais surtout elle est axée sur des spécificités acoustiques qui rendent compte de la *qualité* morphologique du son.

Compte tenu du principe de double organisation et en accord avec les principes de prévision mentionnés ci-dessus, nous présentons un dispositif de segmentation fondé sur la description des spécificités acoustiques, aux fins de confirmer les informations recueillies pendant le processus de caractérisation perceptive. Notamment, nous visons à apporter des précisions sur les questions suivantes :

- 1) Les saillances repérées, à quels changements morphologiques correspondent-ils ? Sont-ils décelables par repérage de pics d’amplitude ou de distribution spectrale ?
- 2) Au sein de la *CfPS*, la forme musicale repérée peut-elle être inférée automatiquement selon la distribution des matériaux dits saillants ?
- 3) Les stratégies de *CfPS*, répondent-elles à une planification volontaire d’organisation sonore, déterminée par les caractéristiques morphologiques des matériaux acoustiques décelables ?

Chacun de ces impératifs est approché au moyen de divers outils d’analyse, mis en place selon certains critères de pertinence sur le plan acoustique que nous détaillons par la suite.

⁴²¹ Nous employons le terme esthétique pour rendre compte de la nature des mécanismes de perception d’une œuvre d’art. Plus précisément « The content of art can range over virtually the whole scope of human communication. [...] Art is, however, distinguished from other forms of communication by the importance of an element that Morris (1946) brings to our notice, namely the *communication of evaluations*. The audience of a work of art is made to regard something as important, pleasing, or beautiful, to accord it a “preferential status” as a stimulus competing for control over behavior [...] ». Morris, C., *Op.cit.*

⁴²² Pour approfondir, voir Morris, C., *Signs, Language and Behavior, Op.Cit.*

III.6.1 Développement d'outils de segmentation audio

Nous sommes partis du principe qu'une saillance « se distingue nettement par contraste par rapport à son fond, l'espace "substrat" dans lequel habite la forme⁴²³ ». Conséquemment, nous avons implémenté une série de patches d'analyse⁴²⁴ dans le domaine du traitement du signal, fondés sur la distribution de Dirac pour le calcul des pics d'amplitude (voir figure III.6).

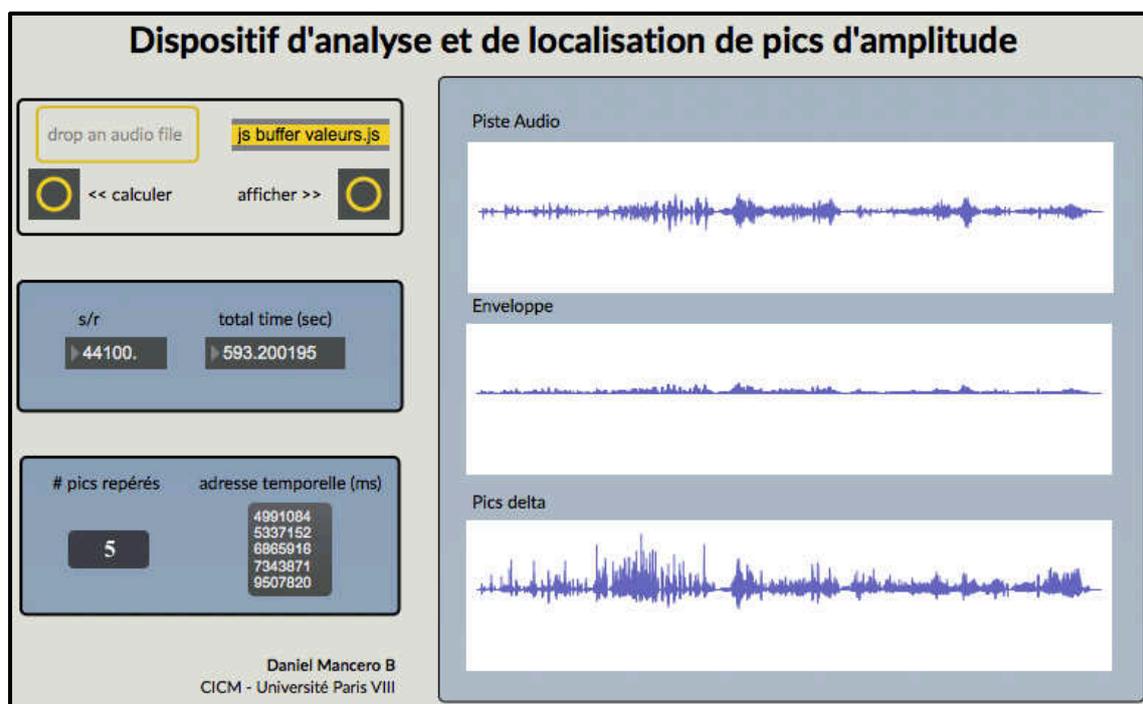


Figure III.6 Dispositif d'analyse et de localisation de pics d'amplitude⁴²⁵

En ayant recours au langage de programmation *javascript*, nous avons calculé l'amplitude des échantillons audio selon un seuil d'amplitude et un paramètre d'hystérésis réglables⁴²⁶. Le seuil d'amplitude sert à fixer une valeur limite du dessus de laquelle les valeurs sont considérées comme des pics d'amplitude, tandis que la valeur de hystérésis détermine l'écart entre le seuil fixé et les valeurs calculées. Le code dont il est question est structuré en trois parties, à savoir : a) un module de lissage et d'atténuation des hautes fréquences par filtrage unipolaire passe-bas (annexe 4.2) ; b) un module d'analyse des pics

⁴²³ Thom, R., *Esquisse d'une Sémiophysique. Physique aristotélicienne et Théorie des Catastrophes*, Paris : InterEditions, 1988, p.17.

⁴²⁴ Ce dispositif est détaillé dans l'annexe 4.1 de ce mémoire de thèse

⁴²⁵ Nous renvoyons le lecteur au « **dispositif d'analyse et de localisation de pics d'amplitude** » [logiciel stand-alone], téléchargeable sur le site : <https://www.danielmancero.com/outils-d-analyse-audio>

⁴²⁶ Dans cet exemple, nous avons analysé les pics d'amplitude de Sud-I de J.-C. Risset, en imposant un seuil d'amplitude à 75% de l'énergie maximale repérée (voir annexe 4.4).

d'amplitude (annexe 4.3), et c) une section destinée à l'imposition d'un seuil d'amplitude et d'une valeur d'hystérésis (annexe 4.4) — celle-ci étant la propriété présentée par un système dont l'état à un instant donné dépend de toute son évolution antérieure⁴²⁷. Avec ce dispositif, il est possible d'identifier et de localiser les pics d'amplitude les plus saillants à l'intérieur d'une *CfPS*, avec beaucoup de précision. Cela permet de cibler l'adresse exacte des saillances correspondantes, et donc d'aborder l'étude structurelle des *CfPS* à partir de l'analyse des événements saillants, du point de vue temporel. Or, il convient de se demander si, en suivant cette méthode de calcul, toutes les typomorphologies qui s'avèrent saillantes à l'écoute peuvent être repérées (au moins une fois) de par leur amplitude ou selon l'amplitude des transitoires d'attaque.

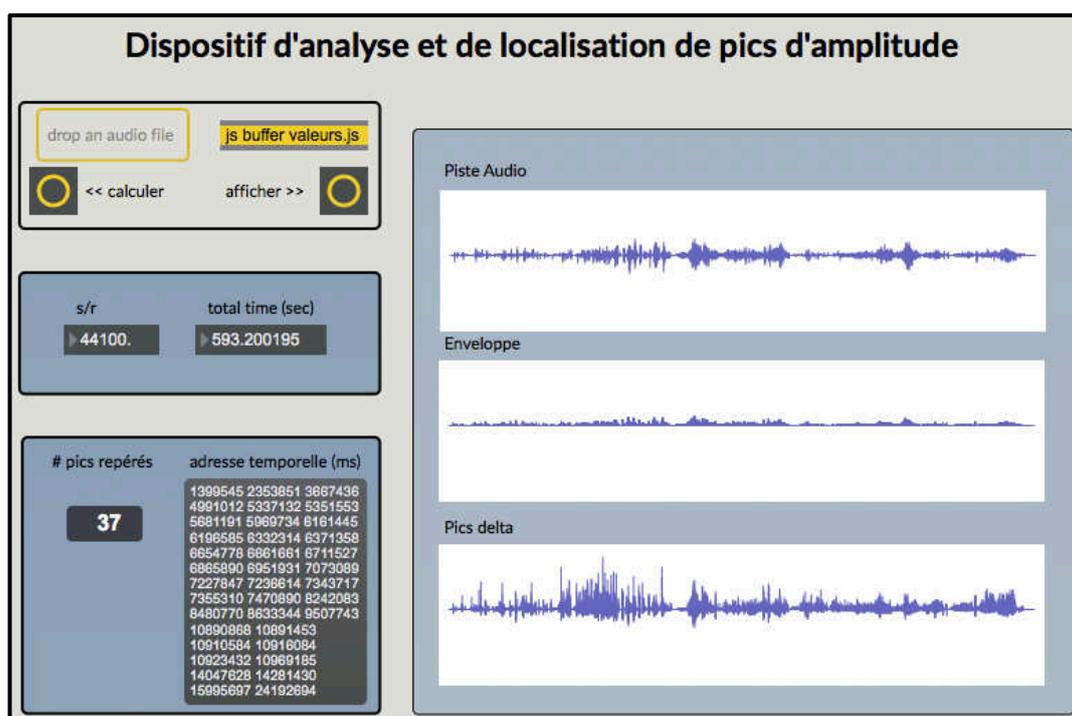


Figure III.7 Analyse et localisation de pics avec un seuil d'amplitude à 50%

Dans le dispositif que nous détaillons, nous avons calculé les pics d'amplitude dans la composition « Sud – I », de Jean-Claude Risset, de deux manières distinctes. En imposant un seuil d'amplitude de 75% (dans le script du code java), nous avons repéré cinq pics delta d'amplitude (voir figure III.6), tandis qu'avec un seuil de 50%, nous en avons trouvé trente-sept (voir figure III.7). En revanche, lors du repérage auditif (comme illustré à la figure III.5), nous avons trouvé cent-quatre-vingt-cinq saillances de diverse typomorphologie. Donc, compte tenu du fait qu'un seuil d'amplitude inférieur à 50% n'est pas pertinent, nous

⁴²⁷ Pour la consolidation de ce script, nous avons étudié l'accès au tampon mémoire MSP, en Max. Pour ce faire, nous avons consulté le site <https://cycling74.com/author/77/#.WHdvypLtuRs>, (site consulté le 12 janvier 2017). Le patch que nous montrons ici est donc une première approximation, issue de l'adaptation du code java présenté par Timothy Place.

avons consolidé un logiciel d'analyse fondé sur la même base de calcul et détection⁴²⁸, aux fins de faciliter l'étude comparative des saillances repérées. Ce deuxième dispositif permet de visualiser les pics d'amplitude calculés, en même temps qu'il permet de connaître la date des saillances annotées préalablement en EAnalysis. Il comprend un module de lecture des informations issues du logiciel EAnalysis, dont le rôle est d'afficher un marqueur unique de lecture sur la piste audio, selon les instants de chaque saillance⁴²⁹. À l'aide de cet outil, nous pouvons déterminer si l'amplitude est le seul critère déterminant dans le repérage de saillances (voir annexe 4.4).

Grâce à ce deuxième dispositif (voir figure III.8), nous avons pu apprécier les coïncidences entre les saillances repérées perceptivement et celles calculées selon la formule de pics d'amplitude. L'étude comparative des événements saillants réalisée sur ce dispositif montre quels types d'événements acoustiques saillaient en raison de leur amplitude. Nous montrons les équivalences trouvées dans « Sud I » de Jean Claude Risset (tableau III.8) : les index de repérage automatisé (R-A) se trouvent à gauche du tableau, en correspondance avec les index du repérage perceptif (R-P), au centre. À droite, on trouve la nomenclature typomorphologique correspondante à chaque saillance repérée.

⁴²⁸ Nous renvoyons le lecteur à l'application « **Outil de calcul de pics de dirac / adresse temporelle des saillances repérées** », téléchargeable sur le site <https://www.danielmancero.com/outils-d-analyse-audio>

⁴²⁹ Au chapitre suivant, nous expliquons plus en détail l'architecture de ce dispositif d'analyse comparative (voir chapitre III.6.3)



Figure III.8 Patch de calcul des pics de Dirac en corrélation avec l'adresse temporelle des saillances repérées⁴³⁰

Il est d'ailleurs important de souligner que, d'après cette analyse comparative, il va de soi que l'amplitude n'est pas le seuil critère de saillance à prendre en compte. Par conséquent, nous présentons un troisième outil d'analyse ayant pour but d'identifier les points d'articulation musicale des *CfPS* au niveau macro, avec plus de précision. Pour la mise en place de ce dispositif, nous avons pris comme modèle le package Meapsoft⁴³¹. La consolidation de ce dispositif s'est fondée sur un processus de réappropriation et d'adaptation de quelques modules *mxj*⁴³², servant ponctuellement à instancier des codes écrits en java⁴³³ pour la segmentation audio.

⁴³⁰ L'Outil de calcul de pics de Dirac est disponible sur le lien suivant : <https://www.danielmancero.com/outils-d-analyse-audio>

⁴³¹ MEAPsoft — Computers Doing Strange Things with Audio : www.meapsoft.com. Site consulté le 10 juillet 2018

⁴³² Pour approfondir, voir <https://docs.cycling74.com/max5/refpages/max-ref/mxj.html>, site consulté le 10 juillet 2018

⁴³³ Nous renvoyons le lecteur aux annexes 4.5 et 4.6.

Analyse comparative de saillances repérées (Sud I)

index R-A	index R-P	Typol. (TARTYP)
1	13	X'
2	27	N''
3	50	
4	68	N
5	78	
6	79	Zx
7	82	N
8	83	X''
9	84	
10		
11 → 23	85	
24	89	N'
25	93	Ay
26	95	
27	96	Zn
28	104	N'
29 → 33	107	Ax
34	124	E
35	125	X'
36	133	E
37	200	An

Tableau III.8 Analyse comparative de saillances, Sud I

Le code que nous avons adapté a pour fonction de découper un flux audio à l'aune de deux paramètres réglables spécifiques, à savoir la sensibilité et la densité (voir figure III.9). Au moyen de ce dispositif, il est possible de segmenter les fichiers audio et d'avoir un aperçu en temps réel de chaque portion, en fonction des deux variables de calcul. Le paramètre de densité nous permet de segmenter le flux audio en fonction de la facture des matériaux étudiés, tandis que le paramètre de sensibilité accomplit le rôle de seuil d'amplitude. Sur la base du calcul de l'amplitude, ce dispositif permet de localiser les points d'articulation au niveau macro — c'est-à-dire au niveau de la forme globale —, avec beaucoup plus de précision. Ce module comprend deux paramètres sur la base desquels est calculé la variabilité d'amplitude : ce que nous dénommons *sensibilité* correspond au seuil minimal

de détection de la fluctuation dans le domaine de l'amplitude, tandis que par *densité* nous faisons référence à la longueur minimale des portions lors du processus de segmentation⁴³⁴.

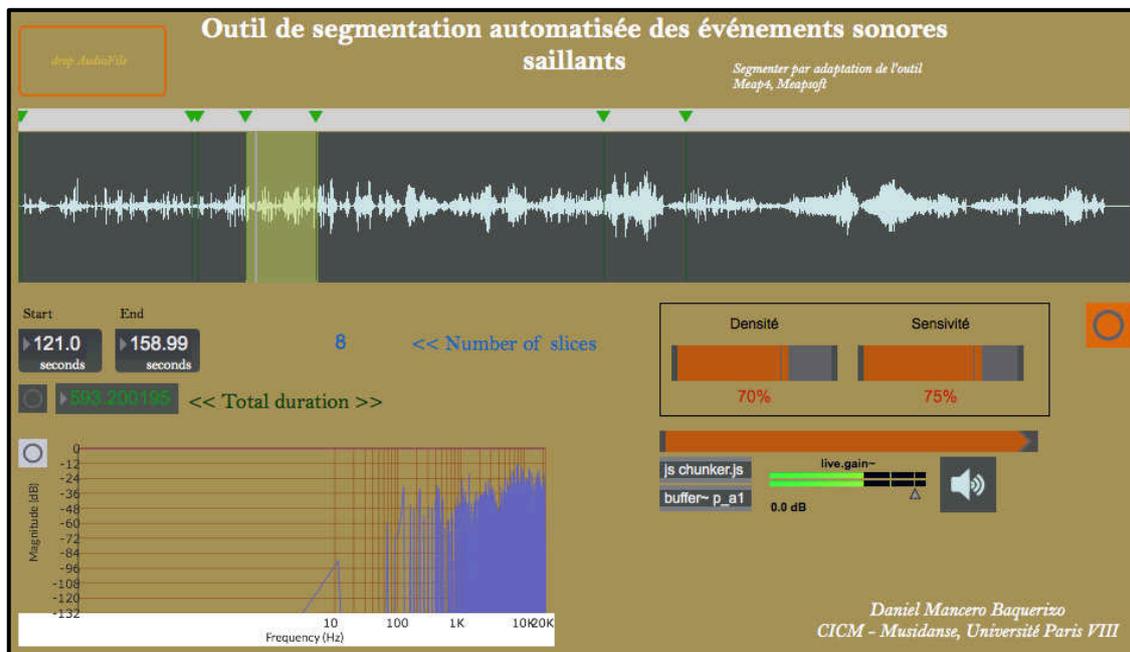


Figure III.9 Outil de segmentation des “objets sonores” (bibliothèque meap)⁴³⁵

Toujours est-il que les dispositifs que nous avons mis en place jusqu’à présent ne répondent qu’à une seule des dimensions de saillance acoustique, à savoir les changements d’amplitude⁴³⁶. Or, la typomorphologie schaefferienne à laquelle nous avons eu recours lors du processus de classification permet de rendre compte de la qualité sonore d’un événement d’un point de vue phénoménologique. Cette posture cherche à savoir « comment percevoir le sonore en masse⁴³⁷ », tant au niveau typologique que morphologique. Or, si d’une part la typologie permet de distinguer les sons « selon que la masse est fixe ou variable⁴³⁸ », d’autre part, la morphologie rend compte de la qualité spécifique de la masse sonore, tantôt tonique, tantôt nodale ou cannelée⁴³⁹. Il est de surcroît nécessaire d’aborder une question fondamentale : quels sont les critères acoustiques qui

⁴³⁴ Pour approfondir, nous encourageons le lecteur à réviser notre « Outil de segmentation des objets sonores », disponible sur le lien suivant : <https://www.danielmancero.com/outils-d-analyse-audio>

⁴³⁵ Le « Patch de segmentation des objets sonores » est consultable sur le lien suivant : <https://www.danielmancero.com/patches-analyse>

⁴³⁶ Les dispositifs que nous avons présentés jusqu’ici mesurent le caractère saillant des composantes audio à partir d’une pondération des valeurs d’amplitude selon un seuil réglable. Dans la section suivante, nous étudions la possibilité d’étendre notre analyse à d’autres dimensions acoustiques.

⁴³⁷ Schaeffer, P., *Traité des Objets Musicaux, Op. Cit.*, pp.519

⁴³⁸ *Ibid.*

⁴³⁹ *Ibid.*

conditionnent le compositeur et qui déterminent les stratégies de composition fondée sur le paysage sonore ?

À ce propos, nous voudrions revenir sur les travaux de Stephen McAdams portant sur la perception sonore. En 1984, le psycho-acousticien affirme qu'« une dimension peut s'avérer porteuse de la forme si des configurations de valeurs le long de cette dimension peuvent être encodées, organisées, reconnues et comparées avec d'autres configurations de même provenance⁴⁴⁰ ». Alors, nous posons la question de savoir comment quantifier les *configurations* de la masse sonore dans un continuum. Pareillement, nous nous demandons sur quelles dimensions morphologiques ces configurations sont encodées pendant un processus syntaxique de composition. Nous tenons à croire qu'une quantification de la variation de la masse sonore s'avère possible au moyen d'une « décodification syntaxique » axée sur les caractéristiques acoustiques propres à chaque événement. C'est pourquoi nous avançons l'idée qu'il est possible de rendre évidente les stratégies de *CfPS* à l'aide d'un dispositif de quantification de la variance de masse, au niveau spectral. Pour que cela soit possible, nous devons tenir compte des conditions de saillance et de la qualité typomorphologique de l'environnement, au moment où les unités structurales saillantes se produisent. D'abord, nous devons concentrer notre attention sur les fluctuations du continuum sonore au niveau du spectre acoustique, pour en mesurer la qualité typomorphologique. Réciproquement, nous devons focaliser notre attention sur les dimensions paramétriques du paysage sonore, afin de pouvoir rendre compte des modes fonctionnels au sein de la *CfPS*.

III.6.2 Les conditions de saillance

Si nous prenons en considération que le dispositif de calcul des pics de Dirac (évoqué plus haut) permet de repérer le début d'un son saillant de par son amplitude, nous inférons que cet outil permet de localiser les transitoires d'attaque de quelques événements sonores saillants de l'environnement. Puis, en sachant que les transitoires s'avèrent essentielles pour l'identification sonore en ce que les indices les plus importants au niveau perceptif se situent dans la phase d'attaque⁴⁴¹, nous inférons que le dispositif de repérage est pertinent.

⁴⁴⁰ McAdams, S., « Contraintes psychologiques sur les dimensions porteuses de forme en musique », In McAdams, S. et al., *La musique et les sciences cognitives, Op.Cit.*, pp.257-283

⁴⁴¹ Grey, J., *An Exploration of Musical Timbre Using Computer-Based Techniques for Analysis, Synthesis and Perceptual Scaling*. Stanford University, 1975.

Néanmoins, force est de constater que ce premier dispositif centré sur l'amplitude des matériaux sonores n'est pas suffisant pour le repérage de la totalité des événements sonores qui structurent les *CfPS*. Quelles sont donc les *conditions de saillance* des événements sonores ?

Conformément à la pensée de Fred Lerdahl (1981, 1983, 1989), on peut définir la *CfPS* — et d'ailleurs toute autre musique électroacoustique — comme étant une succession d'événements qui engendre une musique où le paradigme *stabilité/instabilité* est détrôné⁴⁴². Dans les travaux théoriques de Lerdahl à propos de la structure en musique, cette définition porte le nom de « surface atonale⁴⁴³ » et sous-entend que « la musique atonale [n'ayant] pas de conditions de stabilité [...] projette la saillance relative des événements⁴⁴⁴ ». L'auteur de la théorie générative⁴⁴⁵ considère que « l'absence de conditions de stabilité rend la saillance d'autant plus importante cognitivement [que] [...] la musique *atonale* fait s'écrouler la distinction entre saillance et importance structurale⁴⁴⁶ ». Sur cette base, il propose de classifier les *conditions de saillance* à deux niveaux, à savoir 1) au niveau *local*, où « les facteurs se trouvent à la surface musicale⁴⁴⁷ » ; 2) au niveau *global*, où les facteurs s'avèrent plus abstraits.

⁴⁴² Lerdahl, F. (1989), « Structure de prolongation dans l'atonalité », In McAdams, S. et al., *La musique et les sciences cognitives...* *Op.Cit.*, pp 115.

⁴⁴³ Lerdahl, F., « Prolonging the Inevitable », *Revue Belge de Musicologie / Belgisch Tijdschrift Voor Muziekwetenschap* 52 (1998): 305. <https://doi.org/10.2307/3686931>.

⁴⁴⁴ Lerdahl, F., « Structure de prolongation dans l'atonalité », *Op.Cit.* pp.115.

⁴⁴⁵ Lerdahl, F., et Ray Jackendoff. *A Generative Theory of Tonal Music*. Cambridge, Mass. London: the MIT press, 1983.

⁴⁴⁶ *Ibid.*

⁴⁴⁷ Lerdahl, F., « Structure de prolongation dans l'atonalité », *Op.Cit.*, pp 116

	Condition de saillance (Lerdahl, 1989)	Critère analytique	Critère acoustique d'articulation
Niveau Local	attaque	enveloppe temporelle	amplitude
	position métrique	réurrence	a. paradigmatique*
	sonie	amplitude relative	amplitude RMS
	timbre	qualité du spectre	distribution de l'énergie spectrale et inharmonicité
	registre	étendue du spectre	brillance du son
	densité	masse sonore	aplatissement du spectre
	durée	facture sonore	enveloppe temporelle
	importance sur le plan motivique	répétition	a. paradigmatique
Niveau global	à côté d'une frontière de groupement	séparation / association des flux audio	caractérisation typo- morphologique
	parallélisme à un choix fait ailleurs	réutilisation d'un matériau	a. paradigmatique

Tableau III.9 Corrélation entre les conditions de saillance et les dimensions acoustiques

Selon l'idée que « les conditions de saillance⁴⁴⁸ agissent “computationnellement” les unes sur les autres à la façon de règles préférentielles⁴⁴⁹ », il propose dix conditions de saillance sonore : a) l'événement attaqué [...]; b) l'événement en position métrique forte ; c) l'événement “relativement sonore” ; d) l'événement doté d'un timbre relativement marqué ; e) l'événement en position de registre extrême (aigu ou grave) ; f) l'événement relativement dense ; g) l'événement de relativement longue durée ; h) l'événement relativement important sur le plan *motivique* ; i) l'événement placé à côté d'une frontière de groupement [...], et j) l'événement parallèle à un choix fait ailleurs dans l'analyse⁴⁵⁰. Puis, il affirme qu'« aux niveaux locaux, les facteurs se trouvent juste à la surface musicale : attaque, position métrique, intensité, timbre, position de registre, densité et durée », alors qu'aux, « [...] niveaux globaux, les facteurs nettement plus abstraits sont l'importance motivique, la place dans la structure du groupement, et le parallélisme⁴⁵¹ ».

⁴⁴⁸ D'ailleurs, il n'est pas inutile de remarquer que cette classification à deux niveaux est en cohérence avec la classification d'usage courant des outils de description acoustique selon le niveau d'abstraction des propriétés qu'ils évaluent.

⁴⁴⁹ *Ibid.* C'est nous qui soulignons.

⁴⁵⁰ *Ibid.*, pp.116-117

⁴⁵¹ Lerdahl, F., « Structure de prolongation dans l'atonalité », *Op.Cit.*, pp.116-117

Compte tenu de la concomitance flagrante entre la notion de double modalité de la perception⁴⁵² et la classification des facteurs de saillance avancée par Lerdahl, nous présentons ci-dessus un tableau liminaire de corrélation entre les conditions de saillance et les dimensions acoustique-musicales d'articulation sonore. Ce tableau rend compte de la manière dont les notions théoriques qui concernent le domaine de l'analyse des *CfPS* sont orientées dans ce travail, vers des critères d'analyse musicale axés sur l'objectivité morphologique⁴⁵³.

D'un point de vue méthodologique, nous considérons adéquat de partir du système de classification prôné par Lerdahl pour maintenir la séparation des conditions de saillance à deux niveaux. De même, nous proposons d'aborder leur calcul au niveau local, compte tenu des principes de double organisation⁴⁵⁴ et de perception à double modalité⁴⁵⁵, précédemment énoncés. Pour ce faire, nous partons de la prémisse qu'une caractéristique acoustique est une information distinctive conférant un sens particulier à un événement sonore, et que cette caractéristique peut être appréhendée tant sémiologiquement que syntaxiquement⁴⁵⁶ à partir d'une description au niveau acoustique. Il convient dès lors de demander quelles sont les dimensions acoustiques à prendre en compte pour l'étude musicale des *CfPS*.

III.6.3 La pertinence des spécificités acoustiques

Sur la base de ces postulats, nous pouvons étudier l'allure des descripteurs acoustiques disponibles dans le logiciel EAnalysis⁴⁵⁷, en correspondance avec les annotations réalisées lors du processus de caractérisation des *CfPS*. Le but est d'étudier la corrélation entre les typologies sonores et les spécificités acoustiques de référence. Dans un premier temps,

⁴⁵² Andean, J., *Op.Cit.*

⁴⁵³ Petitot, J., « Perception, cognition et objectivité morphologique », *Op.Cit.*

⁴⁵⁴ *Ibid.*

⁴⁵⁵ *Ibid.*

⁴⁵⁶ « *A descriptor defines the syntax and the semantics of one representation of a particular feature of audiovisual content. A feature is a distinctive characteristic of the data which (sic) is of significance to a user* ». Hunter, J., « MPEG7 Behind the scenes », *D-Lib Magazine*, vol. 5(9), 1999. Cité par Schwartz, D., & Schnell, N., « A modular sound descriptor analysis framework for relaxed-real-time applications », *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC)*, June 1-5, New York, 2010

⁴⁵⁷ Nous avons utilisé la librairie de description audio *LibXtract*, Développée par Chris Cannam et Jamie Bullock. Pour approfondir, voir Bullock, J., « LibXtract: A lightweight library for audio feature extraction, » in *Proceedings of the 2007 International Computer Music Conference*, Sweden, 2007.

nous avons eu recours à la liste de descripteurs acoustiques contenus dans la librairie LibXtract⁴⁵⁸, servant de base à l'élaboration d'un dispositif plus adapté au processus de description acoustique, conformément aux conditions d'articulation observées dans l'annexe 1. Comme il est indiqué dans l'annexe 5, tous les points d'articulation structurelle déduits lors du processus de caractérisation correspondent bien à un changement de tendance de l'un des descripteurs acoustiques sélectionnés. De ce fait, après avoir mis à essai la cohérence de chacun des vingt-trois descripteurs selon leur pertinence sur la totalité du répertoire analysé, nous en avons consolidé une liste détaillée, visant à déterminer leur incidence sur la structure musicale des *CfPS* (tableau III.10).

Sur cette base, nous avons mis au point un tableau général permettant d'évaluer la pertinence globale des descripteurs acoustiques dans l'étude des douze pièces faisant partie du répertoire représentatif des *CfPS*, selon les dimensions acoustiques dévoilant une corrélation entre la structure inférée⁴⁵⁹ et les points d'articulation au niveau spectral (tableau III.11). Après avoir évalué la convenance des spécificités acoustiques dans l'étude structurelle des *CfPS* — convenance rapportée à la réciprocité entre l'organisation typomorphologique des saillances et la représentation multidimensionnelle par descripteurs —, nous constatons que le travail d'analyse des stratégies de composition fondée sur le paysage sonore doit tendre vers une étude ciblée des critères d'articulation au niveau acoustique. De ce fait, nous présentons pour continuer un dispositif qui a pour objet d'extraire et de représenter les caractéristiques acoustiques multidimensionnelles d'un signal audio (annexe 2.2).

⁴⁵⁸ La librairie native LibXtract comprend vingt-trois descripteurs acoustiques que nous avons pris comme référence.

⁴⁵⁹ Nous renvoyons le lecteur à l'annexe 5 de ce mémoire de thèse

Pièces	Critères acoustiques ayant incidence sur la structure musicale		
Sud I	Spectral Kurtosis	Brillance spectrale	Amplitude RMS
Beneath the Forest Floor	Spectral Skewness	Spectral Roll-off	Amplitude RMS
Pacific Fanfare	Inharmonicité	Brillance spectrale	Amplitude RMS
Pendlerdrom	Spectral Roll-off	Spectral Skewness	Amplitude RMS
Untitled Music for Geography	Spectral Skewness	Brillance spectrale	Amplitude RMS
Gently penetrating beneath the sounding Surfaces...	Inharmonicité	Brillance spectrale	Amplitude RMS
Island	Inharmonicité	Brillance spectrale	Amplitude RMS
Metrophonie	Spectral Skewness	Spectral Roll-off	Amplitude RMS
Double Glazed	Spectral Roll-off	Spectral Skewness	Spectral Sharpness
Untitled #203	Inharmonicité	Brillance spectrale	Amplitude RMS
Airport Symphony	Spectral Sharpness	Brillance spectrale	Amplitude RMS
Nous les défunts	Spectral Roll-off	Brillance spectrale	Amplitude RMS

Tableau III.10 Critères acoustiques ayant incidence sur la structure des CfPS

Descripteur acoustique	Relevance
Spectral Kurtosis	2/12
Brillance spectrale	8/12
Amplitude RMS	11/12
Spectral Skewness	5/12
Spectral roll-off	5/12
Inharmonicité	4/12
Spectral sharpness	2/12

Tableau III.11 Pertinence des descripteurs acoustiques selon leur degré de corrélation avec l'articulation des CfPS⁴⁶⁰

L'outil que nous présentons présente l'avantage de rendre évidents les points d'articulation au niveau unidimensionnel, selon un module de segmentation axé sur les spécificités acoustiques (voir annexe 5.13). Ce dispositif a été mis en place en Max/MSP, en ayant

⁴⁶⁰ Le dénominateur douze correspond à la totalité de l'univers analysé, c'est-à-dire aux douze pièces faisant partie du répertoire représentatif des CfPS.

recours aux bibliothèques Mubu⁴⁶¹, Pipo⁴⁶² et Ircamdescriptors⁴⁶³. Il permet d'accéder au domaine des spécificités acoustiques pour l'analyse de fichiers audio, dans une matrice multidimensionnelle de données complexes⁴⁶⁴. La piste étant stockée dans une mémoire tampon ou *buffer* (objet *mubu*), les spécificités acoustiques peuvent être calculées indépendamment dans une piste autonome — *mubu.track*. Puis, en faisant appel à la méthode de segmentation propre au plugin Pipo⁴⁶⁵, les données de chaque piste peuvent être filtrées pour ne privilégier que les moments pertinents d'articulation acoustique, à l'aide d'un seuil de discrimination réglable par l'utilisateur. Enfin, le dispositif que nous avons mis en place contient un module de lecture par l'indexation des données de description acoustique, son rôle étant d'identifier l'adresse temporelle des points d'articulation acoustique. Pour cela, il contient un petit sous-module servant à la navigation à l'intérieur des pistes *mubu.track* (voir figure III.10).

La banque d'outils que nous avons mis en place nous permet de constater que la structure musicale des *CfPS* peut être modélisée selon un ensemble d'outils de description acoustique très spécifiques. Dans ce contexte, nous pouvons affirmer que cette forme de composition musicale répond à un nombre restreint de stratégies d'agencement acoustique, en accord avec les conditions de saillance (Lerdahl, 1989) et le principe de double organisation (Petitot, 1989).

⁴⁶¹ Mubu (*Multibuffer container for sound description*) est une boîte à outils pour l'analyse multimodale et la visualisation de données. Cette bibliothèque a été développée depuis 2009 par l'Équipe ISMM de l'Ircam. Pour approfondir, voir Schnell, N. et al., « Mubu & Friends. Assembling Tools for Content Based Real-Time Interactive Audio Processing in Max/MSP », In *International Computer Music Conference (ICMC)*, Montreal, août 2009. [Version en ligne] : <http://ismm.ircam.fr/mubu/>, site consulté le 8 août 2018.

⁴⁶² Développé par l'Équipe ISMM de l'Ircam, Pipo est un plug-in API pour le traitement de flux multidimensionnels de données. Pour approfondir, voir Schnell N., « Pipo. Plugin Interface for (Afferent Stream) Processing Objects » (communication), In *IMTR - Real Time Musical Interactions Proceedings*, Paris : IRCAM – Centre Pompidou, 2013. Site web : <http://ismm.ircam.fr/pipo/>, site consulté le 8 août 2018

⁴⁶³ Ircamdescriptors est un progiciel d'analyse audio pour la description des spécificités acoustiques. Il a été développé par l'Équipe d'Analyse/Synthèse de l'IRCAM.

⁴⁶⁴ Sa réalisation a été rendue possible grâce à des conseils reçus lors d'une consultation tenue à l'IRCAM avec le spécialiste M. Mikhaïl Malt — que nous remercions vivement.

⁴⁶⁵ Voir Schnell, N. et al., « PiPo, A Plugin Interface for Afferent Data Stream Processing Modules », *International Symposium on Music Information Retrieval (ISMIR)*, Suzhou, Chine, 2017. [Version en ligne] <https://ismir2017.smenus.org/>, site consulté le 9 août 2017

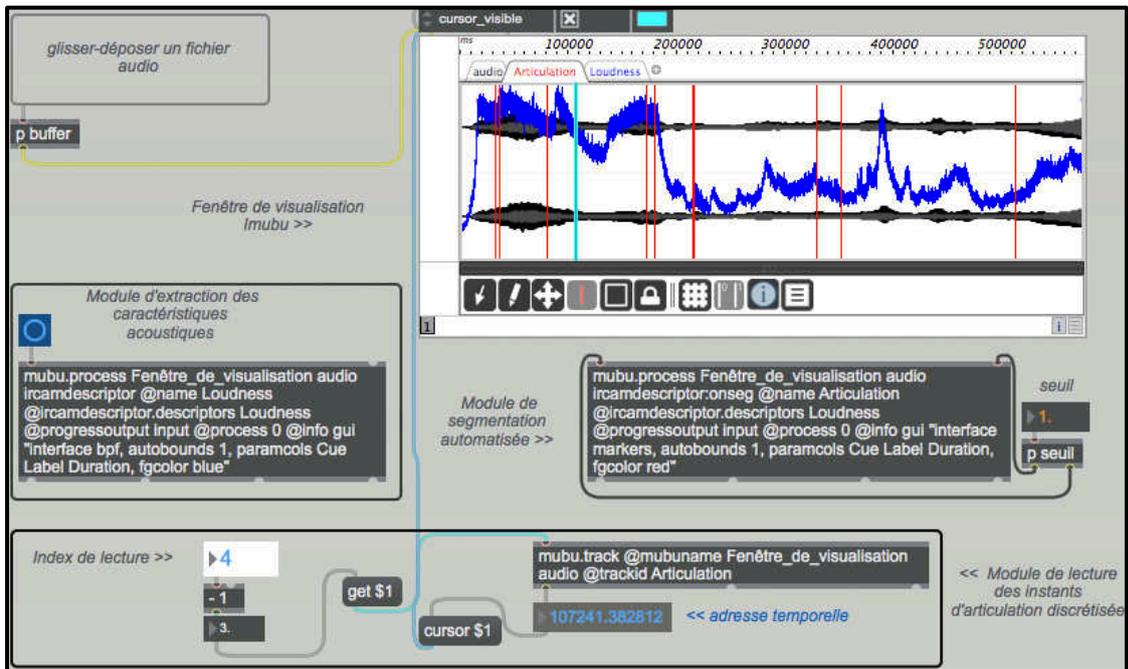


Figure III.10 Détail des modules du dispositif de segmentation acoustique fondée sur la description acoustique multidimensionnelle⁴⁶⁶

⁴⁶⁶ Ce patch est consultable sur le lien suivant : <https://www.danielmancero.com/patches-analyse>

Conclusion de la deuxième partie

La méthodologie d'analyse fonctionnelle des *CfPS* que nous proposons part du principe que le paysage sonore peut être appréhendé en tant que système d'*objets et structures*. Cela suppose que l'on tienne compte de la coexistence entre deux *qualités sonores autonomes*, à savoir les continuums sonores et les non-continuums (Wyschnegradsky 1996), chacune de ces qualités étant associée à une temporalité qui compose l'expérience phénoménologique des *CfPS*. D'une part, la temporalité exogène détermine la perception globale d'un continuum — dans une logique paradigmatique —, en ce qu'elle fait émerger les variations régulières des éléments dans la structure intégrale de l'œuvre. D'autre part, la temporalité endogène ne perçoit les événements qu'aux instants où la discontinuité se produit (Miereanu 1998). Compte tenu des deux temps discrets, la méthodologie d'analyse que nous proposons a pour principe de rendre intelligible la structure des *CfPS* par le biais d'un découpage du continuum en *unités perceptives* dans une logique gestaltiste.

À cet égard, nous partons du principe que la construction de représentations auditives est déterminée par les éléments créant une discontinuité, et que la perception musicale est donc affectée par le caractère saillant des éléments qui composent le paysage sonore. Ce principe est en cohérence avec les mécanismes de discrimination auditive exposés dans la première partie de ce travail. Ensuite, les saillances étant considérées comme des unités particulières qui rendent explicite les points d'articulation au sein d'un continuum (Thom 1988), nous avons formulé l'hypothèse qu'il est possible de rendre intelligible la structure musicale des *CfPS* au moyen d'un processus d'identification et de classification typomorphologique (Dack 1998) des événements saillants (Bayle 1993).

Dans ce contexte, nous avons consolidé un dispositif de repérage et d'indexation des événements acoustiques saillants, ayant pour finalité de cataloguer le contenu des *CfPS* selon la source sonore et la position temporelle de ces derniers (premières annexes). Ensuite, nous avons complété ce dispositif en conformité avec l'heuristique dynamique par association (Bregman 1990) qui vise à appréhender l'environnement sonore dans sa totalité selon la distribution des éléments saillants. À cet effet, nous avons étudié les œuvres du répertoire au moyen d'une caractérisation des sources sonores. Également, nous avons eu recours à un processus de classification typomorphologique des événements saillants dont les résultats sont présentés dans les annexes 1 et 2, et illustrés dans quelques vidéos de

caractérisation typologique⁴⁶⁷. Les résultats de ce processus de classification font remarquer la pertinence de l'approche adoptée, en ce qu'ils rendent compte du fait que, au sein de la *CfPS*, la *morphologie* s'avère être une dimension insubordonnée de la *source* acoustique. Par conséquent, la méthodologie d'analyse que nous mettons en place tient compte tant de la dimension esthétique — liée aux conduites d'écoute, que de la dimension poétique — correspondant aux stratégies de composition.

Cette méthodologie à deux niveaux vise à apprendre le paysage sonore au moyen d'une analyse paradigmatique des divers phénomènes sonores, au moyen d'une classification typomorphologique des événements saillants. Pour cela, nous avons mis l'accent sur la masse sonore en tant que dimension paramétrique du paysage sonore (Schaeffer 1966 ; Ruwet 1992). De même, nous avons abordé les aspects fondamentaux à l'égard du principe de double organisation (Petitot 1983) et de la notion de hiérarchie (Narmour 1983), aux fins de schématiser le rôle musical des unités saillantes au sein des *CfPS*, d'un point de vue typologique. Ce dernier point est évidemment essentiel et sera abordé plus en détail dans la partie suivante.

Également, nous avons développé quelques outils informatiques de segmentation des flux audio, le but étant de mieux comprendre la corrélation entre les saillances perçues et les conditions individualisées dans lesquelles un continuum sonore peut être segmenté. Nous avons commencé par calculer l'amplitude des saillances comme mesure de changement à l'intérieur du paysage sonore, à l'aide d'un dispositif développé en Java pour Max/MSP, fondé sur la distribution de Dirac pour le calcul des pics d'amplitude (voir annexe 4). Puis, nous avons pu mesurer la justesse de cet outil par le biais d'une analyse comparative avec les résultats issus du processus de repérage de saillances. Cela nous a mené à réaliser une première analyse corrélationnelle portant sur la description acoustique et l'articulation des *CfPS* (voir annexe 5). En conséquence, nous avons pu vérifier la pertinence de quelques descripteurs acoustiques pour l'étude structurelle des *CfPS* (tableau III.11), qui s'est traduit par la mise en place d'un dispositif analytique de segmentation axé sur la description multidimensionnelle au niveau acoustique (figure III.10).

En outre, nous avons présenté une liste de douze pièces représentatives du répertoire de la *CfPS*. Cette liste, constituée par vingt-quatre compositeurs et couvrant une période allant de 1939 à 2003, est la conséquence d'un recensement bibliographique des ouvrages

⁴⁶⁷ Consultables sur le site www.danielmancero.com/research/thèse/analyses

théorétiques portant sur l'écologie acoustique, de même qu'elle est le résultat d'une recherche discographique ciblée (voir annexe 3).

Sur cette base, et compte tenu des résultats issus de l'étude structurelle des *CfPS*, nous avons formulé l'hypothèse que les stratégies de composition fondée sur le paysage sonore répondent à une volonté artistique d'agencement sonore au niveau strictement morphologique. Cette hypothèse sous-entend que les diverses conditions de saillance peuvent être identifiées selon le caractère morphologique des saillances, ce qui exige à son tour de mettre en lumière la correspondance entre les classes typomorphologiques et leurs caractéristiques acoustiques au niveau macro (annexe 5). À l'aide d'une banque d'outils analytiques que nous avons détaillé tout au long de cette partie, nous pouvons confirmer que la composition fondée sur le paysage sonore répond à un petit nombre de stratégies d'agencement morphologique — axées *grosso modo* sur la distribution spectrale, la brillance, l'inharmonicité et l'amplitude.

Deuxième Interlude

« Le niveau profond (*substantiel*) du langage sonore (musical) est constitué par l'ensemble des "faits" sonores (musicaux ou non musicaux) susceptibles d'entrer dans la constitution d'une réalité sonore et/ou musicale agissant comme stimulus sur l'organisme. Les éléments dont les "faits" sonores ou musicaux se composent sont des unités minimales, opposées et complémentaires binaires, en rapport de positif/négatif : d'une part le bruit qui inscrit une trace sonore [...] et, d'autre part, le silence qui se caractérise par l'absence de tracé sonore [...]. Le son implique l'existence de huit paramètres : hauteur, durée, intensité, timbre, mode d'attaque, spatialisation, densité de distribution, enveloppe [...]. Ces paramètres sont définis par des modifications quantitatives (fréquence, durée, amplitude) et qualitatives (forme, profondeur, hachuration, crête-creux) des vibrations qui produisent le bruit (son)⁴⁶⁸ »

Dans la partie suivante, nous proposons d'étudier la nature des descripteurs acoustiques pour évaluer leur pertinence dans l'analyse des *CfPS*, tant au niveau macro que micro. Cela implique de tester en amont les dispositifs que nous avons mis en place jusqu'ici, pour ensuite construire un système plus efficace d'analyse, d'instanciation et d'extraction des caractéristiques acoustiques susceptibles de déterminer la structure des *CfPS*. De ce fait, nous examinons dans ce qui suit un petit nombre de descripteurs acoustiques susceptibles de rendre plus intelligible la structure stylistique et idiolecte des *CfPS*. Conséquemment, nous avançons des solutions méthodologiques portant sur des processus de segmentation et de modélisation du profil dynamique des événements sonores caractéristiques.

⁴⁶⁸ Miereanu, C., *Fuite et conquête du champ musical*, Paris : Méridiens Klincksieck, 1995, p.82

Troisième Partie

IV. Les critères d'articulation musicale au sein de la *CfPS*

Compte tenu des analyses précédentes, nous partons du principe que la nomenclature de caractérisation typomorphologique avancée par Pierre Schaeffer (1966) s'avère un instrument efficace pour rendre compte du caractère *référentiel* et *analogique* des événements sonores. Comme nous l'avons mentionné dans la première partie de ce mémoire de thèse (chapitre II.1), le caractère *référentiel* du paysage sonore concerne l'interprétation typologique des événements acoustiques⁴⁶⁹, alors que son caractère *analogique* a trait notamment aux stratégies d'écoute servant à identifier les similarités entre les divers événements acoustiques — indépendamment de la source.

Quand bien même la nomenclature typomorphologique met en lumière la *structure idiolecte* des *CfPS*, force est de constater que les catégories typologiques ayant trait à la masse sonore⁴⁷⁰ — identifiables par les suffixes N, X, Y ou W — ne s'avèrent pas assez précises pour dénoter la *structure stylistique*⁴⁷¹ qui établit les règles générales de base régissant la composition fondée sur le paysage sonore⁴⁷². La terminologie typomorphologique schaefferienne étant bidimensionnelle⁴⁷³, elle s'avère quelque peu imprécise pour classifier et rendre évident la nature multidimensionnelle des matériaux sonores au sein des *CfPS*. Cela tient au fait que, d'un point de vue axé sur le processus de composition musicale, l'analyste se voit quelque peu limité par le système schaefferien de classification, du fait qu'il ne lui permet pas de discerner les événements sonores dans toute leur diversité morphologique.

Une représentation du paysage sonore fondée exclusivement sur la classification typomorphologie des saillances n'est qu'une estimation approximative du niveau syntaxique des *CfPS*. Il s'avère donc indispensable de compléter cette étude au moyen

⁴⁶⁹ Prônée par M. Schafer, cette approche veut que le paysage sonore soit connaissable (uniquement) par la classification des événements acoustiques selon trois fonctions (*features*) — identifiables de par la source acoustique. Voir chapitre II.3

⁴⁷⁰ Plus exactement, la dernière catégorie typologique ayant trait à masse sonore se caractérise par l'utilisation d'un seul symbole, n'exprimant que la facture. Ainsi, E, T, W, F, K, P et A dénotent une masse imprévisible.

⁴⁷¹ Voir chapitre III.4.2. Au sujet de la distinction entre les structures *idiolecte* et *stylistique*, nous renvoyons le lecteur à l'article Narmour, E., *Some Major Theoretical Problems Concerning the Concept of Hierarchy...* *Op.Cit.*

⁴⁷² Voir chapitre III.4.3

⁴⁷³ La typologie schaefferienne est bidimensionnelle en ce qu'elle classe les *objets sonores* selon leur masse et leur facture (voir chapitre I.5.1).

d'une description des événements saillants et des principes fonctionnels qui régissent la *CfPS*.

Compte tenu de ces contraintes, nous comptons aborder la question de l'articulation musicale sous une perspective différente, notamment axée sur la description acoustique multidimensionnelle. Nous visons ainsi à étudier la pertinence d'un petit nombre de descripteurs acoustiques, sur la base d'une étude comparative des points d'articulation acoustique calculés et aperçus. Dans cette perspective analytique, nous formulons l'hypothèse que la *CfPS* correspond à une quête d'agencement morphologique très spécifique, déterminée par un nombre quantifiable de stratégies de composition que l'on peut rendre explicites à partir d'une description acoustique appropriée.

Dans cette troisième partie, nous procédons à l'analyse fonctionnelle des *CfPS* en vue de distinguer les spécificités acoustiques ayant un rôle prépondérant dans le processus d'agencement sonore et de composition. Dans un premier temps, nous passons brièvement en revue certains des travaux bibliographiques les plus représentatifs concernant le développement d'outils d'extraction d'informations musicales MIR (*Music Information Retrieval*), notamment entre 2004 et 2017. Ensuite, nous reprenons partiellement la théorie des conditions de saillance — développée par Fred Lerdahl, en 1989 —, pour estimer quels sont les critères d'articulation morphologique à prendre en compte pour l'étude des *CfPS* (chapitre IV.1). Postérieurement, nous proposons un petit ensemble de descripteurs acoustiques pour l'étude musicale du répertoire, et nous en décrivons les propriétés (chapitre IV.2).

En outre, nous présentons un outil de segmentation par description acoustique visant à la détection des points d'articulation dans la structure musicale des *CfPS*. Ce dispositif multidimensionnel nous permettant de sonder le répertoire sélectionné au niveau structurel, nous formulons l'hypothèse que, au niveau poétique, la composition fondée sur le paysage sonore répond à trois stratégies syntaxiques de composition, chacune déterminée par la/les dimension/s acoustique/s favorisée/s pendant le processus d'agencement et de structuration musicale. Cette hypothèse se fonde essentiellement sur les spécificités acoustiques comme critères d'articulation musicale (chapitre IV.1) et vise à appréhender les méthodes de *CfPS* — à la lumière des modes de relation spectromorphologique que nous décrivons au chapitre IV.3.

Conséquemment, nous présentons un outil informatique d'analyse multidimensionnelle — fondé sur les principes de classification et de segmentation présentés dans la deuxième

partie de ce mémoire. Sur ces bases, nous détaillons le processus d'évaluation et d'analyse structurelle/fonctionnelle de trois œuvres représentatives de la *CfPS* (chapitre IV.3.1) et nous avançons un schéma de modélisation fonctionnelle de la *CfPS* (chapitre IV.4) en prenant comme point d'origine les résultats issus de l'analyse susmentionnée. Ce schéma de modélisation est en cohérence avec les principes *de double organisation* (voir chapitre III.4.2) et *de perception à double modalité* (exposé au chapitre III.6) et prend appui sur les facteurs morphologiques qui rendent évidence du caractère fonctionnel du paysage sonore, à savoir a) la phase temporelle et le profil dynamique des événements acoustiques (chapitre IV.4.1), b) les dimensions paramétriques de la masse sonore (chapitre IV.4.2), et, enfin, le champ d'interaction spectromorphologique (chapitre IV.4.3).

Dans cette troisième partie, nous visons à déceler le rôle musical du paysage sonore et des différents événements acoustiques, à partir d'une analyse centrée sur les caractéristiques morphologiques des familles typologiques qui prédominent dans le répertoire. Cette partie s'intéresse aussi tout particulièrement à la mise en place d'un plan de représentation fonctionnelle fondé sur les critères acoustiques qui façonnent le milieu de composition musicale : le niveau poïétique. Pour cela, nous esquissons un schéma de modélisation, conformément aux familles typomorphologiques (chapitre III.4) et aux modes relationnels spectromorphologiques (chapitre IV.3) qui sera développé dans la quatrième partie de ce mémoire de thèse.

IV.1 Les spécificités acoustiques comme critères d'articulation

Les spécificités acoustiques peuvent être définies comme des paramètres uni ou multi dimensionnels, connaissables au moyen d'une description ciblée au niveau acoustique⁴⁷⁴. Il s'agit donc d'indices acoustiques qui rendent compte de la *qualité* multidimensionnelle d'un son⁴⁷⁵. Les outils de description — plus connus sous le nom de *descripteurs acoustiques* — ramènent une dimension particulière du signal sonore à un ou plusieurs paramètres numériques : ce sont des représentations physiques dont le sens n'est pas toujours musical ou perceptif⁴⁷⁶. L'ensemble de signes de description acoustique rend compte du phénomène sonore au-delà de ce que Schaeffer appelle « le triède de référence⁴⁷⁷ », à savoir le temps, la fréquence et l'intensité (ou amplitude) ; il indique notamment la qualité acoustique d'un son dans une multiplicité de dimensions mathématiquement connaissables. *Grosso modo*, le calcul par description acoustique comprend deux niveaux de complexité déterminant la portée de chaque descripteur. Alors, on peut classer les descripteurs acoustiques en deux grands groupes. D'une part, les descripteurs bas-niveau consistent en une liste plutôt simple de valeurs vectorielles qui décrit « une information quantitative spécifique sans l'imposition d'un quelconque modèle acoustique ou musical, semblable à des statistiques descriptives telles que moyenne et variance⁴⁷⁸ ». D'autre part, les descripteurs haut-niveau servent à extraire des données plus complexes à partir d'ensembles de descripteurs bas-niveau⁴⁷⁹.

Nous pouvons donc inférer que chaque estimation relative aux spécificités acoustiques d'un phénomène sonore est le résultat d'un ou de plusieurs opérations de description bas-niveau, employées et combinées selon la pertinence et la non-redondance des descripteurs choisis. À cet égard, il convient de souligner l'existence potentielle d'un troisième groupe de descripteurs acoustiques, dont le rôle serait de mesurer la force de relation entre les instants d'un signal par nombres entiers — notamment l'harmonicité et la fréquence fondamentale⁴⁸⁰. Enfin, les descripteurs acoustiques étant extrêmement variés, nous

⁴⁷⁴ Malt, M., « Descripteurs sonores et écriture musicale », conférences dans le cadre du colloque *État de l'art / état d'alerte*, coordonné par Philippe Manoury, Paris : Collège de France, 6 Juin 2017

⁴⁷⁵ En accord avec la définition de timbre donnée par Licklieder (voir chapitre I.2.4)

⁴⁷⁶ Malt, M., *Descripteurs sonores et écriture musicale*, *Op.Cit.*.

⁴⁷⁷ Schaeffer, P., *Traité des objets musicaux*, *Op.Cit.*, p.415.

⁴⁷⁸ Roads, C., & de Reydellet, J., *L'audio-numérique - 3e éd., Musique et informatique*, Paris : Dunod, 2016, p.590

⁴⁷⁹ Couprie, P., *La visualisation du son et de ses paramètres pour l'analyse de la musique acousmatique*, *Op.Cit.*, p.77

⁴⁸⁰ Roads, C., *Op.Cit.*

pouvons les classer « suivant divers critères : leur origine, leur niveau d'abstraction, leur subjectivité, etc.⁴⁸¹ ».

En ce qui nous concerne, les descripteurs acoustiques peuvent être de précieux indices pour mettre en évidence les liens de causalité existant entre l'univers multidimensionnel du son et les critères musicaux-perceptifs de saillance. Dans cet esprit, passons en revue une liste de descripteurs potentiellement pertinents.

IV.1.1 Les descripteurs acoustiques

Nombreux sont les travaux qui proposent une classification typologique des descripteurs acoustiques⁴⁸² ; sans vouloir les recenser tous, nous faisons référence à un petit nombre d'articles scientifiques nous permettant d'élucider la nature et les principes de la description acoustique. Prenons quelques références qui indiquent les diverses dimensions d'analyse : en premier lieu, commençons par évoquer quelques travaux théorétiques que nous considérons représentatifs de la classification typologique des descripteurs bas-niveau. Selon Hyoung-Gook, Moreau et Sikora⁴⁸³, les descripteurs acoustiques bas-niveau peuvent être classifiés selon cinq types, à savoir 1) les descripteurs spectraux basiques, 2) les descripteurs paramétriques du signal, 3) les descripteurs temporels de timbre, 4) les descripteurs spectraux de timbre, et 5) les descripteurs spectraux de base. Selon cette première classification, le choix d'un descripteur peut être déterminé par l'intention, soit d'étudier la nature spectrale d'un signal au moyen de vecteurs, soit de comparer divers éléments du signal en oppositions binaires. Pour sa part, Lerch⁴⁸⁴ propose un système général de classification organisé en cinq grandes catégories — 1) les descripteurs statistiques ; 2) les descripteurs de timbre ou de qualité sonore ; 3) les descripteurs de l'enveloppe ; 4) les descripteurs de hauteurs, et 5) les descripteurs temporels⁴⁸⁵ —,

⁴⁸¹ Zils, A., *Extraction de descripteurs musicaux : une approche évolutionniste*, Thèse de Doctorat, Université Paris 6, sous la dir. de Patrick Gallinari et François Pachet, 2004, p.2

⁴⁸² Nous renvoyons le lecteur au travail exhaustif de sondage réalisé par Sturm, B., « A Survey of Evaluation in Music Genre Recognition », In *Adaptive Multimedia Retrieval: Semantics, Context, and Adaptation*, édité par Andreas Nürnberger, Sebastian Stober, Birger Larsen, et Marcin Detyniecki, 8382:29-66. Cham: Springer International Publishing, 2014. [Version online] https://doi.org/10.1007/978-3-319-12093-5_2, site visité le 17 juillet 2018

⁴⁸³ Hyoung-Gook, K, Moreau, N et Sikora. T., *MPEG-7 Audio and Beyond: Audio Content Indexing and Retrieval*, USA: John Wiley & Sons, 2005.

⁴⁸⁴ Lerch, A., *An Introduction to Audio Content Analysis. Applications in Signal Processing and Music Informatics*. Wiley. Hoboken, 2012.

⁴⁸⁵ *Ibid.*

permettant de distinguer quelques « familles typologiques » centrées sur les dimensions musicales telles que la texture et/ou la masse d'un événement sonore, la distribution d'une série d'événements acoustiques (au niveau fréquentiel), et l'allure temporelle d'un signal.

En outre, Geoffroy Peeters⁴⁸⁶ propose en 2004 une typologie des descripteurs acoustiques axée sur la représentation des contenus musicaux. La typologie qu'il propose contemple quatre catégories, à savoir : 1) les descripteurs temporels ; 2) les descripteurs spectraux ; 3) les descripteurs d'énergie, et 4) les descripteurs perceptifs⁴⁸⁷. Actuellement, cette approche est bien connue dans le domaine de l'analyse des musiques électroacoustiques et sert de base à de nombreux travaux (empiriques et théoriques) portant sur l'analyse acoustico-musicale assistée par ordinateur⁴⁸⁸.

En second lieu, faisons référence à quelques travaux méthodologiques rapportés à l'implémentation de descripteurs acoustiques dans l'analyse acoustique et musicale. Karydis et Nanopoulos⁴⁸⁹ proposent une méthode d'extraction de caractéristiques acoustiques⁴⁹⁰ ayant pour but de rendre évident les séquences musicales dans un flux sonore donné. Ils utilisent la description acoustique comme moyen de prospection de l'espace sonore au niveau fréquentiel, et proposent une méthodologie d'analyse musicale et d'indexation à partir d'un système d'extraction et d'équivalence acoustiques (« matching technique »). Parallèlement, Damien Tardieu (2004) développe une méthodologie de description acoustique fondée sur le « *Timbre Model* » de Kristoffer Jensen (1999), modèle visant à instaurer une classification modale des timbres⁴⁹¹.

Pour compléter les travaux portant sur la description acoustique dans le domaine artistique, Mikhaïl Malt et Emmanuel Jourdan⁴⁹² analysent l'application musicale de quelques

⁴⁸⁶ Peeters, G., *A large set of audio features for sound description (similarity and classification) in the CUIDADO project*, Report –Audio Description, Paris : Ircam, 2004.

⁴⁸⁷ Couprie, P., *La visualisation du son... Op.Cit.*, pp.77

⁴⁸⁸ Lartillot, O., Toivianen, P., « A Matlab Toolbox for Musical Feature Extraction from Audio », In *Proc.of the 10th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx-07)*, Bordeaux, September 10-15, 2007

⁴⁸⁹ I. Karydis, A. Nanopoulos, A. Papadopoulos, Y. Manolopoulos : « Audio Indexing for Efficient Music Information Retrieval », In *Proceedings of the 11th International Multimedia Modeling Conference*, January 12-14, 2005, pp.22-29

⁴⁹⁰ Lorsque nous parlons d'extraction de caractéristiques acoustiques, nous faisons référence à la science interdisciplinaire MIR — Music Information Retrieval. Vu l'étendue du sujet, nous renvoyons le lecteur à Downie, S., West, K., Ehmann, A. et Vincent, E., « The 2005 Music Information Retrieval Evaluation eXchange (MIREX 2005): Preliminary Overview » In *Proceedings of the Sixth International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR 2005)*, London, UK, 11-15 September 2005. Queen Mary, UK: University of London, pp. 320-323

⁴⁹¹ Pour approfondir, voir Jensen, K.-K., *Timbre Models of Musical Sound : From the model of one sound to the model of one instrument*, København : DIKU, University of Copenhagen, 1999.

⁴⁹² Malt, M. et Jourdan, E., « La « BSTD » – Une représentation graphique de la brillance et de l'écart type spectral, comme possible représentation de l'évolution du timbre sonore », dans le cadre de l'édition des textes du colloque

spécificités acoustiques en évaluant la pertinence d'un nombre limité de descripteurs pour l'analyse des musique électroacoustiques. Ils consolident un dispositif multidimensionnel de caractérisation appelé « BStD » — *Brightness Standard Deviation* fondé sur le centroïde spectral, l'écart-type spectral et le registre spectral — visant à représenter l'évolution de la masse sonore dans les œuvres musicales. Ils avancent une proposition d'analyse poïétique — notamment sur la musique de Iannis Xenakis⁴⁹³ qui leur permet d'attester l'efficacité de la description acoustique pour modéliser des masses sonores et ainsi mieux « comprendre certains éléments pour inférer des articulations de la forme musicale⁴⁹⁴ ». Enfin, le développement des descripteurs acoustiques dans le domaine musical a donné lieu à l'élaboration d'une série de nouveaux outils d'analyse et de synthèse sonore. On en trouve un exemple dans les travaux de segmentation⁴⁹⁵ et de synthèse par concaténation développés à l'Ircam⁴⁹⁶.

international *L'ANALYSE MUSICALE AUJOURD'HUI, Crise ou (r)évolution?*, Université de Strasbourg/SFAM, 19-21 novembre 2009

⁴⁹³ Les œuvres qu'ils analysent sont *Diamorphoses* (1957), *Concret PH* (1958), *Orient-Occident* (1960) et *Bohor* (1962)

⁴⁹⁴ Malt, M et Jourdan, E., *Op.Cit.*, pp.29

⁴⁹⁵ Rossignol, S. (et al.), *Automatic characterisation of musical signals: feature extraction and temporal segmentation*, *Journal of new music research*, Vol. 28 No 4, December 1999.

⁴⁹⁶ Notamment Schwarz, D., *New Developments in Data-Driven Concatenative Sound Synthesis*, Paris : Ircam— Centre Pompidou, Analysis-Synthesis Team, 2003

IV.2 Sélection de descripteurs acoustiques adéquats pour l'étude des *CfPS*

Abordons maintenant la question méthodologique concernant le processus de sélection des descripteurs acoustiques pour l'étude musicale des *CfPS*. Il est notoire qu'en règle générale, le choix des descripteurs audio est capital en ce que ces derniers « doivent contenir toute l'information nécessaire permettant à un classificateur la bonne discrimination des sons de classes différentes, sur la base de leurs différentes caractéristiques acoustiques⁴⁹⁷ ». De ce point de vue, il convient en priorité d'identifier les dimensions acoustiques pouvant dénoter les conditions relatives à l'articulation musicale dans le domaine des *CfPS*. Nous pouvons ainsi essayer de corréler les points d'articulation perçus dans une forme musicale avec les instants d'inflexion propres à une description acoustique unidimensionnelle (voir annexe 5). Prenons, à titre d'exemple, l'analyse structurelle détaillée de *Beneath the Forest Floor*, de Hildegard Westerkamp.

Sur la base de la caractérisation typologique exposée dans la deuxième partie de ce mémoire⁴⁹⁸, nous inférons une structure musicale en cinq parties⁴⁹⁹. Puis, nous évaluons la pertinence structurelle de divers descripteurs acoustiques, à l'aide d'une analyse par corrélation : nous cherchons alors la/les dimension(s) acoustiques ayant une affinité avec la structure musicale repérée, à l'aide d'une analyse de l'allure temporelle de chaque descripteur audio.

⁴⁹⁷ Rabaoui, A. et al, « Sélection de descripteurs audio pour la classification des sons environnementaux avec SVMs mono-classe », Troyes : Actes du Colloque GRETSI, 11-14 septembre 2007, article #710, http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/17470/GRETSI_2007_173.pdf?sequence=1, (version en ligne), site consulté le 31 juillet 2018.

⁴⁹⁸ Voir chapitre III.4.

⁴⁹⁹ L'analyse a été réalisée sur une version réduite de l'œuvre, publiée dans Rothenberg, D., et Ulvaeus, M., *The Book of Music and Nature: An Anthology of Sounds, Words, Thoughts*. Middletown : Wesleyan University Press, 2001. A différence de la version originale — d'une durée de 17'23'', il s'agit d'une version plus courte, d'une durée totale de 8'40''.

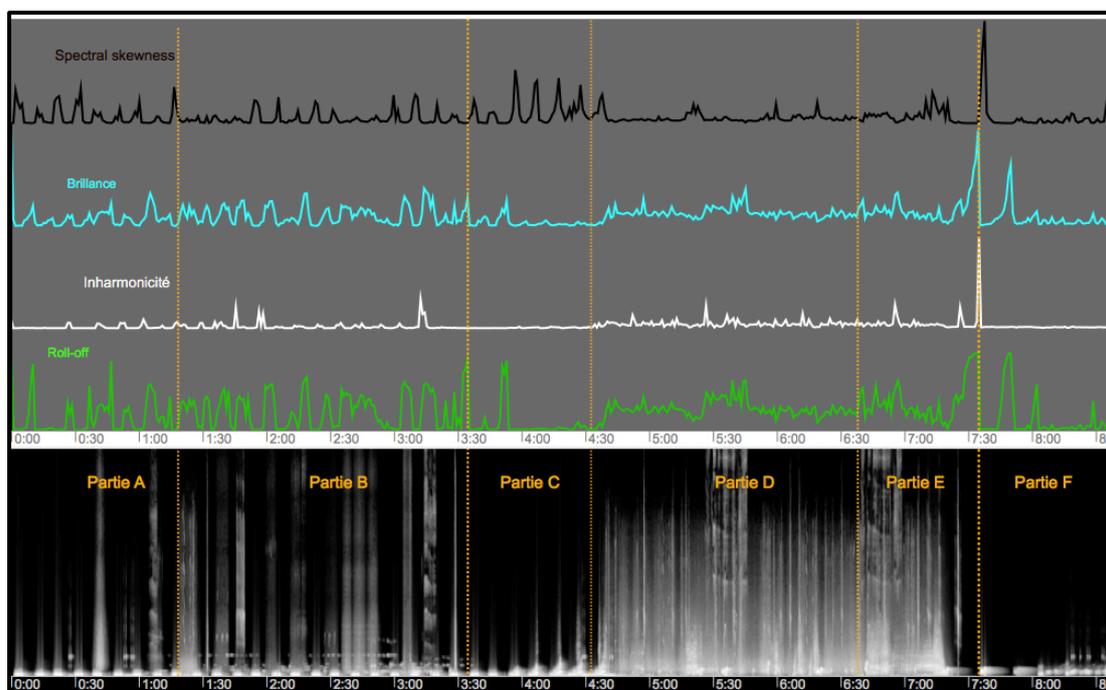


Figure IV.1 Points d'articulation — Beneath the forest floor

Point d'articulation	Instant	Descripteur concordant
A / B	01'18"	Asymétrie spectrale ; brillance
B / C	03'35"	Spectral roll-off ; brillance ; asymétrie spectrale
C / D	04'33"	Inharmonicité ; spectral roll-off
D / E	06'38"	Spectral roll-off ; brillance
E / F	07'36"	Asymétrie spectrale ; brillance ; inharmonicité ; spectral roll-off

Tableau IV.1 Structure musicale de Beneath the Forest Floor⁵⁰⁰

De cette façon, nous déduisons que, au niveau macro, la structure d'une CfPS peut être localisée et caractérisée dans le domaine des spécificités acoustiques. Pour mettre au point une méthodologie générale de sélection de descripteurs qui tient compte de cette proposition, nous avons comparé les représentations structurelles du répertoire préalablement exposées⁵⁰¹, avec toutes les options de description acoustique disponibles

⁵⁰⁰ Cette description coïncide avec celle proposée par Duhautpas, F. et al, *Beneath the Forest Floor de Hildegard Westerkamp. Analyse d'une composition à base de paysages sonores*, Analyse musicale, Société française d'analyse musicale, 2015. <hal-01202407>. Cependant, la nôtre propose une subdivision des deux premières parties (entre 4 :39 et 7 :36), selon le caractère fonctionnel de transition des parties C et E. Nous renvoyons le lecteur à l'annexe 5.2

⁵⁰¹ Voir chapitre II.2.3

dans les plug-ins du logiciel EAnalysis⁵⁰². Comme le montre l'exemple ci-dessus, nous avons pu choisir la pertinence et la convenance des descripteurs acoustiques bas-niveau contenus dans le package Libxtract Vamp⁵⁰³, selon leur incidence au niveau structurel. Les résultats sont présentés dans l'annexe 5 et rendent compte de la corrélation entre les points d'articulation musicale au niveau structurel et la pertinence des divers descripteurs acoustiques pour l'étude musicale des *CfPS*.

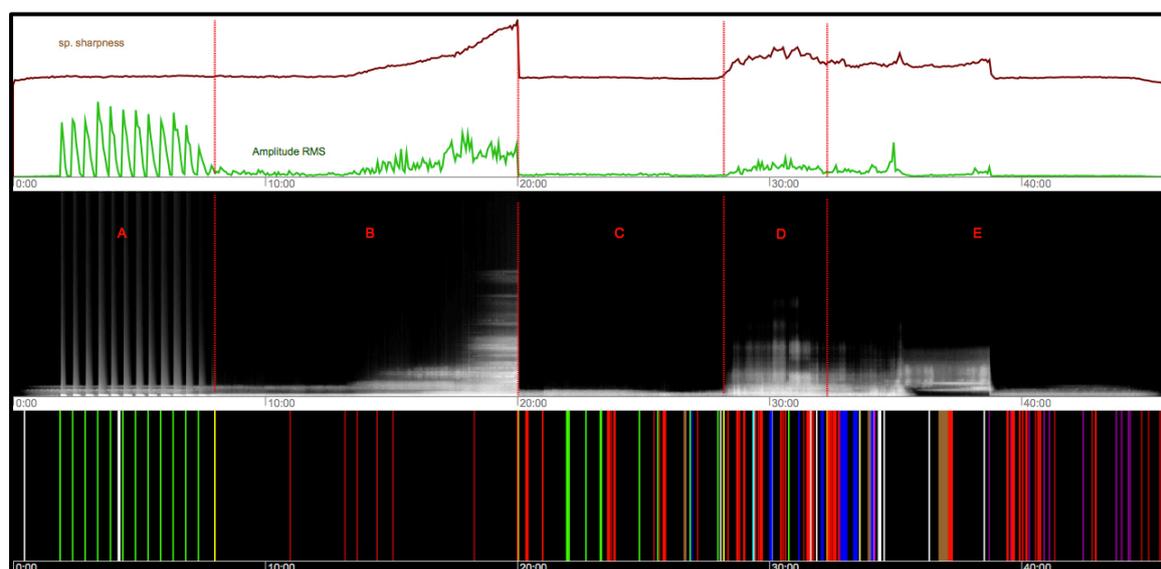


Figure IV.2 Points d'articulation — Untitled Music for Geography (Francisco López]

Au cours de ce processus de sélection, nous avons pu constater que la forme musicale perçue peut être effectivement inférée à partir d'un petit nombre de descripteurs acoustiques. Par conséquent, nous formulons l'hypothèse que les *conditions de saillance* sont susceptibles d'être localisées et classées selon quatre critères globaux de fluctuation acoustique, à savoir **a)** l'amplitude, **b)** la brillance, **c)** l'inharmonicité, et **d)** la distribution énergétique dans le spectre d'un son. Pour évaluer si cette hypothèse est appropriée, nous aurons recours à une série de dispositifs de segmentation automatisée, fonctionnant sur le principe exposé aux annexes 5.13 et 5.14.

Pour continuer, examinons la pertinence des descripteurs acoustiques de plus près. Selon les conditions de saillance théorisées par Lerdahl⁵⁰⁴ :

⁵⁰² Libxtract Vamp plugins by Chris Cannam and Jamie Bullock, logiciel EAnalysis par Pierre Couprie.

⁵⁰³ Les descripteurs de Libxtract sont détaillés dans l'annexe 4.7

⁵⁰⁴ Voir chapitre III.6.2

a) Un événement *attaqué* ou *en position métrique forte* a trait à une discontinuité dans la dimension de la *sonie*, à savoir la composante de la perception auditive liée à l'intensité acoustique⁵⁰⁵. Potentiellement, cette discontinuité peut provoquer une image auditive caractéristique, dont la condition de saillance dépendra d'un certain seuil d'amplitude — associé aux niveaux d'attention auditive⁵⁰⁶.

b) Lorsqu'un son saille en raison d'avoir un *timbre relativement marqué* — tant de par sa *composition* qu'en raison de sa *position de registre*, son identification se produira alors dans la dimension de la brillance. Donc, les critères de séparation concerneront principalement sa distribution spectrale et son barycentre (CGS).

c) Si la condition de saillance d'un son est rapportée à la notion de densité, l'espace de discontinuité sera celui de la distribution spectrale. De ce fait, les critères de séparation seront la symétrie spectrale, l'acuité spectrale et la kurtosis spectrale.

d) Si la condition de saillance d'un événement sonore répond aux caractéristiques de *densité* dans un *timbre relativement marqué*, alors la discontinuité sera perçue dans l'espace de timbres. Les critères de mesure sont en rapport avec l'évaluation de l'inharmonicité spectrale. Dans le but de confirmer ou exclure notre hypothèse, il convient notamment de vérifier si les critères de mesure cités ci-dessus sont suffisants pour dénoter l'articulation musicale des *CfPS*, de manière indépendante. Pour ce faire, il est indispensable de produire un modèle structurel au *niveau local* ou *endogène* — répondant aux critères de séparation au *niveau micro*, permettant de tester et de mesurer la sensibilité de chaque dimension acoustique variant en fonction de la pondération attribuée à chacun des descripteurs⁵⁰⁷. Pour continuer, nous détaillons les dimensions de description acoustique que nous avons privilégiées pendant l'étape d'analyse musicale, compte tenu de leur concordance avec les conditions de saillance musicale (Lerdahl, 1989).

IV.2.1 La valeur efficace d'amplitude (RMS)

L'amplitude d'un son est proportionnelle à l'énergie produite. D'après les constatations qui ont été faites dans le domaine de la psychophysique, « soumis à une variation continue

⁵⁰⁵ « Audition - Oreille - Cochlée », [Site web] <http://www.cochlea.eu>, consulté le 13 avril 2018.

⁵⁰⁶ Truax, B., *Acoustic Communication, Op.Cit.*, pp.27

⁵⁰⁷ Cet aspect sera abordé au chapitre suivant

de l'excitation, un organe sensoriel fournit une réponse discrète constituée d'une succession de paliers⁵⁰⁸ ». Une manière d'évaluer la perception d'amplitude sonore consiste à calculer les instants où l'enveloppe d'un signal dépasse un seuil résultant de sa valeur maximale⁵⁰⁹. La RMS (*Root Mean Square*) est une valeur directement corrélée à l'intensité d'un signal. Elle est définie par l'équation suivante (1) :

$$RMS = \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^N s(k)^2}}{N}$$

(1) *Root Mean Square*

où N est le nombre d'échantillons instanciés, correspondant à la durée de l'enveloppe du signal temporel (k), définie par (2) :

$$(k) = \sqrt{\frac{1}{N_w} \sum_{n=0}^{N_w-1} s^2(k * hop + n)}, \quad \text{avec } (0 \leq k \leq K - 1)$$

(2) *Durée de l'enveloppe*

K étant « le nombre total de fenêtres ; N_{hop} le nombre d'échantillons de chevauchement ou « *overlapping* », et N_w le nombre d'échantillons de la fenêtre⁵¹⁰ ». En d'autres termes, si nous partons du principe que le carré d'un signal équivaut à son énergie, la RMS est la moyenne quadratique d'un signal instancié, obtenue par la racine carrée de la moyenne d'amplitude au carré.

IV.2.2 La brillance spectrale

Aussi connue sous le nom de centroïde spectrale, ce descripteur bas-niveau mesure le centre de gravité spectrale, ou "barycentre". Il s'agit d'une spécificité acoustique qui

⁵⁰⁸ Castellengo, M., *Écoute musicale et acoustique, Op.Cit.*, pp.103

⁵⁰⁹ Marmaroli, P., *Catégorisation des sons de matériaux frappés : approche perceptive et statistique*, Mémoire de fin d'études, Toulon : Institut Supérieur de l'Électronique et du Numérique, 2008, pp.29

⁵¹⁰ *Ibid.*

concerne la répartition des fréquences dans le spectre. Le calcul du barycentre spectral consiste à mesurer la moyenne de fréquence (μ), pondérée par l'amplitude des bandes spectrales dans un spectre instantané donné⁵¹¹. Il repose sur l'équation suivante (3)⁵¹² :

$$\mu = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} f[i]a[i]}{\sum_{i=0}^{N-1} a[i]}$$

(3) *brillance*

n étant la fréquence de Nyquist ; i l'indice d'emplacement, $a[i]$ son amplitude dans la partie réelle de la FFT, et $f[i]$ sa fréquence. Parallèlement, la fréquence $f[i]$ est calculée selon la division de la fréquence d'échantillonnage ($2*n$) par la taille de fenêtre, ou *fft window size* (4) :

$$f[i] = i * \frac{F_e}{fft\ window\ size}$$

(4) *fréquence instantanée*

La représentation physique de cette dimension permet de rendre compte du niveau de couleur ou brillance perçue d'un son.

IV.2.3 Acuité spectrale (Sharpness)

Il s'agit d'un descripteur haut-niveau. Lorsqu'on calcule la brillance d'un son selon une échelle de distribution de sonie —instanciée en bandes de fréquence ou bandes critiques —, on obtient l'équivalent de la brillance spectrale sur le plan perceptif. Cette dimension

⁵¹¹ Malt, M., « Descripteurs sonores et écriture musicale », *Op.Cit.*

⁵¹² Malt, Mikhail, et Emmanuel Jourdan. « Zsa.Descriptors: a library for real-time descriptors analysis » In *5th Sound and Music Computing Conference, Berlin, Germany*, 134-37. 5th Sound and Music Computing Conference, Berlin, 2008. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01580326>.

acoustique résulte du calcul des rapports entre les bandes critiques de fréquence (Zwicker 1977) et leur amplitude (5)⁵¹³.

$$A = 0.11 * \frac{\sum_{z=1}^{nband} z * g(z) * N'(z)}{N}$$

(5) *Acuité spectrale (Sharpness)*⁵¹⁴

où z correspond à l'indice de la bande de fréquence, N' à la répartition de la sonie sur les bandes critiques — aussi connue sous le nom de « sonie spécifique » ; et $g(z)$ est une fonction définie par $g(z) = 1, si z < 15 ; g(z) = 0.66 * \exp(0.171z), si z \geq 15$.

IV.2.4 Coefficient d'asymétrie spectrale

Plus précisément, il s'agit du coefficient d'asymétrie de la distribution d'une variable aléatoire réelle. En théorie des probabilités, le coefficient d'asymétrie de distribution (ou *skewness*) correspond au premier des paramètres de forme, étant d'ordre trois (troisième cumulant)⁵¹⁵. On le définit comme suit :

$$\gamma_1 = \frac{m_3}{\sigma^3}$$

(6) *Asymétrie spectrale*

σ étant l'écart-type et m l'instant, défini par :

⁵¹³ Peeters, G., *A large set of audio features for sound description...* Op.Cit., pp.19

⁵¹⁴ N' étant la puissance spécifique (*specific loudness*).

⁵¹⁵ Les cumulants d'une distribution sont en rapport avec les moments de cette distribution. Pour approfondir, voir <http://www.stat.uchicago.edu/~pmcc/courses/>. Site consulté le 25 avril 2018.

$$m = \int (x - \mu)^3 * p(x) \delta x$$

(7) Instant m

Si le coefficient est positif, on infère que la distribution est décalée à gauche de la médiane, ce qui correspond à une distribution étalée vers la droite (l'aigu). Au contraire, on infère que la distribution est décalée à droite de la médiane si le coefficient est négatif — ce qui implique un étalement de la distribution vers la gauche (le grave). Finalement, si le coefficient est égal à zéro, on infère que la distribution est conforme à la loi normale, représentée par une courbe gaussienne en cloche, centrée en zéro.

IV.2.5 Aplatissement du spectre (spectral kurtosis)

Ce descripteur bas-niveau sert à mesurer la platitude (ou épaisseur) de la distribution de l'énergie dans le spectre. De par son étymologie, à savoir *kyrtos* qui en grec veut dire « incurvé », cette mesure quantitative désigne un coefficient de la platitude du spectre. L'aplatissement spectral d'un signal $\mathbf{x}(n)$ se définit donc comme la platitude d'une variable aléatoire complexe $\mathbf{X}(m)$ à chaque moment ou bin m :

$$K_x(m) = \frac{K_4\{X^t(m), X^t(m), X^t(m), X^t(m)\}}{[K_2\{X^t(m), X^t(m)\}]^2}$$

(8) *aplatissement spectral*⁵¹⁶

où, $X^*(m)$ étant la conjuguée complexe de $X(m)$ et K_r le cumulante. Puisque le kurtosis est un indicateur statistique spécifique de la dispersion de la variable aléatoire $X(m)$, cette propriété spectrale est calculée à partir du moment d'ordre quatre — ou quatrième cumulante⁵¹⁷.

⁵¹⁶ Vrabie, V. et al., « Spectral Kurtosis: from definition to application », *6th IEEE International Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing (NSIP 2003)*, Grado-Trieste : 2003.

⁵¹⁷ En mathématiques, les moments remarquables pour caractériser une variable aléatoire sont : l'espérance (d'ordre un), la variance (d'ordre deux), le coefficient d'asymétrie ou skewness (d'ordre trois), et le kurtosis (d'ordre quatre). Pour approfondir, voir Moment. *Encyclopedia of Mathematics*. URL: <http://www.encyclopediaofmath.org/index.php?title=Moment&oldid=25957>. Site consulté le 24 avril 2018.

IV.2.6 Point de roll-off

Au niveau spectral, le point de roll-off concerne la fréquence au-dessous de laquelle la majeure partie de l'énergie est contenue (entre 85% et 95%). Il s'agit d'un indice de répartition du spectre qui permet de distinguer les signaux bruités des signaux harmoniques⁵¹⁸. D'après Peeters (2004), le point de roll-off est défini par :

$$\sum_0^{f_c} a^2(f) = 0.95 \sum_0^{Fe/2} a^2(f)$$

(9) Point de roll-off⁵¹⁹

où f_c est la fréquence de point de roll-off et Fe correspond à la fréquence d'échantillonnage ou *sampling rate*. Il convient de souligner que la division $Fe/2$ se réfère à la fréquence de Nyquist, c'est-à-dire à la fréquence maximale d'échantillonnage périodique non-ambigu.

IV.2.7 L'inharmonicité spectrale

Si partons du principe qu'un signal périodique peut être décomposé en une somme d'éléments de composition primaire⁵²⁰, alors ces éléments sont appelés des *partiels*⁵²¹. Si leurs fréquences sont des multiples entiers de la fréquence fondamentale, le son sera considéré *harmonique*. En retour, si ces partiels ne sont pas des multiples entiers de la fréquence fondamentale (aussi appelée *harmonique du premier rang*), le signal sera considéré *inharmonique*. Dans ce contexte, l'inharmonicité est un coefficient qui mesure la divergence entre un son — pondéré par le poids de ses composantes spectrales — et un signal purement harmonique⁵²².

⁵¹⁸ Marmaroli, P., *Op. Cit.*, pp.23-24

⁵¹⁹ Peeters, G., *Op.Cit.*, pp.15

⁵²⁰ Plus précisément, il s'agit d'une fonction trigonométrique sinus et cosinus.

⁵²¹ Il n'est pas inutile de rappeler que la notion de *partiel* a été introduite au XVII^e siècle par Joseph Sauveur. Cette notion permet de distinguer entre deux types de partiels, à savoir les partiels harmoniques et les partiels anharmoniques. Nous abordons ce sujet plus amplement dans la partie suivante.

⁵²² Dans la partie suivante, nous traitons les notions d'harmonie et d'harmonicité de manière approfondie. Également, nous abordons la question de la discrétisation temporelle du son.

À l'aide de ce descripteur, il est possible de distinguer la qualité dans la composition d'un son. Si le coefficient d'inharmonicité est proche de zéro, le signal est considéré harmonique. Réciproquement, si le coefficient est proche ou égal à un, on a affaire à un signal inharmonique. Ce descripteur rend compte de la qualité du timbre sonore, ce qui implique des rapports avec l'espace de timbres⁵²³.

$$\text{inharmonicité} = \frac{2}{f_0} * \frac{\sum_h |f(h) - h * f_0| * a^2(h)}{\sum_h a^2(h)}$$

(10) Coefficient d'inharmonicité spectrale⁵²⁴

La formule ci-dessus décrit la méthode de calcul du coefficient d'inharmonicité, où f_0 équivaut à la fréquence de l'harmonique du premier rang, $f(h)$   la fréquence de chaque partiel de la série discr tiss e, et $a(h)$   l'amplitude de chaque composante ou partiel.

Pour continuer, nous détaillons quelques dispositifs que nous avons mis en place pour approfondir l'analyse multidimensionnelle des *CfPS*. Ces dispositifs ont été réalisés en ayant recours à la description acoustique — selon les sept méthodes ci-dessous, et visent à identifier lesquelles d'entre ces dimensions acoustiques ont une incidence directe sur la structure musicale des *CfPS*. Compte tenu des conditions de saillance (chapitre III.6.2) et du principe de double organisation (chapitre III.4.1), nous formulons l'hypothèse que les *CfPS* s'organisent selon des stratégies de composition très spécifiques, en fonction des règles d'agencement morphologique et déterminées par des rapports hiérarchiques entre les dimensions acoustiques que nous venons de citer.

⁵²³ Cf. chapitre II.2.5.

⁵²⁴ Peeters, G., *Op.Cit.*, pp.17

IV.3 Segmentation multidimensionnelle et stratégies de CfPS

Dans l'analyse musicale des CfPS, la relevance des spécificités acoustiques peut être mesurée en fonction de la pondération attribuée aux descripteurs acoustiques. Au *niveau macro*, lorsqu'on détecte ou présume l'existence d'un point d'articulation dans l'environnement sonore des CfPS, la pertinence des descripteurs acoustiques peut être étudiée selon le niveau de corrélation existant entre la structure musicale inférée et l'allure de chaque description acoustique. Plus exactement, nous pouvons chercher à trouver des points d'articulation structurelle au niveau des spécificités acoustiques. En revanche, pour ce qui a trait au *niveau micro*, il suffit de faire une corrélation entre les instants les plus éminents d'altération acoustique — à l'aide d'une description acoustique unidimensionnelle, et les instants de saillance des événements sonores mis en évidence pendant l'étape de caractérisation typomorphologique (voir annexe 3 et annexe 5, respectivement). Afin de mesurer la sensibilité des descripteurs acoustiques dans la détection de points d'articulation formelle, nous avons mis au point un dispositif de segmentation fondé sur la description acoustique.

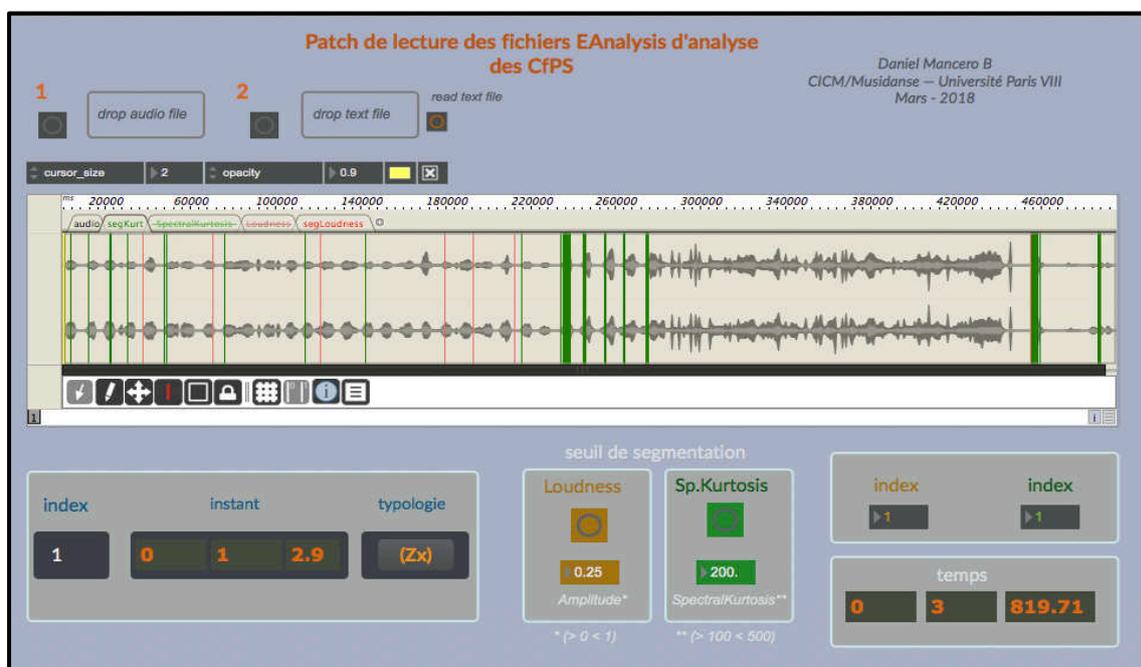


Figure IV.3 Analyse comparative axée sur l'incidence des spécificités acoustiques dans le repérage de saillances (*Beneath the Forest Floor*)

Comme il ressort de la figure IV.3, la représentation multidimensionnelle est retracée de manière discrète, à l'aide d'un module de description acoustique et d'un module de

segmentation automatisée (annexe 6.1). Ce nouveau dispositif⁵²⁵ contient d'ailleurs un troisième module qui récupère les informations concernant la structure musicale perçue — informations recueillies en EAnalysis pendant l'étape de caractérisation typologique, sous forme de fichiers *txt* et *SDIF*. Les premières informations, issues de l'analyse au niveau micro et récupérées en Max dans un format *txt*, sont discrétisées, puis acheminées vers la fenêtre de visualisation selon une méthode de routage que nous décrivons à l'annexe 6.2. Réciproquement, les informations relatives à la structure globale (codées dans un format *SDIF*)⁵²⁶, sont envoyées directement vers la fenêtre de visualisation, sous forme de marqueurs visuels, comme indiqué à l'annexe 6.3.

Dans ce contexte, les informations relatives à la structure musicale peuvent être comparées synchroniquement aux événements saillants repérés, les deux flux d'information étant affichées dans une seule fenêtre de visualisation (figure IV.3). En outre, il est important de signaler que leur juxtaposition constitue la base pour obtenir des indicateurs sur les dimensions acoustiques ayant un rôle actif dans le processus d'articulation au sein du paysage sonore⁵²⁷.

Cette mise en relation entre les événements perçus et les points d'articulation acoustique est en cohérence avec la méthodologie d'analyse centrée sur les niveaux poétique et esthétique que nous proposons. Elle permet de faire une approximation générale des stratégies de composition fondée sur le paysage sonore, sur la base d'une corrélation entre les points d'articulation au niveau perceptif et les instants de transition morphologique, au niveau acoustique. Ainsi, l'analyste peut déduire de manière assez précise l'incidence des spécificités acoustiques dans la forme musicale inférée, étant donné que ce dispositif rend possible l'affichage des points d'articulation, tant au niveau global que local.

Sur la base d'une analyse comparative rendant visible le rapport entre les schémas structuraux et les points d'articulation saillants au niveau des spécificités acoustiques (annexe 5), nous présentons les résultats qui corroborent notre hypothèse — à savoir, que les dimensions paramétriques des *CfPS* correspondent bel et bien à un nombre restreint de

⁵²⁵ Une version améliorée de ce « **Patch d'analyse comparative des événements sonores saillants** » est disponible sur le lien suivant : <https://www.danielmancero.com/patches-analyse>

⁵²⁶ Acronyme pour *Sound Description Interchange*, il s'agit d'un format de fichier spécialisé pour la description des signaux audio. Pour approfondir, voir <http://sdif.sourceforge.net/>, site consulté le 8 août 2018.

⁵²⁷ Cela est en accord avec l'approche physicaliste défendue par Thom, visant à décrire un "univers psychique" qui *simule* l'univers extérieur des choses et des processus. Voir section III.2.1

spécificités acoustiques très précises, axées notamment sur la description de la masse sonore. Nous cherchons à identifier les dimensions acoustiques s'avérant *structurantes* du paysage sonore, sur la base d'une étude centrée sur le rapport entre la description acoustique unidimensionnelle et la succession d'événements sonores dissemblables (voir chapitre III.6). Dans ce contexte, si nous partons du constat qu'il existe une connexité entre la structure globale des *CfPS* et le comportement de quelques descripteurs acoustiques, nous pouvons conjecturer que les stratégies de composition fondée sur le paysage sonore s'accordent avec trois modèles d'agencement, sur la base d'un ensemble cohérent de spécificités acoustiques (figure IV.4) :

Groupe	Critères	Méthode	Œuvres
I	Aplatissement spectral et brillance	Kurtosis, roll-off et barycentre	Sud I (J.-C. Risset 1985) Nous les Défunts (Y. Dauby 2016)
		Acuité spectrale, barycentre et RMS	Untitled Music for Geography (F. López 1997)
II	Distribution et symétrie spectrale ; brillance	Asymétrie spectrale, roll-off et brillance	Beneath the Forest Floor (H. Westerkamp 1996)
		Asymétrie spectrale, roll-off et RMS	Pendlerdrøm (B. Truax 1997) Metrophonie (D. Keller 2005)
		Asymétrie spectrale, Acuité spectrale et roll-off	Double Glazed (C. Hannan 2007)
		Asymétrie spectrale, RMS et brillance	Airport Symphony (C. Charles 2007)
III	Inharmonicité, amplitude et brillance	Inharmonicité, RMS et brillance	Pacific Fanfare (B. Truax 1996)
			Gently Penetrating beneath the Sounding Surfaces of Another Place (H. Westerkamp 1998)
			Untitled #203 (F. López 2007)
		Inharmonicité et RMS	Island (B. Truax 2000)

Figure IV.4 Les trois stratégies de composition fondée sur le paysage sonore

Dans ce contexte, la classification du répertoire sous-entend que les divers processus de composition fondée sur le paysage sonore répondent à une esthétique sonore très particulière, définie et conditionnée par un ensemble de spécificités acoustiques prépondérantes et cohérentes entre elles-mêmes. Si nous prenons en considération la

pertinence de chaque descripteur audio dans le répertoire analysé, il est désormais possible de consolider quelques modèles d'agencement acoustique assez efficaces pour l'étude du répertoire. Néanmoins, si nous voulons étudier les œuvres comme il convient, il faut implémenter les dispositifs d'analyse multidimensionnelle que nous avons exposés jusqu'à présent, afin de les rendre suffisamment précis pour élucider le rôle et la pertinence de chaque dimension acoustique, eu égard à la structure idiolecte des *CfPS*. À cet effet, nous présentons l'outil *Structure_Analyzer_1.0*, développé en Max/MSP et compilé sous forme d'application *stand-alone*⁵²⁸.

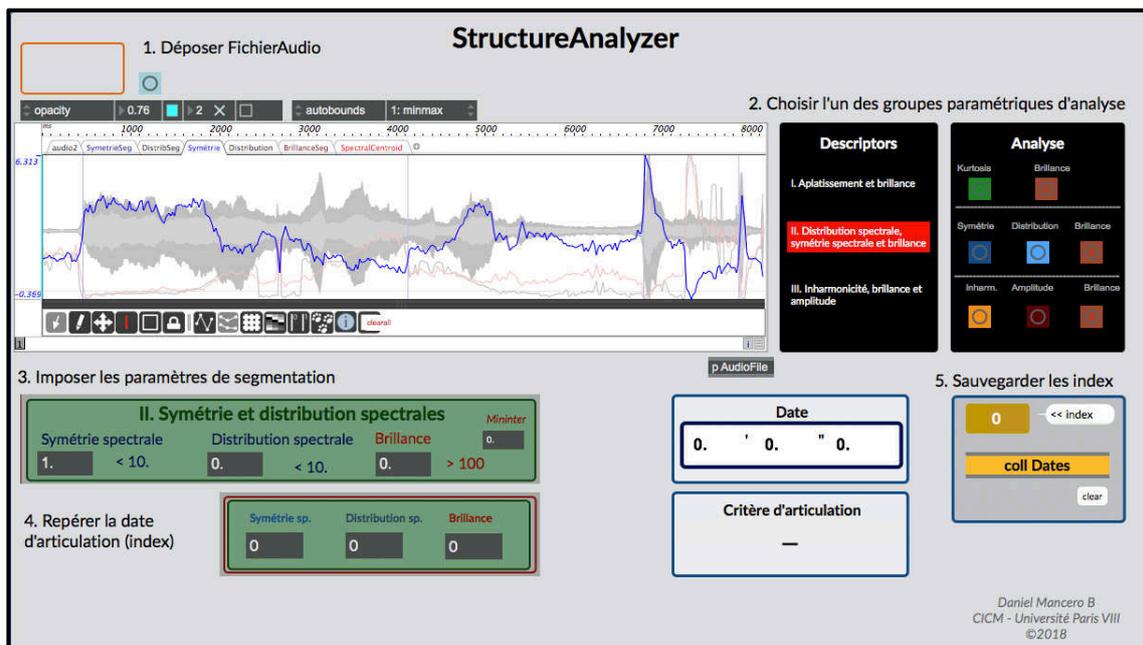


Figure IV.5 Fenêtre de visualisation du logiciel stand-alone *StructureAnalyzer*

À l'aide de cet outil, l'analyste peut choisir une combinaison de descripteurs acoustiques en cohérence avec les résultats de nos expérimentations. Dans ce sens, les modules s'adaptent au choix fait de l'utilisateur, afin de n'afficher que les dimensions acoustiques cohérentes et complémentaires, eu égard aux trois stratégies de *CfPS*.

Il convient de souligner que l'approche adoptée est propice aux processus d'analyse par expérimentation : elle donne la possibilité d'aborder l'étude musicale des *CfPS* à l'aide d'un outil multidimensionnel, capable non seulement d'identifier les points d'articulation structurelle au niveau acoustique et perceptif, mais également apte à étudier la complémentarité des spécificités acoustiques au centre des « processus de mouvement et

⁵²⁸ Le logiciel *Structure_Analyzer_1.0* est disponible et téléchargeable sur le site : www.danielmancero/outils-d-analyse-audio

de croissance⁵²⁹ ». Dans le tableau suivant, nous présentons les trois combinaisons de descripteurs qui, selon nos expérimentations, s'avèrent pertinents pour l'étude du répertoire (tableau IV.2).

Groupe	Critères	Descripteurs acoustiques (ircamdescriptors)		
I	Aplatissement et brillance	Spectral Kurtosis	Perceptual Spectral Centroid	/
II	Distribution spectrale et brillance	Spectral Skewness	Spectral Rolloff	Spectral Centroid
III	Inharmonicité, amplitude et brillance	Inharmonicity	Loudness	Spectral Centroid

Tableau IV.2 Les trois stratégies de CfPS selon des critères acoustiques prépondérants

Sur la base de ces considérations et compte tenu de la méthodologie d'analyse proposée au chapitre III.2, nous présentons pour continuer les résultats de l'analyse structurelle et fonctionnelle réalisée sur le répertoire des CfPS.

IV.3.1 Trois analyses structurel-fonctionnelles

Nous partons du principe que l'expérience musicale des CfPS correspond à une *perception à double modalité*⁵³⁰ composée par une dimension syntaxique et une conduite d'écoute *narrative*⁵³¹. De ce point de vue, nous convenons qu'une approche d'analyse centrée à la fois sur le niveau esthétique et le niveau poïétique s'avère appropriée pour mettre en évidence la fonctionnalité des événements sonores. Or, que voulons-nous dire lorsque nous parlons de fonctionnalité ? Après avoir caractérisé le répertoire des CfPS, nous sommes en mesure d'étudier les modes de relation au niveau micro du paysage sonore, au moyen d'une analyse centrée sur les « effets figuratifs » et sur les modes de relation que produit l'interaction entre divers événements saillants.

⁵²⁹ Cf. Smalley, D., *Spectro-morphology: Explaining sound-shapes*, Op.Cit.

⁵³⁰ Andean, J., *The Musical-Narrative Dichotomy...Op.Cit.*

⁵³¹ Voir section III.6

Pour approfondir l'étude de ce sujet, revenons brièvement sur la question des modes relationnels spectromorphologiques⁵³². Selon le compositeur et théoricien Stéphane Roy⁵³³, un mode de relation spectromorphologique est dit d'interaction lorsqu'il implique une coopération active entre les matériaux sonores impliqués. Il s'agit d'une condition d'interdépendance en ce que les unités concernées partagent un destin commun. Les notions relatives à l'interaction sont : la convergence, la réciprocité et la mutation. En revanche, un mode d'interaction par réaction implique une causalité ; il indique une résistance aux changements morphologiques. Les notions qui s'y rapportent sont : l'inégalité, la compétition et le déplacement. La réaction suppose aussi une forme d'opposition entre les matériaux. Enfin, l'interaction par interpolation sous-entend un changement inattendu dans le continuum sonore. Cette notion porte implicitement sur l'idée d'interruption, discontinuation ou coupure.

Dans ce contexte, nous devons prendre en compte, d'une part, les fonctions structurales de l'événement sonore⁵³⁴, ses dimensions paramétriques — exposées au chapitre III.3.3, et d'autre part, les conditions de saillance régissant la syntaxe musicale des *CfPS*⁵³⁵. Pour ce qui est de la fonction structurale de l'événement sonore, nous partons de l'idée que le rôle fonctionnel d'un événement peut être inféré au niveau perceptif à partir du profil dynamique. De ce fait, nous pouvons établir une relation fonctionnelle entre les divers matériaux sonores — relation fondée sur « l'archétype à partir duquel il est possible d'interpréter tant les moments qui forment les profils morphologiques que ceux qui construisent les unités structurales [...] à n'importe quel niveau de la hiérarchie musicale⁵³⁶ ».

Puis, en ce qui concerne les dimensions paramétriques de la matière sonore, nous partons du principe que l'organisation typologique au sein des *CfPS* peut être mise en rapport avec les conditions de saillance proposées par Lerdahl, puis identifiée à partir d'une description détaillée au niveau acoustique. Nous analysons donc les conditions de saillance de chaque œuvre à l'aide d'un dispositif qui met en relation le type de masse des matériaux sonores et les critères analytiques en accord avec la théorie proposée par Lerdahl. Enfin, les conditions de saillance ayant un impact sur l'organisation interne des *CfPS*, nous partons

⁵³² Évoqués préalablement dans la section II.5.3 de ce mémoire de thèse

⁵³³ Roy, S., *L'analyse des musiques électroacoustiques*, *Op.Cit.*

⁵³⁴ Nous renvoyons le lecteur au chapitre II.5.2.

⁵³⁵ Nous renvoyons le lecteur au chapitre III.6.2

⁵³⁶ Roy, S., *Op.Cit.*, pp.172

de l'idée que leur classification sert de base à la détermination pertinente des spécificités acoustiques pour l'analyse des stratégies de composition fondée sur le paysage sonore.

Comme l'illustre la figure IV.6, la fonctionnalité des événements sonores peut être analysée depuis une perspective morphologique. Dans le but de compléter notre analyse musicale des *CfPS*, nous interprétons les informations recueillies à l'aide d'une série de représentations audiovisuelles⁵³⁷ visant à rendre compte des fonctions et des modes de relation spectromorphologique au sein des *CfPS*. À cet effet, nous divisons la fenêtre de visualisation en trois sections : une première (en bas), consacrée à la représentation sonagramme, ainsi qu'à la description des spécificités acoustiques pertinentes ; une deuxième (au centre), affichant l'instant d'apparition et la typologie de toutes les saillances repérées à l'écoute ; et une dernière (en haut), qui sert à représenter les modes relationnels au sein du paysage sonore. Pendant cette phase d'analyse, nous nous concentrons sur la description des événements acoustiques au niveau morphologique, de même que sur les formes d'interaction, d'interpolation et de réaction entre les divers événements sonores. Cette tâche requiert une évaluation des modes relationnels entre les différentes familles typologiques depuis une approche gestaltiste. Dans d'autres mots, l'évaluation des modes relationnels doit prendre en compte toute forme d'interaction ayant lieu tant au premier plan (saillances) qu'à l'arrière-plan.

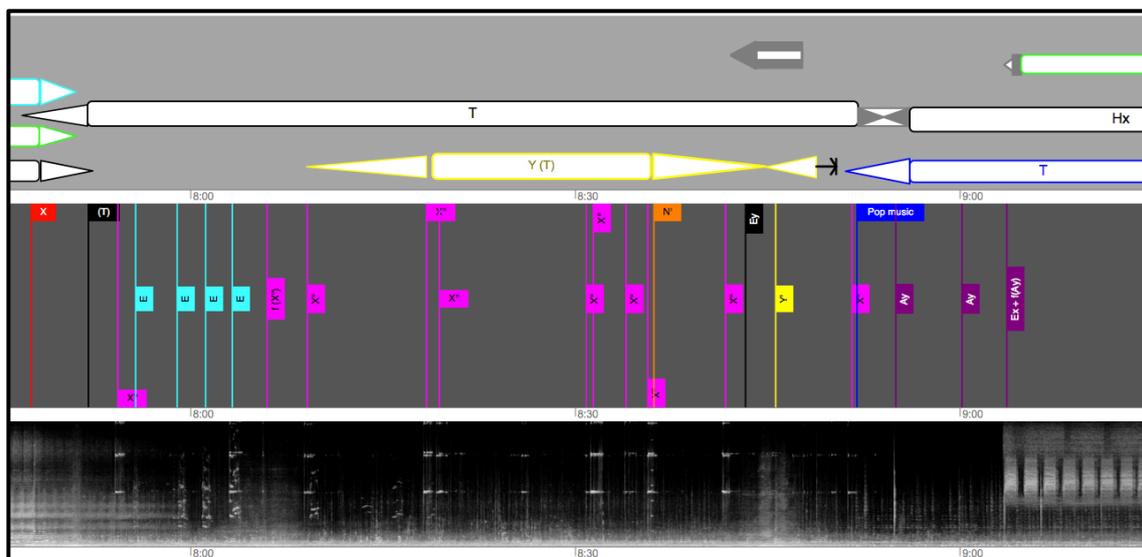


Figure IV.6 Fenêtre d'analyse fonctionnelle mettant en relation les figures et le fond

⁵³⁷ Ces représentations ont été introduites au chapitre III.4.4

À titre illustratif, nous présentons trois études réalisées sur trois pièces, chacune étant représentative de l'une des stratégies de composition fondée sur le paysage sonore.

IV.3.1.2 Groupe I. Nous les défunts - Yannick Dauby (2016)

Cette œuvre retrace le paysage sonore estival de la région de Taipei, et met l'accent sur des rituels associés à la Fête des fantômes, de même que sur le cycle de vie des cigales. Les enregistrements de base ont été réalisés à Taiwan, « principalement durant l'été 2008, et notamment dans et autour du temple de Longshan à Taipei⁵³⁸ ». Cette pièce a été commandée par SilenceRadio.org en 2008, puis publiée dans l'album *Tai-pak thia" sa" piàn*, en 2016.

D'après la caractérisation typomorphologique figurant à l'annexe 2.12, nous constatons que les matériaux de base de cette œuvre se succèdent de manière à faciliter une évolution dynamique de la masse sonore. Puis, nous en déduisons que la forme de cette composition s'organise en cinq grandes parties, chacune caractérisée par la prédominance de matériaux ayant une typologie spécifique⁵³⁹. Comme l'illustre le document audiovisuel consacré à l'analyse de cette CfPS⁵⁴⁰, nous avons affaire à une configuration spatiale assez riche qui résulte d'un travail soigneux d'agencement, de manipulation et de mixage d'une collection assez hétérogène de paysages sonores. Dans la première partie [0'00' – 02'47''] nous constatons la prépondérance de trois événements saillants, à savoir ceux du type K, X' et Y. Au niveau esthétique, leur rôle fonctionnel est déduit selon la phase temporelle qui les caractérise (tableau IV.2), toujours en accord avec les fonctions structurales spectromorphologiques.

Famille typologique prépondérante	Phase temporelle	Fonction structurale
K	entretien (facture itérative)	approche/émergence
X'	attaque (impulsion)	émergence
Y	entretien (facture continue)	conservation

Tableau IV.2 Rôle fonctionnel des familles typologiques prépondérantes – partie A

⁵³⁸ <https://www.douban.com/group/topic/4243634/>, site consulté le 21 août 2018

⁵³⁹ Il est important de noter que, jusqu'à présent, aucune analyse musicale n'a été publiée sur cette composition.

⁵⁴⁰ Consultable sur le site <https://www.danielmancero.com/analyses>

De manière complémentaire, nous constatons quelles sont les dimensions paramétriques qui déterminent chacune de ces trois familles typologiques saillantes. À cet égard, le tableau ci-dessous rend compte de la corrélation entre les conditions de saillance et les dimensions acoustiques paramétriques⁵⁴¹ :

Famille typologique prépondérante	Type de masse	Dimension paramétrique
K	masse imprévisible	étendue du spectre sonore
X'	masse fixe complexe	qualité du spectre et masse sonore
Y	masse peu variable	qualité du spectre

Tableau IV.3 Dimensions paramétriques par famille typologique – partie A

Sur la base des informations issues de cette première partie, nous pouvons arguer que la partie initiale de cette CfPS, de manière très générale, se caractérise par l'émergence et la conservation⁵⁴² des figures récurrentes, dont la qualité de saillance résulte de la qualité de leur masse sonore — plus précisément, de l'aplatissement et de la distribution de l'énergie au niveau spectral. Puis, en ce qui concerne l'analyse au niveau poétique, nous déduisons que son caractère syntaxique est principalement déterminé par des relations qu'entretiennent les figures saillantes avec le fond sonore : même si ces figures tissent aussi des rapports entre elles — dans une logique paradigmatique diachronique, nous considérons qu'il est plus adéquat d'étudier leur fonctionnalité syntaxique de manière synchronique, c'est-à-dire, au moyen d'une analyse des relations ayant lieu en même temps⁵⁴³.

Dans cette optique, nous présentons les modes relationnels selon deux points de vue : d'une part, selon une perspective qui considère les familles typologiques prépondérantes en tant qu'événements saillants (au centre de la fenêtre de visualisation), et d'autre part, selon une perspective qui les considère lorsqu'elles apparaissent au second plan — dans la partie supérieure de la fenêtre de visualisation (tableau IV.4).

⁵⁴¹ Voir chapitre III.6

⁵⁴² La fonction structurale « *approche* » n'étant qu'une forme spécifique d'émergence

⁵⁴³ Nous reviendrons plus en détail sur ce point aux chapitres V.3 et V.4

Typologie des figures (saillances)	Typologie des événements en arrière-plan (fond)	Mode relationnel
K	Hx	réciprocité
	Y	compétition
	Ey	interpolation
X'	Ex	interaction
	Y(T)	convergence
Y	Ex	réciprocité
	N''	compétition
	Hx	réciprocité
	Ey	interpolation
	T	réciprocité
—	K	—
Ex	X'	convergence
W		réciprocité
A	Y	compétition
X'		convergence
Y''		inégalité
T		compétition
Ex		interruption

Tableau IV.4 Modes relationnels – Nous les Défunts, partie A

Comme le montre le tableau ci-dessus, les éléments qui prédominent dans la première partie de l'œuvre présentent plusieurs modes d'interaction avec d'autres éléments moins saillants de l'environnement sonore. En revanche, lorsque ces éléments prédominants deviennent partie inhérente du fond sonore, tant les typologies impliquées que les modes de relation morphologique changent significativement. Tel est notamment le cas des événements du type Y où les modes de relation coopérative que les familles T et Ex entretiennent avec celles-ci deviennent des modes de réaction et d'interpolation (voir tableau IV.4). Dans la deuxième partie [02'47'' - 06'29''], les saillances les plus importantes du point de vue paradigmatique sont les suivantes : N'', W et Ex. D'un point de vue structural, leur fonction est donnée par leur phase temporelle (tableau IV.5).

Famille typologique prépondérante	Phase temporelle	Fonction structurale
N''	entretien (facture itérative)	prolongation
W	attaque (facture continue)	temps fort
Ex	entretien (facture continue)	conservation

Tableau IV.5 Rôle fonctionnel des familles typologiques prépondérantes – partie B

En ce qui concerne les dimensions paramétriques qui déterminent la qualité morphologique des événements prépondérants, nous constatons que les conditions de saillance ont trait notamment à la distribution spectrale, comme le montre le tableau IV.6.

Famille typologique prépondérante	Type de masse	Dimension paramétrique
N''	masse fixe tonique	qualité du spectre et masse sonore
W	masse imprévisible	étendue du spectre
Ex	masse fixe complexe	étendue et qualité du spectre

Tableau IV.6 Dimensions paramétriques par famille typologique – partie B

Selon notre interprétation, la deuxième partie se caractérise par l'émersion et la persistance d'événements dont la condition de saillance repose sur la qualité de la masse sonore, plus précisément sur la mesure de resserrement et d'élargissement dans la distribution énergétique, au niveau spectral. Au même titre que pour la partie initiale, nous estimons que les modes de relation spectromorphologique qui ont lieu pendant la deuxième partie de cette CfPS changent radicalement, selon que les typologies prédominantes sont au premier plan (saillances) ou en arrière-plan (fond sonore). Plus spécifiquement, nous constatons que les processus d'interaction sont interrompus et remplacés lorsque les matériaux prédominants passent au second plan (tableau IV.7).

Typologie des figures (saillances)	Typologie des événements en arrière-plan (fond)	Mode relationnel
N''	W	convergence
	Ex	interruption
W	Ex	réciprocité
Ex	Y'	inégalité
	Ex	interruption
	Y	interpolation
Y	N''	compétition
Ey		interpolation
N''	W	convergence
Y		compétition
Ey		interpolation

Tableau IV.7 Modes relationnels – Nous les Défunts, partie B

Ensuite, nous constatons que les typologies les plus représentatives de la troisième partie [06'29''- 11'11''] sont X'' et E, respectivement. Leur fonction structurale est donnée par la phase temporelle qui les caractérise (tableau IV.8), tandis que, au niveau syntaxique, leur qualité morphologique se définit par deux dimensions paramétriques, à savoir la densité de la masse spectrale et la brillance (tableau IV.9).

Famille typologique prépondérante	Phase temporelle	Fonction structurale
X''	attaque (facture itérative)	approche
E	entretien (facture imprévisible)	prolongation

Tableau IV.8 Rôle fonctionnel des familles typologiques prépondérantes – partie C

Dans cette troisième partie, il convient de mettre en exergue deux points : d'une part, la prépondérance flagrante de ces deux familles typologiques sur toutes les autres figures saillantes (voir annexe 2.12), et d'autre part, la résistance qu'elles manifestent à s'intégrer au fond sonore (voir annexe 7.3).

Famille typologique prépondérante	Type de masse	Dimension paramétrique
X''	masse fixe complexe	qualité du spectre et masse sonore
E	masse imprévisible	étendue du spectre

Tableau IV.9 Dimensions paramétriques par famille typologique – partie C

Nous déduisons donc, d'une part, que les conditions de saillance correspondent principalement à la qualité spectrale et au registre de la masse sonore ; d'autre part, que cette partie se caractérise par la permanence des matériaux saillants au premier plan (tableau IV.10), ce qui modifie la régularité dans la distribution de l'énergie spectral — comme le démontre l'analyse acoustique-structurale figurant à l'annexe 5.12).

Typologie des figures (saillances)	Typologie des événements en arrière-plan (fond)	Mode relationnel
X''	T	inégalité
	Y(T)	inégalité
E	T	convergence
	Y(T)	mutation
—	X''	—
—	E	—

Tableau IV.10 Modes relationnels – Nous les Défunts, partie C

En outre, la quatrième partie de cette CfPS [11'11'' – 16'47''] se caractérise par la prédominance d'événements du type An, aussi bien que par la récurrence d'autres éléments sonores, dont notamment ceux du type Y'' (annexe 2.12). Ces deux matériaux se caractérisent par le fait d'avoir une phase temporelle d'entretien et une phase temporelle d'attaque, respectivement. Leur fonction structurale, détaillée au tableau IV.11, dénote une préférence pour l'utilisation de matériaux de masse imprévisible et/ou peu variable. Également, le choix de ces matériaux met en relief l'importance de la densité de la masse dans le processus d'agencement sonore (tableau IV.12).

Famille typologique prépondérante	Phase temporelle	Fonction structurale
An	entretien (facture imprévisible)	conservation
Y''	attaque (facture itérative)	approche

Tableau IV.11 Rôle fonctionnel des familles typologiques prépondérantes – partie D

Compte tenu des dimensions paramétriques ayant trait aux conditions de saillance⁵⁴⁴, la qualité morphologique de ces deux matériaux peut être explorée au moyen d'une description acoustique au niveau de la qualité et de l'étendue du spectre sonore, comme l'indique le tableau suivant :

Famille typologique prépondérante	Type de masse	Dimension paramétrique
An	masse imprévisible	étendue et qualité du spectre
Y''	masse peu variable	qualité du spectre et masse sonore

Tableau IV.12 Dimensions paramétriques par famille typologique – partie D

Puis, comme il ressort du tableau IV.13, nous remarquons que le mode de relation qui particularise cette quatrième partie est l'interaction coopérative entre les figures saillantes et le fond, à quelques exceptions près :

⁵⁴⁴ Voir section III.6.2

Typologie des figures (saillances)	Typologie des événements en arrière-plan (fond)	Mode relationnel
An	Y(T)	convergence
	En	réciprocité
	N	mutation
	Ex	réciprocité
Y''	Y(T)	inégalité
	Ex	inégalité
	En	mutation
N	An	mutation
—	Y''	—

Tableau IV.13 Modes relationnels – Nous les Défunts, partie D

Enfin, la cinquième et dernière partie de cette CfPS se compose de deux matériaux complémentaires qui convergent vers la clôture de l'œuvre (tableau IV.14). Leur qualité morphologique est en rapport avec deux dimensions paramétriques, à savoir l'étendue et la qualité spectrales (tableau IV.15).

Famille typologique prépondérante	Phase temporelle	Fonction structurale
Ex	entretien (facture imprévisible)	prolongation
N	fin (facture continue)	résolution

Tableau IV.14 Rôle fonctionnel des familles typologiques – partie E

Famille typologique prépondérante	Type de masse	Dimension paramétrique
Ex	masse fixe complexe	étendue et qualité du spectre
N	masse fixe tonique	qualité du spectre

Tableau IV.15 Dimensions paramétriques par famille typologique – partie E

Comme nous pouvons le constater dans le tableau IV.16, la convergence est le seul mode relationnel qui se produit pendant cette dernière section [16'47'' – 18'56''], ces deux familles typologiques n'ayant aucune relation avec d'autres événements sonores.

Autrement dit, les deux seuls éléments qui composent cette dernière partie convergent vers l'achèvement de l'œuvre, pour finalement se dissoudre dans l'environnement sonore.

Typologie des figures (saillances)	Typologie des événements en arrière-plan (fond)	Mode relationnel
Ex	N	convergence
N	Ex	convergence

Tableau IV.16 Modes relationnels – partie E

Compte tenu de ce qui précède, nous présentons un tableau récapitulatif permettant de caractériser les diverses sections de cette œuvre, selon trois dimensions acoustique-musicales, à savoir les fonctions au niveau de la structure, les dimensions paramétriques, et les modes relationnels spectromorphologiques.

Section	Fonctions structurales	Dimensions paramétriques	modes relationnels
Partie A	approche, émergence et conservation	étendue du spectre, masse sonore et qualité du spectre	interaction, réaction, interpolation
Partie B	prolongation, temps fort, conservation	étendue du spectre, masse sonore et qualité du spectre	interaction, réaction, interpolation
Partie C	approche, prolongation	étendue du spectre, masse sonore et qualité du spectre	interaction et réaction
Partie D	conservation, approche	étendue du spectre, masse sonore et qualité du spectre	interaction et réaction
Partie E	prolongation, résolution	étendue et qualité du spectre	interaction

Tableau IV.17 Tableau récapitulatif – Nous les Défunts, Yannick Dauby (2016)

IV.3.1.3 Groupe II. *Beneath the Forest Floor* - Hildegard Westerkamp (1992)

Cette œuvre, commandée par CBC Radio, a été composée en 1992 sur la base de paysages sonores enregistrés en 1991, notamment dans des forêts sur la côte ouest de la Colombie-Britannique. La plupart des matériaux sonores ont été captée dans la vallée de Carmanah, sur l'Île de Vancouver. Selon la compositrice, cette pièce tente de fournir aux auditeurs

« un espace dans le temps pour expérimenter un espace avant qu’il ne soit détruit⁵⁴⁵ ». La composition a été publiée dans l’album Transformations, en 1996.

Sur la base d’un recensement des matériaux saillants (annexe 1.2), nous déduisons que la forme de cette CfPS⁵⁴⁶ s’organise en six grandes parties (annexe 2.2). Nous constatons que cette composition est le résultat d’un travail très méticuleux de mixage et de manipulation électroacoustique, fondé sur une collection assez importante d’éléments enregistrés tant conjointement que séparément, comme le montre le document audiovisuel d’analyse⁵⁴⁷.

La première partie de cette CfPS [0’00’’ – 01’18’’] est déterminée par quatre sonorités prépondérantes, chacune étant rapportée à une fonction structurale différente (tableau IV.18).

Famille typologique prépondérante	Phase temporelle	Fonction structurale
Zx	attaque (facture nulle)	émergence
N'	attaque (impulsion)	approche
Y	attaque (facture continue)	soulèvement
Hn	entretien (facture continue)	prolongation

Tableau IV.18 Rôle fonctionnel des familles typologiques prépondérantes – Beneath the Forest Floor, partie A

Parallèlement, chaque famille typologique est mise en relation avec les dimensions paramétriques de la matière sonore, selon leurs caractéristiques de masse (tableau IV.19). À cet égard, il convient de souligner la récurrence et la centralité de deux critères d’articulation acoustique liés aux dimensions paramétriques de la masse sonore : force est de constater que ces familles typologiques partagent les mêmes conditions de saillance, à savoir l’étendue spectrale et la qualité de la masse sonore.

⁵⁴⁵ [Site web] : https://www.sfu.ca/~westerka/program_notes/forestfloor.html, site consulté le 21 août 2018. C’est nous qui traduisons.

⁵⁴⁶ Comme indiqué ci-avant, le fragment que nous avons analysé a une durée totale de 8’40’’, à différence de la version radiophonique de 1992, d’une durée de 17’23’’.

⁵⁴⁷ Consultable sur www.danielmancero.com/these/analyses

Famille typologique prépondérante	Type de masse	Dimension paramétrique
Zx	masse fixe complexe	étendue et qualité du spectre
N'	masse fixe tonique	qualité du spectre et masse sonore
Y	masse peu variable	qualité du spectre
Hn	masse fixe tonique	étendue et qualité du spectre

*Tableau IV.19 Dimensions paramétriques par famille typologique –
Beneath the Forest..., partie A*

Contrairement au cas précédent, les modes de relation spectromorphologique qui caractérisent cette première partie rendent compte de la complexité au niveau spatial, de même qu'ils dénotent l'hétérogénéité morphologique des matériaux saillants. Nous constatons que l'événement saillant initial ne coïncide avec aucun autre matériau. Cependant, lors de sa cinquième apparition, il constitue l'arrière-plan aux autres trois événements saillants (tableau IV.20).

Pareillement, nous remarquons que les modes de relation impliqués sont, d'une part l'interaction — sous forme de réciprocité et de convergence, et d'autre part, la réaction sous forme de compétition et d'inégalité entre les matériaux. Il convient également souligner que les quatre familles typologiques ont une manière très particulière d'interagir entre elles : comme cela ressort du tableau IV.20, les événements du type Zx sont en convergence avec les événements du type N' et Y, tandis qu'ils sont en compétition avec les éléments du type Hn. Néanmoins, ces derniers interagissent de façon réciproque avec les événements du type N', produisant ainsi un développement hétérophonique⁵⁴⁸ dans la forme musicale qui facilite l'arrivée de la partie suivante.

⁵⁴⁸ Par souci de clarté et de simplicité, la notion d'hétérophonie est présentée en détail dans la quatrième partie de ce mémoire de thèse (chapitre V.1)

Typologie des figures (saillances)	Typologie des événements en arrière-plan (fond)	Mode relationnel
Zx	—	—
N'	Hn	réciprocité
	A	compétition
Y	Zx	convergence
		convergence
		compétition
		réciprocité
		convergence
		—
N	Hn	réciprocité
P	N'	inégalité

Tableau IV.20 Modes relationnels – Beneath the Forest Floor, partie A

La deuxième partie de cette composition [01'18'' – 03'35''] se caractérise par l'apparition d'une vaste gamme de matériaux hétérogènes qui contrastent avec la répétitivité d'un petit nombre d'événements sonores de masse fixe, énumérés dans le tableau ci-dessous :

Famille typologique prépondérante	Phase temporelle	Fonction structurale
Hn	entretien (facture continue)	prolongation
N'	attaque (impulsion)	approche
Zx	(facture nulle)	émergence

Tableau IV.21 Rôle fonctionnel des familles typologiques prépondérantes – Beneath the Forest Floor, partie B

Au même titre que la partie antérieure, celle-ci se caractérise par la similarité des dimensions paramétriques ayant trait à la distribution de l'énergie dans le spectre — notamment l'étendue et la qualité spectrales (tableau IV.22).

Famille typologique prépondérante	Type de masse	Dimension paramétrique
Hn	masse fixe tonique	étendue et qualité du spectre
N'	masse fixe tonique	qualité du spectre et masse sonore
Zx	masse fixe complexe	étendue et qualité du spectre

Tableau IV.22 Dimensions paramétriques par famille typologique — Beneath the Forest Floor, partie B

Typologie des figures (saillances)	Typologie des événements en arrière-plan (fond)	Mode relationnel	
Hn	Zx	réciprocité	
	W	réciprocité	
N'	Zx	réciprocité	
	W	compétition	
Zx	Tn	compétition	
	Hn	interpolation	
Yx	Hn	interruption	
N		réciprocité	
N''		résistance	
N'		interpolation	
X''		convergence	
Y''		compétition	
—		N'	—
N''		Zx	compétition
N'	résistance		

Tableau IV.23 Modes relationnels — Beneath the Forest Floor, partie B

Concernant les modes de relation spectromorphologique, cette partie se caractérise par une hétérogénéité assez complexe, comme l'indique le tableau ci-dessus. Il est à constater que, même si ces trois familles typologiques ressortent de l'arrière-plan de manière égalitaire, leurs modes relationnels changent radicalement lors de l'apparition d'autres éléments moins persistants (tableau IV.23).

En outre, l'hétérogénéité morphologique que nous venons d'évoquer diminue significativement durant la troisième partie de cette CfPS, d'une durée d'à peine une minute [03'35'' — 04'33'']. Du point de vue paramétrique, deux typologies se distinguent du reste de l'environnement sonore : un premier élément, déjà paru pendant les deux premières parties (Zx), plus un deuxième élément, résultant de la transformation morphologique de Zx.

Famille typologique prépondérante	Phase temporelle	Fonction structurale
Zx	attaque (facture nulle)	émergence
Y''x	entretien (facture nulle)	soulèvement

Tableau IV.24 Rôle fonctionnel des familles typologiques prépondérantes – Beneath the Forest Floor, partie C

Du point de vue morphologique, nous distinguons deux dimensions paramétriques corrélatives (tableau IV.25) ayant relation avec trois conditions de saillance au niveau local, à savoir le timbre, le registre (ou étendue) et la densité de la masse sonore.

Famille typologique prépondérante	Type de masse	Dimension paramétrique
Zx	masse fixe complexe	étendue et qualité du spectre
Y''x	masse peu variable	étendue et qualité du spectre, masse sonore

Tableau IV.25 Dimensions paramétriques par famille typologique — partie C

Complémentairement, l'analyse des modes de relation spectromorphologique permet de confirmer la diminution de la complexité hétérophonique pendant cette partie de l'œuvre. Comme le montre le tableau IV.26, les deux matériaux sont en concurrence l'un avec l'autre tandis qu'ils interfèrent avec un seul élément en arrière-plan. Les modes relationnels sont la réaction et l'interaction par convergence.

Typologie des figures (saillances)	Typologie des événements en arrière-plan (fond)	Mode relationnel
Zx	Hn	convergence
	Y''x	compétition
Y''x	—	—
Ax	Zx	inégalité
Ax	Y''x	inégalité

Tableau IV.26 Modes relationnels — partie C

Par ailleurs, il est important de souligner à quel point la ressemblance entre la quatrième et la cinquième parties de cette composition⁵⁴⁹ transparait dans l'analyse fonctionnelle de l'œuvre. Comme il est indiqué à l'annexe 5.2, les deux sections partagent des éléments communs⁵⁵⁰, et cependant, même si leur différence réside dans la distribution inégale des matériaux sonores non prépondérants, les deux sections se caractérisent par la précellence de trois familles typologiques (voir tableaux IV.27 et IV.28). Par conséquent, en accord avec le principe de hiérarchie et compte tenu du principe paradigmatique d'analyse, nous étudions la fonctionnalité de ces deux sections de manière conjointe.

Famille typologique prépondérante	Phase temporelle	Fonction structurale
Tn	entretien (facture imprévisible)	conservation
φ	attaque (impulsion)	émergence
An	entretien (facture imprévisible)	conservation

Tableau IV.27 Rôle fonctionnel des familles typologiques prépondérantes — Partie D

Le tableau ci-dessus montre la fonction structurale des trois familles typologiques prépondérantes, selon leur phase temporelle. Puis, concernant les dimensions paramétriques correspondant à la masse des matériaux saillants, nous observons une similitude avec les deux premières parties de l'œuvre (tableau IV.28).

⁵⁴⁹ Force est de constater que, au niveau de la caractérisation morphologique des matériaux saillants, l'articulation structurale entre le quatrième et le cinquième segments reste difficile à constater — comme cela ressort de l'annexe 5.2. C'est la raison pour laquelle nous estimons qu'il s'agit d'un pont structurel, plutôt que d'une partie *stricto sensu*.

⁵⁵⁰ Nous pouvons le constater par la distribution partagée des couleurs bleu, jaune, marron et violet, correspondant aux typologies Tn, An et φ.

Famille typologique prépondérante	Type de masse	Dimension paramétrique
Tn	masse peu variable	étendue et qualité du spectre
φ	masse imprévisible	étendue du spectre
An	masse fixe tonique	étendue et qualité du spectre

Tableau IV.28 Dimensions paramétriques par famille typologique — partie D

Compte tenu de ce qui précède, nous pouvons présumer que cette grande partie est marquée par une grande complexité au niveau des relations spectromorphologiques. En effet, tous les modes relationnels sont présents pendant cette partie de l'œuvre — qui d'ailleurs comprend treize familles typologiques distinctes (tableau IV.29). Il est intéressant de noter que les événements saillants de typologie *Tn* interfèrent dans les trois modes relationnels, tandis que les autres types saillants n'interagissent que par interaction coopérative et par réaction. Il convient également de noter qu'une fois les événements prédominants établis en arrière-plan, c'est exactement le contraire qui se produit : les matériaux du type *Tn* interfèrent par interaction et réaction, tandis que les éléments du type *An* le font en conformité avec les trois modes relationnels.

Typologie des figures (saillances)	Typologie des événements en arrière-plan (fond)	Mode relationnel
Tn	An	inégalité
	T	interpolation
	Ax	inégalité
	Y''	compétition
	W	réciprocité
	Hn	interpolation
φ	W	réciprocité
	Ax	inégalité
	An	réciprocité
An	W	réciprocité
	Tn	inégalité
	Ay	compétition
	Ax	compétition
Y''	Tn	compétition
Ax		inégalité
An		convergence
Y		compétition
—	φ	—
φ	An	réciprocité
T		inégalité
Ax		interpolation
N''		convergence
Zy		compétition
An		interruption
Tn		interpolation

Tableau IV.29 Modes relationnels — partie D

Enfin, du point de vue paradigmatique, la dernière partie témoigne d'un bon équilibre entre les divers matériaux, ces derniers étant dotés d'une fonction structurale similaire (tableau IV.30).

Famille typologique prépondérante	Phase temporelle	Fonction structurale
X''	attaque (facture itérative)	soulèvement
Hx	entretien (facture nulle)	prolongation
Ey	entretien (facture imprévisible)	transition
Zx	entretien (facture nulle)	émergence

Tableau IV.30 Rôle fonctionnel des familles typologiques prépondérantes — Partie E

Puis, au même titre que la plupart des sections de cette *CfPS*, nous constatons que les dimensions paramétriques concernant la masse sonore sont concentrées au niveau local. Plus précisément, nous observons que les dimensions paramétriques sont particulièrement déterminées par deux conditions de saillance au niveau local, à savoir le timbre et la densité (tableau IV.31).

Famille typologique prépondérante	Type de masse	Dimension paramétrique
X''	masse fixe complexe	qualité du spectre et masse sonore
Hx	masse fixe complexe	étendue et qualité du spectre
Ey	masse peu variable	étendue et qualité du spectre
Zx	masse fixe complexe	étendue et qualité du spectre

Tableau IV.31 Dimensions paramétriques par famille typologique — partie E

Parallèlement, nous observons une rénovation au niveau des modes de relation spectromorphologique. Comme l'indique le tableau IV.32, même si nous avons affaire à un nombre assez restreint de familles typologiques, les matériaux interfèrent selon les trois modes de relation⁵⁵¹.

⁵⁵¹ À l'exception de la famille typologique *Ey* qui n'interagit point.

Typologie des figures (saillances)	Typologie des événements en arrière-plan (fond)	Mode relationnel
X''	Hx	réciprocité
Hx	—	—
Ey	—	—
Zx	Hx	compétition
—	X''	—
Zx	Hx	compétition
X''		réciprocité
A		convergence
—	Ey	—
Hx	Zx	interpolation

Tableau IV.32 Modes relationnels — partie E

Même si notre analyse ne tient compte que d'un fragment de l'œuvre, elle permet toutefois de faire remarquer sa complexité au niveau poétique. Nous observons que le processus d'agencement musical répond à une cohérence, non seulement au niveau de la distribution des matériaux, mais aussi et surtout, elle répond à une logique d'organisation au niveau des relations spectromorphologiques.

Section	Fonctions structurales	Dimensions paramétriques	modes relationnels
Partie A	émergence, approche, soulèvement et prolongation	étendue du spectre, masse sonore et qualité du spectre	interaction et réaction
Partie B	prolongation, approche et émergence	qualité de la masse, étendue du spectre et brillance	interaction, réaction et interpolation
Partie C	émergence et soulèvement	qualité de la masse, étendue du spectre et brillance	interaction et réaction
Partie D	conservation et émergence	étendue et qualité du spectre	interaction, réaction et interpolation
Partie E	soulèvement, prolongation, transition et émergence	qualité de la masse, étendue du spectre et brillance	interaction, réaction et interpolation

Tableau IV.33 Tableau récapitulatif — *Beneath the Forest Floor (fragment)*, Hildegard Westerkamp (1992)

Dans cette analyse fonctionnelle, nous pouvons rendre compte de la rigueur avec laquelle les matériaux sonores ont été traités et agencés. Comme il ressort du tableau IV.33, le processus d'agencement sonore est en cohérence avec une procédure de composition attentive à la « logique communicationnelle et de transmission⁵⁵² » en ce qu'elle prend soin de trouver un équilibre poïétique entre les fonctions structurales, la diversité de matériaux et leurs modes d'interaction spectromorphologique.

IV.3.1.4 Groupe III. Island – Barry Truax (2000)⁵⁵³

Island est une *CfPS* assez complexe, qui combine des éléments issus de l'environnement avec des matériaux de synthèse, dans un format multipiste à huit-canaux stéréo. Une de ses caractéristiques principales est la proximité spectromorphologique entre les éléments enregistrés et ceux issus de la manipulation électroacoustique : il s'avère que les sons issus de l'environnement partagent leur source sonore avec les sons synthétiques, ces derniers étant le résultat d'une transformation graduelle des matériaux enregistrés. Cette proximité spectromorphologique se traduit par l'intrication de divers espaces et plans sonores, l'écoute de l'analyste devant être très attentive pour ne pas confondre la brèche entre la source et la morphologie sonore.

Le processus de composition a été conçu pour l'utilisation d'un système de synthèse, développé par le compositeur lui-même à l'Université Simon Fraser⁵⁵⁴. Ce système, appelé PODX, combine un processeur digital pour le traitement du signal (le DMX-1000) avec un logiciel de synthèse granulaire en temps réel — développé pour PDP Micro-11⁵⁵⁵. Cette œuvre est un magnifique exemple de la manière dont les techniques de manipulation sonore permettent de créer des paysages sonores assez hétéroclites au niveau des matériaux de base.

Un premier constat s'impose : ainsi qu'il ressort du tableau IV.34, la structure que nous avons déduite lors du processus de caractérisation typomorphologique (annexe 1.7)

⁵⁵² Cf. chapitre II.2.3 de ce mémoire de thèse ; Truax, B., *Acoustic Communication, Op.Cit.*

⁵⁵³ Une représentation de l'analyse (version vidéo) est disponible sur le lien suivant : www.danielmancero/analyses

⁵⁵⁴ Pour approfondir, voir Truax, B., « Composition and diffusion: space in sound in space » In *Organised Sound*, 3(2), 141-6, 1999.

⁵⁵⁵ Le PDP Micro-11 (acronyme pour *Programmable Data Processor*) est un modèle d'ordinateur qui date de 1970. Il s'agit du même modèle ayant servi au développement du système d'exploitation UNIX et du langage C.

concorde bien avec la structure proposée par le compositeur lui-même⁵⁵⁶. À ce propos, il convient de préciser que la documentation nous a été fournie par le compositeur après avoir finalisée l'étape de caractérisation typomorphologique, indiquant une corrélation positive entre la planification de l'œuvre, au niveau poétique, et le processus analytique que nous avons entamé, au niveau esthétique.

Scene	Waves	River	Cistern		Mountain Lake	Forest	Waves
Time	0'00''	03'00''	06'00''		09'00''	12'08''	15'30''
Partie	A	B	C	pont	D	E	F
Time	0'00''	03'00''	06'00''	08'13''	09'00''	12'10''	15'30''

Tableau IV.34 Tableau comparatif de la structure globale — *Island*, Barry Truax

La première partie de cette *CfPS* est composée par divers matériaux assez divers, dont les familles typologiques prépondérantes partagent une caractéristique commune, qui est d'avoir une même phase temporelle (tableau IV.35). Cela se traduit par l'installation de deux fonctions structurales, à savoir la prolongation et la conservation.

Famille typologique prépondérante	Phase temporelle	Fonction structurale
Hx	entretien (facture nulle)	prolongation
Ex	entretien (facture imprévisible)	conservation
X''	entretien (facture itérative)	conservation
En	entretien (facture imprévisible)	prolongation

Tableau IV.35 Rôle fonctionnel des familles typologiques prépondérantes — *Island*, Partie A

Au niveau de la masse sonore, nous avons affaire à une section marquée par la prédominance de matériaux de masse fixe complexe, ce qui entraîne la prévalence de deux dimensions paramétriques, comme le montre le tableau ci-dessous.

⁵⁵⁶ Truax, B., *Soundscape Composition HTML Documentation*, Op.Cit.

Famille typologique prépondérante	Type de masse	Dimension paramétrique
Hx	masse fixe complexe	étendue et qualité du spectre
Ex	masse fixe complexe	étendue et qualité du spectre
X''	masse fixe complexe	qualité du spectre et masse sonore
En	masse fixe tonique	étendue et qualité du spectre

Tableau IV.36 Dimensions paramétriques par famille typologique — *Island, Barry Truax (2000), partie A*

Puis, nous observons l'émergence organisée de multiples modes de relation spectromorphologique : plus précisément, nous constatons que seulement les événements saillants ayant une facture nulle ou imprévisible et une masse complexe entretiennent des relations hétérogènes — c'est-à-dire, selon les trois modes relationnels. En revanche, les événements de masse fixe complexe et/ou de facture itérative n'interagissent que de manière restreinte — c'est-à-dire, selon un ou deux modes de relation spectromorphologique. Complémentairement, ainsi qu'il ressort du tableau IV.37, les familles typologiques limitent la diversité des modes relationnels lorsqu'elles passent à arrière-plan : ainsi, les familles de masse complexe et de facture nulle (ou imprévisible) n'interagiront alors que selon deux modes de relation spectromorphologique, tandis que les éléments de masse fixe tonique disparaîtront du paysage sonore.

La deuxième partie diffère de la première essentiellement en ce qui concerne la diversité des matériaux. Tant au niveau de la masse sonore que dans leur fonction structurale, les matériaux se présentent moins divers. En retour, tant leurs fonctions structurales que leurs types de masse sonore demeurent inchangés. Nous pouvons donc en déduire qu'il s'agit d'une section d'accourcissement morphologique. Du point de vue paradigmatique, la deuxième section ne présente que deux matériaux importants (tableau IV.38).

Typologie des figures (saillances)	Typologie des événements en arrière-plan (fond)	Mode relationnel
Hx	N	réciprocité
	Ex	interpolation
	An	inégalité
	Ax	confluence
Ex	N	déplacement
	An	interpolation
	X''	mutation
	Ax	confluence
X''	An	inégalité
	Hx	compétition
En	Hx	réciprocité
	N	inégalité
En	Hx	inégalité
X''		compétition
N		confluence
Ex		compétition
An		confluence
Ax		mutation
X''		Ex
Ex	X''	mutation
Hx		compétition
—	En	—

Tableau IV.37 Modes relationnels — Island, Barry Truax, partie A

Au niveau poétique, ce resserrement morphologique s'explique par le rapprochement de divers matériaux sonores au moyen d'une manipulation électroacoustique. Il en résulte un paysage sonore délayé mais assez complexe, où les éléments subissent une transformation progressive jusqu'à l'arrivée de la troisième partie.

Famille typologique prépondérante	Phase temporelle	Fonction structurale
X''	entretien (facture itérative)	conservation
Hx	entretien (facture nulle)	prolongation

Tableau IV.38 Rôle fonctionnel des familles typologiques prépondérantes — Island, Partie A

Les dimensions paramétriques demeurant inchangées (tableau IV.38), nous constatons un appauvrissement des modes relationnels (tableau IV.39), notamment en raison de la disparition de l'interpolation comme mode relationnel.

Famille typologique prépondérante	Type de masse	Dimension paramétrique
X''	masse fixe complexe	qualité du spectre et masse sonore
Hx	masse fixe complexe	étendue et qualité du spectre

Tableau IV.39 Dimensions paramétriques par famille typologique — Island, partie B

Pendant cette partie, il est à remarquer que les modes de relation spectromorphologique sont en conformité totale avec l'organisation des matériaux par typologie de masse. Autrement dit, nous observons que les événements interagissent ou réagissent selon leur qualité de masse : les événements saillants de masse fixe *f* interagissent entre eux de manière coopérative —par convergence et mutation, tandis qu'ils réagissent face aux éléments de masse fixe tonique (notamment *Hn* et *Zyn*). À l'opposé, les modes d'interaction suivront la direction inverse lorsque les familles typologiques prépondérantes passent à l'arrière-plan (tableau IV.40).

Typologie des figures (saillances)	Typologie des événements en arrière-plan (fond)	Mode relationnel
X''	Hx	convergence
	Ex	mutation
	Hn	déplacement
	Zyn	compétition
Hx	Zyn	compétition
	Hn	inégalité
—	X''	—
An	Hx	mutation
Ex		compétition

Tableau IV.40 Modes relationnels — Island, partie B

En outre, la troisième partie se caractérise par l'apparition de nouveaux types de matériaux, dont le rôle fonctionnel change considérablement (tableau IV.41).

Famille typologique prépondérante	Phase temporelle	Fonction structurale
X'	attaque (impulsion)	soulèvement
N'	attaque (impulsion)	émergence
N	entretien (facture continue)	transition
An	entretien (facture imprévisible)	prolongation

Tableau IV.41 Rôle fonctionnel des familles typologiques prépondérantes — Island, partie C

Au niveau de la masse sonore, il n'est pas inintéressant de noter que l'apparition de nouveaux matériaux provoque une augmentation immédiate des dimensions paramétriques à mesurer, notamment en ce qui concerne la densité de la masse comme condition de saillance (tableau IV.42).

Famille typologique prépondérante	Type de masse	Dimension paramétrique
X'	masse fixe complexe	qualité du spectre et masse sonore
N'	masse fixe tonique	qualité du spectre et masse sonore
N	masse fixe tonique	qualité du spectre
An	masse fixe tonique	étendue et qualité du spectre

Tableau IV.42 Dimensions paramétriques par famille typologique — Island, partie C

Comme il ressort du tableau ci-dessous, l'émergence de ces nouveaux matériaux sous-entend le jaillissement d'un nouveau système d'interrelation spectromorphologique, dans le sens où la correspondance entre les divers matériaux est marquée par la prévalence de modes d'interaction coopérative :

Typologie des figures (saillances)	Typologie des événements en arrière-plan (fond)	Mode relationnel
X'	Hx	interpolation
	An	mutation
	En	interpolation
	Y''x	compétition
	Y''n	mutation/convergence
N'	An	mutation
	Y''x	mutation
	Hn	mutation
N	Y''x	mutation
	Hn	mutation
An	En	interpolation
	Y''n	mutation
—	X'	—
—	N'	—
—	N	—
En	An	compétition
X''		convergence

Tableau IV.43 Modes relationnels — Island, partie C

De manière générale, les saillances qui se caractérisent par le fait d’avoir une masse fixe tonique entretiennent majoritairement un rapport coopératif avec tout autre matériau du paysage sonore. En revanche, les modes relationnels des événements saillants ayant une masse fixe complexe se répartissent indistinctement. Il est à noter que, sous réserve de quelques exceptions, les familles typologiques prépondérantes ont exclusivement un rôle de premier plan — c’est-à-dire qu’elles se manifestent en tant que saillances — raison pour laquelle ces dernières n’interagissent point avec d’autres matériaux moins saillants.

En outre, un nouveau système structurel détermine la quatrième section de cette *CfPS*, composée par quatre familles typologiques prépondérantes, toutes de facture nulle ou imprévisible (tableau IV.44).

Famille typologique prépondérante	Phase temporelle	Fonction structurale
Zy (Zyn)	entretien (facture nulle)	prolongation
En	entretien (facture imprévisible)	prolongation
Hn	fin (facture nulle)	résolution
Hx	fin (facture nulle)	fermeture

Tableau IV.44 Rôle fonctionnel des familles typologiques prépondérantes — Island, partie D

Comme le montre le tableau suivant, nous avons affaire à une section où la densité de la masse n’est plus une dimension paramétrique déterminante. Bien au contraire, il convient de noter que cette partie se distingue par l’absence de cette dimension au niveau typomorphologique :

Famille typologique prépondérante	Type de masse	Dimension paramétrique
Zy (Zyn)	masse fixe tonique	étendue et qualité du spectre
En	masse fixe complexe	étendue et qualité du spectre
Hn	masse imprévisible	étendue et qualité du spectre
Hx	masse fixe tonique	étendue et qualité du spectre

Tableau IV.45 Dimensions paramétriques par famille typologique — Island, partie D

Logiquement, comme en témoigne le tableau ci-dessous, le système d'interaction spectromorphologique devient plus complexe à mesure que le rôle fonctionnel des familles typologiques s'enrichit. Les événements de masse complexe ou variable n'interagissent avec d'autres types de matériau que par réaction — résistance, inégalité ou compétition. En revanche, les autres événements saillants sont associés à d'autres éléments, tant par interaction que par réaction. Lorsque ces éléments s'installent au fond du paysage sonore, le seul mode relationnel qui caractérise leurs liaisons est la réaction, sauf pour ce qui concerne la transformation des événements du type *En* au niveau de la masse sonore.

Typologie des figures (saillances)	Typologie des événements en arrière-plan (fond)	Mode relationnel
Zy (Zyn)	Hn	inégalité
	Hx	résistance
	T	résistance
	N''	inégalité
	En	inégalité
Hn	Zy	inégalité
	An	convergence
	N''	réciprocité
Hx	Hn	compétition
	T	compétition
En	T	compétition
	Eyn	mutation
—	Zy (Zyn)	—
—	Hn	—
Hn	Hx	résistance
T	En	compétition
Eyn		mutation

Tableau IV.46 Modes relationnels — Island, partie D

En outre, la cinquième partie répond, d'une part, à une contention au niveau des fonctions morphologiques structurales, et d'autre part, à une réduction dans le nombre d'événements pertinents — du point de vue paradigmatique (tableau IV.47).

Famille typologique prépondérante	Phase temporelle	Fonction structurale
Zy	entretien (facture nulle)	prolongation
An	attaque (facture imprévisible)	émergence

Tableau IV.47 Rôle fonctionnel des familles typologiques prépondérantes — Island, partie E

Il est d'ailleurs intéressant de remarquer que les dimensions paramétriques rapportées à la masse sonore ne varient même pas en fonction de la quantité de matériaux saillants, d'autant plus qu'elles déterminent, dans une certaine mesure, la similarité des conditions de saillance dans un environnement donné, et de ce fait, elles conditionnent la pertinence de la description acoustique dans l'analyse hétérophonique des compositions fondées sur le paysage sonore⁵⁵⁷. Toujours est-il que, selon les conditions de saillance proposées par Lerdahl, nous avons affaire à un petit nombre de matériaux qui deviennent saillants par cause de leur étendue et de leur qualité spectrales (tableau IV.48).

Famille typologique prépondérante	Type de masse	Dimension paramétrique
Zy	masse fixe tonique	étendue et qualité du spectre
An	masse fixe tonique	étendue et qualité du spectre

Tableau IV.48 Dimensions paramétriques par famille typologique — Island, partie E

Puis, nous constatons que toutes les relations spectromorphologiques qui ont lieu pendant cette cinquième partie correspondent bel et bien à des formes d'interaction et de réaction (tableau IV.49), comme c'était le cas pour les sections B et D. Or, nous observons que l'organisation des modes relationnels n'est plus déterminée par la typologie des événements sonores. Bien au contraire, elle est dissociée des autres sections de l'œuvre.

⁵⁵⁷ Nous reviendrons sur ce sujet au chapitre suivant.

Typologie des figures (saillances)	Typologie des événements en arrière-plan (fond)	Mode relationnel
Zy (Zyn)	An	réciprocité
	Hn	inégalité
	Hx	inégalité
An	Zy	inégalité
	Hn	inégalité
N''	Zy (Zyn)	convergence
Hn		inégalité
Hn	An	réciprocité

Tableau IV.49 Modes relationnels — Island, partie E

Enfin, la sixième et dernière de cette œuvre comprend trois familles typologiques saillantes. Du point de vue strictement structurel, nous pouvons conclure que la dernière partie est une souvenance de la première, en ce qu'elle ne présente que deux fonctions rapportées à la phase temporelle des matériaux prédominants, à savoir la prolongation et la conservation (voir tableau IV.50).

Famille typologique prépondérante	Phase temporelle	Fonction structurale
Hx	fin (facture nulle)	prolongation
Hn	entretien/fin (facture nulle)	prolongation/immersion
N	entretien (facture continue)	conservation

Tableau IV.50 Rôle fonctionnel des familles typologiques prépondérantes — Island, partie F

Cependant, du point de vue spectromorphologique, nous constatons que la dernière section partage aussi des caractéristiques avec toutes les autres parties de l'œuvre (à l'exception de la troisième partie), dans le sens où elle se caractérise par une concentration de matériaux de masse fixe, ce qui se traduit par la précellence de deux dimensions paramétriques (tableau IV.51).

Famille typologique prépondérante	Type de masse	Dimension paramétrique
Hx	masse fixe complexe	étendue et qualité du spectre
Hn	masse fixe tonique	étendue et qualité du spectre
N	masse fixe tonique	qualité du spectre

Tableau IV.51 Dimensions paramétriques par famille typologique — Island, partie F

De la même manière, nous observons que les modes de relation spectromorphologique qui déterminent cette partie sont respectivement l'interaction et la réaction (tableau IV.52), comme c'était le cas auparavant pour les parties B, D et E.

Typologie des figures (saillances)	Typologie des événements en arrière-plan (fond)	Mode relationnel
Hx	T	réciprocité
	Tx	mutation
	N	inégalité
	Hn	convergence
Hn	Hx	convergence
	N	mutation
	Tx	compétition
N	Hx	inégalité
	Hn	mutation

Tableau IV.52 Modes relationnels — Island, partie F

Compte tenu de ce qui précède, nous estimons que cette dernière partie remplit son rôle d'épilogue parce que, d'une part, elle consiste en une récapitulation conclusive des fonctions structurales — rapportées à la facture des événements saillants, et d'autre part, elle conduit à l'épuisement des modes d'interaction spectromorphologique. Néanmoins, comme nous pouvons le constater d'après le tableau IV.53, il existe des éléments constants et réguliers entre les trois niveaux d'analyse — à savoir le fonctionnel, le paramétrique et le relationnel — fournissant le fil conducteur d'un processus pérenne de transformation. Plus précisément, nous faisons référence à la fonction structurale de *prolongation* et à *l'étendue spectrale* en tant que dimension paramétrique de la matière sonore. Enfin, à une exception près, l'interaction coopérative s'avère être le mode relationnel prédominant, ce

qui dénote une stratégie de composition fondée sur la transformation continue des matériaux, au niveau morphologique.

Section	Fonctions structurales	Dimensions paramétriques	modos relationnels
Partie A	prolongation et conservation	étendue et qualité du spectre ; masse sonore	interaction, réaction et interpolation
Partie B	prolongation et conservation	étendue et qualité du spectre ; masse sonore	interaction et interpolation
Partie C	soulèvement, émergence, transition et prolongation	étendue et qualité du spectre ; masse sonore	réaction et interpolation*
Partie D	prolongation, résolution et fermeture	étendue et qualité du spectre	interaction et réaction
Partie E	prolongation et émergence	étendue et qualité du spectre	interaction et réaction
Partie F	prolongation, immersion et conservation	étendue et qualité du spectre	interaction et réaction

Tableau IV.53 *Tableau récapitulatif — Beneath the Forest Floor (fragment)*
Hildegard Westerkamp (1992)

IV.4 Schéma de modélisation fonctionnelle des *CfPS*

Compte tenu de ce qui précède, nous pouvons affirmer que la méthodologie d'analyse utilisée s'avère tout à fait appropriée pour rendre compte de la fonctionnalité spectromorphologique des *CfPS*. D'abord, parce qu'elle permet de clarifier quels sont les éléments sur lesquels se fonde l'articulation musicale au sein des *CfPS* — plus précisément la typologie des matériaux, leur distribution et leurs modes d'interaction spectromorphologique. Ensuite, parce qu'elle permet de mettre en lumière les formes typiques d'interaction spectromorphologique, selon que les familles typologiques s'associent, ou bien se séparent les unes des autres, pour la conformation d'un paysage sonore musical. Pareillement, nous déduisons que la méthodologie proposée s'avère convenable en ce qu'elle facilite une meilleure compréhension des processus de structuration musicale dans le domaine des *CfPS*, tant au niveau micro — au moyen d'une caractérisation typomorphologique des matériaux —, qu'au niveau macro ou stylistique — eu égard aux spécificités acoustiques structurellement déterminantes.

Dans cet esprit, nous nous interrogeons sur la possibilité de recréer l'univers musical des *CfPS*. Par-là, nous entendons la mise au point d'un modèle qui exemplifie l'hétérogénéité des matériaux sonores, ainsi que l'ensemble des relations établies entre ces événements et l'environnement sonore. Or, de notre point de vue, cela implique le développement d'un schéma de la *CfPS* centré sur l'espace de timbres, et plus précisément, réduit à la dimension des fréquences. Pareillement, cela exige, d'une part, la mise en place de plusieurs mécanismes servant à identifier les composants fréquentiels les plus déterminants ; d'autre part, cela demande l'aménagement d'un modèle commun pour la représentation des modes relationnels spectromorphologiques. Pour fonder les bases de notre modèle des *CfPS*, nous proposons ci-après trois mécanismes essentiels de représentation fonctionnelle.

IV.4.1 La phase temporelle et le profil dynamique des événements sonores saillants

Au sein de la *CfPS*, les événements sonores sont de nature diverse et de portée bidimensionnelle : au niveau esthétique, ces éléments ont un rôle figuratif dans le sens où ils répondent à une fonctionnalité d'ordre narratif⁵⁵⁸ ; au niveau poïétique, ces éléments ont pour vocation d'être utilisés en tant qu'unités syntaxiques. De ce fait, nous devons tenir compte des intersections entre ces deux phases. Dans le processus de modélisation des *CfPS*, nous proposons une première étape axée sur la phase temporelle des événements sonores. Pour ce faire, nous nous appuyons principalement sur les travaux de Pierre Schaeffer⁵⁵⁹, François Bayle⁵⁶⁰ et Olivier Claude⁵⁶¹ portant sur la classification morphologique de sons non-figuratifs et leur conception dynamique. Nous visons à déterminer quels sont les paramètres d'instanciation et de discrétisation pour chaque famille typologique, à l'aide d'une mise en correspondance entre les familles typologiques de l'événement sonore et les figures élémentaires du profil dynamique, proposées par Claude⁵⁶².

Dans le domaine de l'amplitude, le profil dynamique désigne l'évolution d'un signal acoustique dans le temps. D'après Schaeffer, le profil dynamique est en rapport direct avec six critères, à savoir l'attaque, la durée, la direction, le mouvement, le profil mélodique et l'accélération. L'attaque est rapportée à la première phase temporelle du son, tandis que la durée correspond à la facture temporelle totale d'un événement. Dans ce contexte, les autres quatre critères dynamiques permettent de caractériser les sons selon six figures élémentaires⁵⁶³ :

- a) La figure solide : de durée délimitée, cette figure « correspond essentiellement aux phénomènes dits de "percussion-résonance", [...] où l'impact énergétique est

⁵⁵⁸ Nous renvoyons le lecteur au chapitre II.1.4

⁵⁵⁹ Schaeffer, P., *Traité des objets musicaux*, Op.Cit.

⁵⁶⁰ Bayle, F., *Musique acousmatique : propositions, positions*. Bibliothèque de recherche musicale. Bry-sur-Marne Paris : Institut national de l'audiovisuel Buchet-Chastel, 1993.

⁵⁶¹ Claude, O., *La recherche intelligente de sons*, Mémoire de recherche pour l'obtention du diplôme de Maîtrise, Université de Provence, 2006. [Version en ligne] : <http://architexte.ircam.fr/textes/Claude06a/index.pdf>, site consulté le 26 août 2018

⁵⁶² *Ibid.*, pp. 41-42.

⁵⁶³ Nous renvoyons le lecteur aux représentations graphiques figurant à l'annexe 7.1

donné en bloc au début du son et où la suite du son n'est qu'un retour progressif au silence⁵⁶⁴ ».

- b) La figure flèche : de durée délimitée, il s'agit « en quelque sorte [de] l'inverse du solide⁵⁶⁵ », en ce qu'elle dénote un accroissement de l'énergie.
- c) La figure parabole : de durée délimitée, cette figure exhibe une direction variée, allant vers le haut, puis vers le bas. « Du silence, on passe à un maximum et on retourne au silence⁵⁶⁶ ».
- d) La figure disque : de durée délimitée et sans déplacement, il s'agit d'une forme abrupte qui témoigne d'une impulsion.
- e) La figure fluide : de durée non-délimitée, il s'agit d'un « son qui s'écoule continûment, globalement sans évolution dynamique⁵⁶⁷ ».
- f) La figure d'attaque rapide maintenue et dégression rapide : « se situant entre la figure solide et la figure flèche, [elle caractérise] les sons pour lesquels l'impact énergétique n'est pas donné en bloc au début [...] mais entretenu pendant une durée plus ou moins longue avant le retour progressif [...] au silence⁵⁶⁸ ».

Nous en déduisons donc qu'il est possible de retracer la phase temporelle des familles typomorphologiques, en ayant recours à l'instanciation des points angulaires caractéristiques (voir annexe 7.2). Pour cela, nous partons du constat que les figures élémentaires peuvent elles-mêmes être classées selon leur similitude structurelle comme suit :

- A) Figure solide et flèche
- B) Figure parabole et disque
- C) Figure fluide et figure d'attaque rapide maintenue et dégression rapide

Le groupe A est conformé par des éléments du type figure-résonance ; de son côté, le groupe B se compose par des matériaux du type impulsion. Enfin, le groupe C associe les événements sonores du type non-attaqué. Conséquemment, comme il ressort de la

⁵⁶⁴ Claude, O., *La recherche intelligente...* Op.Cit., pp.42

⁵⁶⁵ Claude, O., *Op.Cit.*.

⁵⁶⁶ *Ibid.*

⁵⁶⁷ *Ibid.*

⁵⁶⁸ *Ibid.*

représentation figurant à l'annexe 7.3, nous avançons un modèle référentiel d'instanciation fondé sur les points angulaires et les pentes de chaque groupe archétypique.

IV.4.2 Les dimensions paramétriques de la masse sonore

La notion de masse avancée par Schaeffer « correspond au mode d'occupation du champ des hauteurs par le son⁵⁶⁹ ». De ce point de vue, tout objet sonore — c'est-à-dire, tout phénomène acoustique entendu comme corrélat de l'écoute réduite — peut être catalogué selon la qualité de sa masse sonore : tantôt *tonique*, tantôt *complexe*⁵⁷⁰. Or, force est de constater que le mécanisme de classification proposé par Schaeffer s'avère limité, d'autant plus qu'il ne rend pas compte des variables multidimensionnelles qui déterminent la masse acoustique d'un son. De ce fait, la deuxième phase de notre modèle favorise la mise en rapport des catégories de classification typologique schaefferienne et les conditions de saillance énoncées par Lerdahl. Pour mettre en évidence la corrélation entre ces deux paramètres et évaluer sa pertinence, examinons de plus près les résultats énoncés lors des trois analyses structurel-fonctionnelles.

Les conditions de saillance ayant trait aux modes d'occupation du champ de hauteurs sont trois : le timbre, le registre et la densité. Ils s'opèrent au niveau local et ont un caractère pluridimensionnel. Puis, les critères acoustiques de segmentation qui correspondent à ces conditions sont respectivement la distribution spectrale, l'emplacement de l'énergie spectrale (ou brillance) et la dispersion spectrale (ou aplatissement). La question qui se pose alors est de savoir quelles sont les spécificités acoustiques qui correspondent le mieux aux critères susmentionnés. Pour ce faire, nous partons du constat qu'il existe trois concepts pour définir les variations de masse qui sont à l'origine de la perception du timbre⁵⁷¹, à savoir 1) le timbre-qualité instantané, 2) la variation temporelle de timbre, et 3) la forme temporelle de timbre. Examinons ces concepts de plus près :

⁵⁶⁹ *Ibid*, pp.42

⁵⁷⁰ Nous renvoyons le lecteur au chapitre II.5 de ce mémoire de thèse

⁵⁷¹ Il s'agit d'une hypothèse émise par Mathieu Barthez dans son travail de thèse doctorale. Dans son travail, il analyse la composition de l'aspect morphologique du timbre, sur la base des travaux de J.-C. Risset, A. Bregman, S. McAdams et A. Lerdahl, principalement. Pour approfondir, nous renvoyons le lecteur à son mémoire de thèse intitulé *De l'interprète à l'auditeur : une analyse acoustique et perceptive du timbre musical*. Aix-en-Provence : Université de la Méditerranée — Aix-Marseille II, décembre 2008.

- 1) Le timbre-qualité instantané est une « abstraction qui réfère à la sensation de la qualité « que l'on serait à même de percevoir à un instant donné d'un son⁵⁷² ». Nous considérons que cette conception du timbre est très proche à celle portée par Pierre Schaeffer dans le TOM pour définir les objets musicaux en tant qu'unités syntaxiques musicales.
- 2) La variation temporelle de timbre correspond aux variations temporelles d'un timbre-qualité donné. Nous tenons à croire que cette notion s'accorde très bien avec notre modèle référentiel d'instanciation fondé sur les figures élémentaires.
- 3) La forme temporelle de timbre « correspond à l'effet perceptuel résultant des variations temporelles » d'un timbre-qualité. Ce concept correspond bien aux trois groupes archétypiques décrits ci-haut.

IV.4.3 Le champ hétérophonique et les modes relationnels spectromorphologiques

Pour continuer, nous prenons appui sur le modèle spectromorphologique de Denis Smalley, visant à dévoiler la nature relationnelle des *CfPS*. Cela suppose de laisser de côté pour l'instant l'analyse des techniques électroacoustiques étant à l'origine du son, dans l'intérêt de lever le voile sur la nature spectrale des événements acoustiques⁵⁷³.

De ce point de vue, nous visons à rendre compte de la nature musicale du paysage sonore, ce dernier entendu comme un habitat acoustique, ou, plus précisément, comme un *écosystème* sonore. Nous partons de l'hypothèse que les écosystèmes acoustiques peuvent être compris en tant que *champs hétérophoniques*, entendant par hétérophonie « une répartition structurelle de hauteurs identiques, différenciée par des coordonnées temporelles divergentes [et] manifestée dans des intensités et des timbres distincts⁵⁷⁴ ».

Nous défendons l'idée que le système écologique-acoustique de *CfPS* est appréhensible de par la distribution de l'énergie spectrale dans l'environnement sonore, notamment au

⁵⁷² Barthes, M., *De l'interprète à l'auditeur : une analyse acoustique et perceptive du timbre musical*, *Op.Cit.*, pp.48

⁵⁷³ « In spectromorphological thinking we must try to ignore the electroacoustic and computer technology used in the music's making. Surrendering the natural desire to uncover the mysteries of electroacoustic sound-making is a difficult but necessary and logical sacrifice. [...] *Once we can grasp the relationship between the sounding body and the cause of sound we feel we have captured a certain understanding: intuitive knowledge of the human physical gesture involved is inextricably bound up with our knowledge of music as an activity* ». Smalley, D., *Spectromorphology: explaining sound-shapes*, *Op.Cit.*, pp 108. C'est nous qui soulignons.

⁵⁷⁴ Boulez, P., *Penser la musique aujourd'hui*, 1 vol. Collection Tel 124. Paris : Gallimard, 1987, pp 140.

niveau des fréquences⁵⁷⁵. Sur cette base, nous proposons de reconstituer les trois modes d'interaction spectromorphologique ayant lieu dans les *CfPS*, au moyen d'une recombinaison des événements acoustiques prépondérants, au niveau fréquentiel. Nous regroupons d'abord les événements saillants par famille typologique — comme il ressort du processus de caractérisation exposé ci-haut⁵⁷⁶. Puis, nous identifions les techniques d'instanciation les plus appropriées en correspondance avec le profil dynamique de chaque famille typologique. Enfin, nous représentons l'espace timbrique de chaque groupe typologique au niveau fréquentiel⁵⁷⁷, notamment en prenant appui sur la sélection de descripteurs acoustiques exposés au chapitre IV.2. Ce procédé a pour objectif de modéliser le champ hétérophonique des *CfPS* au moyen d'un échantillonnage au niveau fréquentiel. Dans la figure IV.7, nous illustrons le schéma de modélisation proposé.

Dans cette perspective, le contenu des *CfPS* est représenté dans le domaine des fréquences sonores, et les modes relationnels spectromorphologiques sont interprétés musicalement au niveau poïétique, selon l'espace de timbres de chaque famille typomorphologique. Cela permet de réaliser des systèmes d'écriture musicale fondés sur les champs hétérophoniques du paysage sonore (ce qui est expliqué en détail dans la partie suivante), en même temps que cela favorise une meilleure compréhension des préceptes de l'écologie acoustique dans le domaine de l'écriture musicale.

⁵⁷⁵ Ce sujet sera amplement abordé dans le chapitre suivant

⁵⁷⁶ Plus précisément, au chapitre III.3

⁵⁷⁷ Nous approfondirons ce sujet au chapitre suivant.

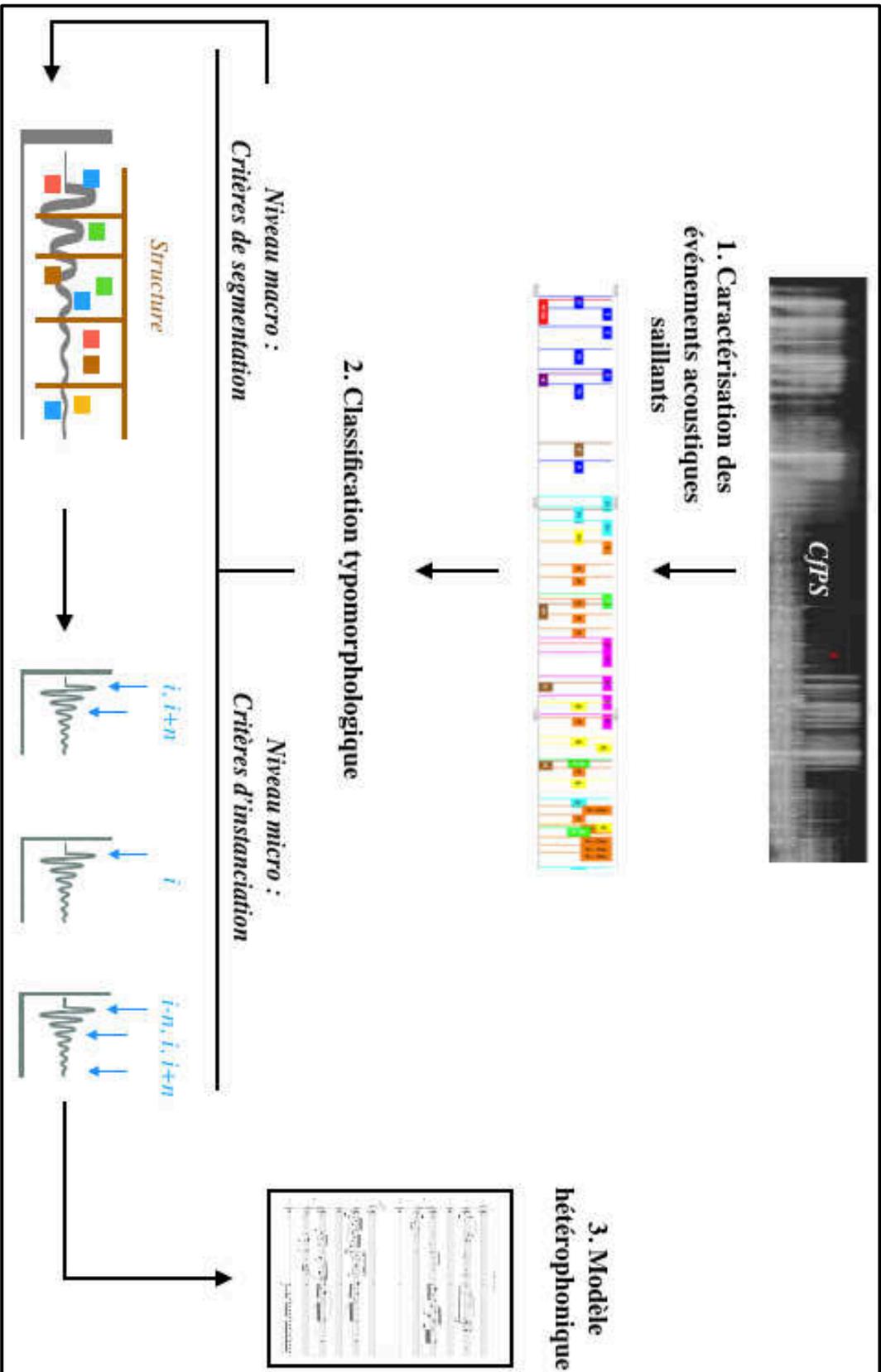


Figure IV.7 Modèle du système hétérophonique des CfPS

Conclusion de la troisième partie

Nous avons abordé l'étude musicale d'un corpus représentatif de *CfPS* dans une perspective *fonctionnelle*. Cela signifie que la *CfPS* est comprise comme une projection poétique de l'ensemble d'événements acoustiques considérés dans leurs relations à l'intérieur d'un système unitaire : le paysage sonore. Compte tenu des conditions de saillance (chapitre III.6.2) et des critères de pertinence pour la description multidimensionnelle du paysage sonore (chapitre IV.1), nous avons mis en évidence quelques spécificités acoustiques ayant une incidence directe sur le processus d'agencement sonore, et donc sur les relations morphologiques au sein des *CfPS*. Pour cela, nous avons rendu compte de sept descripteurs acoustiques fortement corrélés à des dimensions acoustiques où les processus poétiques d'articulation morphologique ont été expérimentalement constatés (voir annexes 4 et 5). Ces descripteurs sont les suivants :

- 1) La valeur efficace d'amplitude
- 2) La brillance spectrale
- 3) L'acuité spectrale
- 4) L'asymétrie spectrale
- 5) L'aplatissement du spectre
- 6) Le point de roll-off, et
- 7) L'inharmonicité

Chacun des descripteurs énumérés ci-dessus correspond à une condition de saillance pertinente pour l'analyse musicale des *CfPS*, au niveau local. Ainsi, la valeur efficace est principalement liée à la sonie ; la brillance, l'asymétrie et l'acuité spectrales se rapportent à la distribution et au niveau d'équilibre de la masse sonore, ce qui est en étroite corrélation avec la densité comme condition de saillance, tandis que l'inharmonicité est un critère acoustique qui correspond à la qualité du timbre. Toutefois, il faut signaler que les spécificités acoustiques ne sont pas dissociées l'une de l'autre. Bien au contraire, elles doivent être combinées de manière cohérente pour qu'un processus de description acoustique soit efficace. C'est la raison pour laquelle nous opérons une distinction entre les critères acoustiques unidimensionnels et les stratégies de composition, ces dernières étant le résultat d'un processus d'agencement musical déterminé par la/les condition/s de saillance.

Sur la base de ce qui précède, il est conclu que les stratégies de composition fondée sur le paysage sonore répondent à des critères poétiques de cohérence morphologique. Ces

critères sont axés sur la mise en réseau d'un petit nombre de dimensions acoustiques qui seront contrôlées pendant le processus de composition électroacoustique. À ce propos, nous distinguons trois stratégies de composition fondée sur le paysage sonore, selon les critères suivants : I) l'aplatissement (ou équilibre) spectrale, II) la distribution spectrale, et III) l'inharmonicité (voir figure IV.4). Les stratégies de *CfPS* étant définies selon la prépondérance de chaque critère acoustique, l'analyste peut désormais identifier les dimensions qui s'avèrent pertinentes pour l'étude des modes relationnels spectromorphologiques.

Après avoir constaté que le répertoire choisi s'organise selon trois stratégies de composition (voir figure IV.4) — à l'aide d'une analyse structurelle du répertoire (chapitre IV.3), nous avons choisi une pièce caractéristique de chaque groupe. Ces trois pièces ont été analysées en accord avec le principe de perception à double modalité (chapitre IV.3.1) pour rendre compte des fonctions spectromorphologiques au sein des *CfPS*. Comme on pouvait s'y attendre, les trois modes relationnels⁵⁷⁸ ont bien lieu dans les trois pièces sélectionnées de manière égale (chapitre IV.3.1), ce qui nous amène à conclure que, du point de vue esthétique, les processus de *CfPS* ne sont point déterminés par la référentialité des matériaux sonores, mais plutôt et surtout, par la qualité et l'hétérogénéité morphologique d'une collection de *timbres*.

Dans d'autres mots, nous pouvons conclure que la *CfPS* relève de procédés syntaxiques de manipulation électroacoustique centrés sur le timbre, tandis que, du point de vue esthétique, la référentialité des événements qui structurent la *CfPS* sert de fil conducteur dans le développement des processus paradigmatiques⁵⁷⁹ de composition musicale.

Sur la base de ces constats, nous avançons un schéma de modélisation fonctionnelle des *CfPS* (chapitre IV.3.2) qui repose sur trois aspects essentiels, à savoir : a) le profil dynamique des événements acoustiques, b) les dimensions paradigmatiques de la masse sonore, et c) les modes relationnels spectromorphologiques (chapitre IV.4).

- a) Le profil dynamique désigne l'évolution temporelle d'un événement sonore ;
- b) Les dimensions paramétriques de la masse sonore, et
- c) Les modes relationnels spectromorphologiques.

⁵⁷⁸ Les modes relationnels ont été exposés au chapitre III.4.3

⁵⁷⁹ Voir chapitre III.3

Pour représenter l'évolution temporelle des événements sonores, nous prenons appui sur les six figures élémentaires proposées par Olivier Claude⁵⁸⁰ (voir annexe 7.1).

Réciproquement, étant donné que les dimensions paramétriques de la masse sonore concernent les modes d'occupation du champ de hauteurs (chapitre IV.4.2), nous nous appuyons sur trois concepts clés avancés par Bayle Claude⁵⁸¹ dans la définition de la masse sonore et du timbre, à savoir 1) le timbre-qualité instantané, 2) la variation temporelle de la masse, et 3) la forme temporelle de la masse. Ces dimensions nous permettent d'examiner les particularités morphologiques de l'événement sonore eu égard leur complexité dans le domaine temporel. À l'aide de ces notions, nous mettons en évidence un ensemble de critères d'instanciation temporelle (annexes 7.2 et 7.3), qui s'avèrent essentiels dans le processus de modélisation des *CfPS*.

Enfin, le troisième et dernier aspect concerne la modélisation syntaxique des modes relationnels spectromorphologiques. Pour cela, nous partons de l'hypothèse que, depuis la perspective de l'écologie acoustique, les *CfPS* peuvent être modélisés en tant que écosystèmes acoustiques, ce qui suppose l'idée que le paysage sonore est appréhensible selon la distribution de l'énergie spectrale, au niveau des fréquences. Ce dernier point est précisément le thème central de la partie suivante.

⁵⁸⁰ Claude, O., *La recherche intelligente de sons*, *Op.Cit.*

⁵⁸¹ Barthes, M., *De l'interprète à l'auditeur : une analyse acoustique et perceptive du timbre musical*, *Op.Cit.*

Troisième interlude

« Aujourd’hui, il apparaît clairement inéluctable que l’art musical s’oriente peu à peu sur le chemin d’un nouveau langage. Car la liberté poétique ne pourra être redécouverte, puis s’épanouir, qu’au sein d’un nouveau réseau de possibles cohérent, capable de gérer simultanément le global et le local — cohésion de la forme et grande variété de figures —, et qui permettra aussi, à volonté, une écriture *simple* ou *complexe*⁵⁸² ».

Dans notre quête pour comprendre l’univers des compositions fondées sur le paysage sonore d’un point de vue poétique, il est important de partir de définitions claires ayant trait à la fonctionnalité musicale. La partie suivante traite des notions exprimant l’interaction du multiple, dont les éléments structuraux maintiennent une relation de complémentarité d’ordre musical.

Dans ce qui suit, nous procédons à étudier quelques points incontournables de l’analyse harmonique du signal, dans le but ultime de rendre apparent le système hétérophonique qui particularise le répertoire des *CfPS* et ainsi cerner les logiques de création qui caractérisent cette forme d’art musical.

⁵⁸² Leclère, F., *Harmonie et courbure du temps*, Paris : Éditions TUM/Michel de Maule, 1994, p.25

Quatrième Partie

V. La nature hétérophonique des CfPS : analyse harmonique et modélisation poïétique

Si, avec Murray Schafer, nous partons du principe que la qualité musicale des CfPS dépend dans une très large mesure du caractère référentiel des événements sonores, il s'avère nécessaire de procéder à une analyse causale des éléments stylistiques et idiolectes qui caractérisent ce répertoire. Or, comme nul ne l'ignore, l'étude causale des événements acoustiques ne suffit pas pour rendre compte de l'environnement sonore en tant qu'écosystème. L'étude musicale du paysage sonore mérite d'être abordée d'un point de vue relationnel et fonctionnel, d'autant plus qu'il s'agit de comprendre l'équilibre qui lui est inhérent⁵⁸³. En vue de bien cerner plusieurs questions ayant trait à l'étude du système complexe qu'est le paysage sonore, nous complétons notre démarche analytique par l'idée que la multiplicité morphologique et relationnelle des matériaux qui structurent les CfPS peut être représentée et modélisée dans le domaine des fréquences. Pour cela, nous partons de l'hypothèse que le paysage sonore est un système acoustique *hétérophonique*, caractérisé non pas seulement par la particularité des sources acoustiques⁵⁸⁴, mais surtout par des spécificités acoustiques relatives aux conditions de saillance (énoncées au chapitre III.5.4). Dans cette perspective, nous entendons entreprendre l'étude musicale de ce répertoire en faisant fond sur les caractéristiques spectrales — et des matériaux de base et du champ hétérophonique, au sein des CfPS. Nous visons donc à étudier la distribution de l'énergie spectrale dans le domaine des fréquences, en accord avec la notion fonctionnelle de hiérarchie (présentée au chapitre III.4.2), la phase temporelle des événements sonores saillants (énoncée au chapitre IV.4.1) et les dimensions paramétriques de la masse sonore

⁵⁸³ À ce propos, Barry Truax indique : « *From a contemporary perspective of ecology we can understand the traditional soundscape (i.e. the acoustic environment prior to industrialization and electrification) as a balanced ecosystem. Unfortunately, it seems that we are only able to conceptualize that balanced relationship as an ecological one because we have since lost it. [...] The necessity of the ecological concept springs from the context of loss, or at least from the present threat to survival. The question for us now is whether a new balance can be regained. Can we – with consciousness – be part of a new ecosystem?* ». Truax, B., « Electroacoustic Music and the Soundscape: The Inner and Outer World », In J. Paynter, T. Howell, R. Orton & P. Seymour (eds.), *Companion to Contemporary Musical Thought*, Londres : Routledge, 1992, p.375

⁵⁸⁴ À cet égard, dans la même lignée de Schafer, l'écologue acoustique Bernie Krause affirme que tout paysage sonore peut être déterminé selon trois critères ayant trait à la source sonore, à savoir la géophonie, la biophonie et l'anthroponie. Plus précisément, l'auteur propose de classer les sons : en "signaux actifs", provenant « généralement de sources biophoniques et antropophoniques », et en "éléments passifs" « comme le vent et d'autres signaux liés à la météo [...] ». Krause, B., *Chansons animales et cacophonie humaine. Manifeste pour la sauvegarde des paysages sonores*, Londres : éditions Gallmeister, Yale University Press, 2015, pp. 17-18.

(exposées au chapitre IV.4.2). Or, la question se pose : sur quels critères faut-il se fonder pour scruter la nature hétérophonique du paysage sonore ?

Dans cette partie, nous présentons une brève introduction aux usages théorico-musicales actuels de la notion d'hétérophonie⁵⁸⁵ (chapitre V.1), nous permettant de comprendre les enjeux esthétiques posés par la pratique de la *CfPS*. Ensuite, au chapitre V.2, nous dressons un bilan historique de diverses notions ayant trait à l'analyse, tant spéculative que scientifique, des ondes sonores, ainsi qu'à l'évaluation des rapports musicaux de coexistence et d'interdépendance acoustique. Pour cela, en accord avec l'épistémologue Céline Vautrin⁵⁸⁶, nous partons du constat que la révision des notions fondamentales en matière d'analyse musicale et acoustique — comme par exemple la révision des théories baroques et classiques en occident —, ne peut se faire sans l'examen préalable d'autres théories beaucoup plus anciennes, ce qui pose un problème herméneutique majeur. Compte tenu de cette difficulté, nous partons donc de l'étude génétique du concept d'harmonie, depuis une approche en deux volets : un premier, portant sur le sens étymologique du terme (chapitre V.2.1) ; un second, axé sur les aspects physiques généraux de la théorie harmonique occidentale (chapitre V.2.2).

Puis, nous donnons une vue d'ensemble des principaux problèmes et défis que connaît la théorie musicale depuis le XVII^e siècle — date qui correspond à l'entrée en vigueur d'un paradigme musical fondé sur la notion d'*harmonie*. Au chapitre V.2.3, nous procédons à une approximation praxéologique de la notion d'harmonie — fondée notamment sur les travaux théoriques du XVII^e siècle, dans le but ultime de saisir la logique constitutive de la théorie d'analyse harmonique, quoique de manière très succincte. Également, nous procédons à une évaluation comparative des théories harmoniques du XVIII^e siècle — dont notamment celles énoncées par Jean-Philippe Rameau, Daniel Bernoulli, Denis Diderot et Jean-Jacques Rousseau, ainsi qu'à une approximation de la théorie physiologique de la perception *musicale* (prônée par Hermann von Helmholtz, 1821-1894), du point de vue épistémologique.

Conséquemment, nous abordons la question essentielle de l'analyse harmonique du point de vue opérationnel et technique. À cette fin, nous étudions les principes fondamentaux de désagrégation harmonique, posés par Joseph Fourier aux abords du XIX^e siècle (chapitre

⁵⁸⁵ Plus précisément, entre le XX^e et le XXI^e siècles.

⁵⁸⁶ Vautrin, C., « Du bon usage de la science pour la théorie musicale. Les hommages rendus à Helmholtz » In Bailhache, P. (al.), *Helmholtz. Du son à la musique*, Paris : Librairie Philosophique J. Vrin, 2011, p.18

V.2.4). Puis, nous examinons les questions relatives à l'application de l'analyse harmonique par séries de Fourier au domaine de l'informatique musicale, spécifiquement en matière de discrétisation (chapitre V.2.5) et d'échantillonnage des données audio (chapitre V.2.6). Après, nous proposons de représenter l'espace hétérophonique des *CfPS* sur la base analytique avancée par Fourier, en prenant appui sur quelques algorithmes pour la computation des coefficients de désagrégation harmonique — notamment l'algorithme de calcul de la transformation de Fourier rapide *Fast Fourier Transform* FFT, algorithme proposé par Cooley et John Tukey (1965).

L'approche d'analyse que nous proposons prend appui sur une interprétation phénoménologique des principes mathématiques de décomposition acoustique par séries de Fourier (chapitre V.3), et trouve sa justification dans la proposition suivante : nous pouvons explorer l'espace hétérophonique des *CfPS* au moyen d'une caractérisation typologique des événements sonores saillants, centrée a) sur la décomposition harmonique du spectre acoustique dans le temps (chapitre V.3.2), aussi bien que b) sur la désagrégation de l'espace de timbres en signaux élémentaires (chapitre V.3.3). Ces deux aspects revêtent un caractère particulièrement important en ce qui concerne la méthodologie d'analyse proposée dans la deuxième partie de ce travail de thèse. De manière complémentaire, nous présentons une banque d'outils d'analyse du domaine des fréquences par décomposition harmonique — c'est-à-dire, par désagrégation en séries de Fourier (chapitre V.3.1), ainsi que nous avançons un modèle de réappropriation musicale axé sur le caractère hétérophonique des matériaux qui structurent les *CfPS*, strictement dans le domaine des fréquences (chapitre V.4). Nous fondons notre proposition sur le schéma de modélisation fonctionnelle présenté au chapitre IV.4, en accord avec la phase temporelle et le profil dynamique des événements sonores ; les dimensions paramétriques de la masse sonore et les modes relationnels spectromorphologiques⁵⁸⁷.

Enfin, sur la base des outils de description acoustique multidimensionnelle et compte tenu de la complexité temporelle du paysage sonore⁵⁸⁸, nous présentons a) un dispositif d'analyse harmonique diachronique — dans le but de caractériser l'espace hétérophonique des *CfPS* selon le profil dynamique des événements typologiques, de manière globale (chapitre V.3.2), et b) un dispositif d'analyse harmonique synchronique (chapitre V.3.3), dont le but est de représenter la structure interne des événements sonores typiques, au niveau fréquentiel. Nous détaillons la méthodologie d'instanciation des événements

⁵⁸⁷ Ces points ont été exposés aux chapitres IV.4.2 et IV.4.3, respectivement.

⁵⁸⁸ Cette caractéristique a été exposée au chapitre III de ce mémoire.

acoustiques mise en place (chapitre V.4.2), compte tenu du processus de caractérisation typologique et du schéma de modélisation fonctionnelle présenté au chapitre IV.4.

V.1 La notion d'hétérophonie

La notion d'hétérophonie suppose la coexistence d'entités musicales indépendantes, susceptibles d'interagir entre elles. Du point de vue du compositeur, cette coexistence implique la définition⁵⁸⁹ des événements sonores en termes de *qualités*, engendrés par un continuum sonore. Dans ce contexte, l'intelligibilité des unités musicales passe par une logique paradigmatique d'organisation acoustique selon laquelle l'hétérophonie devient un système déchiffrable. Alors, l'hétérophonie est le résultat d'une coexistence sonore équilibrée qui, nonobstant, n'est guère le produit d'un processus d'organisation harmonique calculé. Dans d'autres mots, l'hétérophonie sous-entend l'auto-organisation de l'espace acoustique sans égard aux règles de génération harmonique ou des rapports arithmétiques des fréquences perçues. Nous partons de l'hypothèse que le système hétérophonique, tel que nous l'entendons, peut être vue comme un système complexe d'association et superposition d'unités sonores autonomes et distinctes, n'entretenant pas forcément de rapports linéaires.

Si nous partons de l'hypothèse que, dans un environnement hétérophonique, la fonctionnalité des événements acoustiques dépend de leur hiérarchie qualitative⁵⁹⁰ — selon qu'ils soient semblables ou disparates, il est possible de renvoyer à la définition d'hétérophonie musicale donnée par Benjamin Britten⁵⁹¹ (1913-1976), aussi bien qu'aux systèmes d'écriture musicale hétérophonique développés par Olivier Messiaen (1908-1992), Mauricio Kagel (1931-2008), Luciano Berio (1925-2003) et Pierre Boulez (1925-2016), respectivement. Si, chez Messiaen, l'hétérophonie peut résulter en une superposition quelque peu indifférente de voix multiples (mais limitées), sous forme de « jungle inextricable⁵⁹² » — comme « les chants d'oiseaux [qui] entrent les uns après les autres [...], un peu comme dans une fugue⁵⁹³ », elle suppose chez Kagel une sorte de

⁵⁸⁹ Selon Pierre Boulez, il s'agit d'une définition éidétique des sons ayant trait à une détermination qui passe de la conscience des objets individuels au royaume des pures essences. Ce constat découle de son ouvrage *Penser la musique aujourd'hui*, Paris : Gallimard, Éditions Gonthier, 1963, pp.113-165. Nous renvoyons le lecteur intéressé à Husserl, E., *Idées directrices pour une phénoménologie et une philosophie phénoménologique pures*. Paris : Gallimard puis Presses universitaires de France, 1950.

⁵⁹⁰ Voir chapitre III.4.2

⁵⁹¹ « L'hétérophonie peut signifier tant de rapports verticaux différents que le terme lui-même en devient caduc ». Amblard, J., « Hétérophonie », *Théories de la composition musicale au XX^e siècle*, dir. N. Donin et L. Feneyrou, Symétrie, 2013, pp. 1191-1212.

⁵⁹² Halbreich, H., *L'oeuvre d'Olivier Messiaen*. Paris : Fayard, 2008, p.408

⁵⁹³ *Ibid.*

*polyphonie indéterminée*⁵⁹⁴ dont les voix coexistent de manière illimitée. Puis, en ce qui concerne le système d'écriture hétérophonique développé par Luciano Berio, il s'agit d'un environnement « d'interaction minimale entre voix hétérogènes », et même d'un système homophonique fondé sur l'hétérophonie⁵⁹⁵ — comme le signale le compositeur et musicologue François Nicolas (2017). Autrement dit, il s'agit chez Berio « non pas tant [d'une] hétérophonie entre différentes voix successives, mais bien [d'une] hétérophonie interne d'une seule voix⁵⁹⁶ ». De ce point de vue, l'hétérophonie s'entend comme un système syntaxique d'organisation et d'agencement musicale d'unités sonores indépendantes.

À cet égard, Pierre Boulez est sans nul doute le musicien et le compositeur qui a le plus théorisé la notion musicale d'hétérophonie. Dans son ouvrage *Penser la musique aujourd'hui* (1963), l'auteur affirme que l'hétérophonie peut « être mise en place » par des qualités générales, aussi bien qu'elle peut être « engendrée » par des qualités spécifiques. Sur cette base, il modélise le système hétérophonique-musical dans une logique paramétrique qui départage les qualités en oppositions binaires — avec une volonté clairement syntaxique⁵⁹⁷. Ainsi, pour ce qui est des conditions que requiert l'instauration d'une hétérophonie, Boulez propose quatre qualités générales, à savoir 1) la *nature* — ornementale ou structurelle ; 2) l'*existence* — obligée ou possible ; 3) le *nombre* — simple ou composé, et 4) la *dépendance* — attachée ou flottante. Puis, quant aux qualités spécifiques (ou de production) de l'hétérophonie, Boulez propose sept particularités, à savoir 1) les *hauteurs absolues* — avec ou sans transposition ; 2) les *hauteurs relatives* — réduites en une ou en plusieurs bandes de fréquence ; 3) les *rythmes-durées* — semblables ou dissemblables ; 4) le *rythme-tempo* — fixe ou mobile ; 5) le *timbre* — identique ou différent ; 6) l'*intensité générale* — parallèle ou antiparallèle ; 7) le *profil dynamique* — semblable ou dissemblable. De ce point de vue, « [et] suivant le degré de différenciation d'avec l'antécédent, l'hétérophonie sera convergente ou divergente⁵⁹⁸ ».

⁵⁹⁴ Nicolas, F., « Variations hétérophoniques sur l'idée de révolution », *Les enjeux du projet hétérophonies/68*, communication à l'IRCAM, 29 avril 2017. [Version en ligne] : <http://www.entretiens.asso.fr/2016-2017/> site consulté le 22 octobre 2018.

⁵⁹⁵ Il convient de signaler que cette conception syntaxique de l'hétérophonie est manifeste dans diverses œuvres instrumentales, dont notamment « Pléiades » (1979) et « Jonchaies » ((1977) de Iannis Xenakis.

⁵⁹⁶ Nicolas, F., *Variations hétérophoniques...Op.Cit.*

⁵⁹⁷ Parmi les exemples les plus pertinents d'écriture hétérophonique figurent « le Rituel (*In memoriam Bruno Maderna*) » (1974 - 1975) ; « explosante...fixe... » — version pour sextet (création à New York, janvier 1973), et « Pli selon Pli » (1957-1962), de Pierre Boulez. Pour approfondir, nous renvoyons le lecteur à Leleu, J.-L. et Decroupet, P. (éds.), *Pierre Boulez. Techniques d'écriture et enjeux esthétiques*, Genève : Éditions Contrechamps, 2006.

⁵⁹⁸ Boulez, P., *Penser la musique aujourd'hui*, *Op.Cit.*, p. 140

Compte tenu de ce qui précède, l'hétérophonie peut alors être définie comme un système opératoire de coexistence acoustique dont l'organisation n'est discernable qu'à partir du degré de particularisation des unités acoustiques. De ce fait, ce n'est que l'approche paradigmatique dans l'analyse des événements sonores qui permet de prospecter l'espace sonore hétérophonique en tant qu'écosystème acoustique. Cela dit, nous formulons l'hypothèse que, du point de vue analytique, le caractère hétérophonique des *CfPS* peut être modélisé selon les qualités *générales* et *spécifiques* du paysage sonore. Plus précisément, nous considérons que l'empreinte spectrale des événements sonores peut être retracée syntaxiquement, en examinant leur *nature*, leur *existence*, leur *intensité générale* et leur *profil dynamique*. De la même façon, nous estimons que le champ hétérophonique que constitue le paysage sonore peut être représenté selon que le système syntaxique d'écriture musicale choisi ait un *caractère convergent ou divergent*, à l'aide d'une description des modes relationnels détaillant la *dépendance attachée ou flottante* des divers éléments prédominants.

Cependant, la question se pose de savoir comment prospecter l'espace hétérophonique des *CfPS*, de manière à en pouvoir représenter syntaxiquement — c'est-à-dire, par l'écriture musicale — les qualités et les particularités, notamment au niveau des fréquences. Pour répondre à cette problématique, il est nécessaire d'aborder les questions ayant trait à l'analyse de l'espace de timbres, ce qui nous amène tout naturellement à étudier la notion d'analyse harmonique, de même que celle d'harmonie musicale.

V.2 Harmonie, harmonicité et théorie harmonique

Aborder l'étude du concept d'harmonie n'est pas tâche facile. Il s'agit d'une notion ambiguë dans le sens où elle « désigne à la fois la science de la formation et de l'enchaînement des accords et le système des tensions [...] qui, dès l'origine, régit la conformation des éléments au tout⁵⁹⁹ ». Or, force est de constater que, dans le domaine de la musique occidentale de tradition écrite, la notion d'harmonie a été établie comme étant une condition rationaliste primordiale pour la construction d'une connaissance musicale universelle⁶⁰⁰. Comme l'indique le compositeur François-Bernard M che, « depuis Rameau jusque très avant dans le XX^e siècle, la musique occidentale a vécu sur la croyance en sa propre universalité. On pourrait imaginer que cette conviction reposait sur le triomphe progressif de sa gamme tempérée et de la bipolarité dominante-tonique qui fonde le système tonal⁶⁰¹ », c'est-à-dire sur le triomphe de sa théorie harmonique.

Dans ce contexte, nous devons prendre en compte que le concept d'*harmonie* sous-entend « une légitimation théorique remontant à Rameau » sur laquelle s'appuient, d'une part « la prétention [universaliste] de la culture europ enne⁶⁰² », et d'autre part « un efficace colonialisme culturel⁶⁰³ » qui prédomine dans la majorité d'ouvrages portant sur l'harmonie musicale. Prenons un petit exemple.

Comme il ressort des ouvrages théoriques du musicologue Jacques Chailley, « l'idée d'une évolution de la musique *en soi*, par le seul fait de sa nature, est une notion *trop moderne* pour avoir effleuré l'esprit des anciens⁶⁰⁴ ». Cela dit, l'auteur considère que la notion d'harmonie musicale relève d'une *légende* — puisqu'il ne pouvait pas en être autrement, et mentionne un récit rapporté par Nicomaque, au II^e si cle⁶⁰⁵. De ce point de vue, les préceptes de la théorie harmonique musicale ne peuvent être expliquées autrement que par la « relation entre le phénomène intuitif de consonance, [...] et l'expression

⁵⁹⁹ Dufourt, H., « Musique, *matoises* et crises de l'antiquité de âge classique », In Loi, M. (sous la dir.) *Mathématiques et Art*, Paris : Hermann, 1995, pp.153-183

⁶⁰⁰ Notamment depuis le XVII^e siècle, comme nous le verrons ci-après.

⁶⁰¹ M che, F.-B., *Musique au singulier*, Paris :  ditions Odile Jacob, 2001, p.15

⁶⁰² *Ibid.*, p.16

⁶⁰³ *Ibid.*

⁶⁰⁴ Chailley, J., *Expliquer l'harmonie ?*, Paris : L'Harmattan,  ditions rencontre, 1967, pp.8. Nous

⁶⁰⁵ Il s'agit du récit de « Pythagore devant l'atelier du forgeron » dont Chailley se sert pour dire que, dans l'Antiquité, « le seul peuple capable d'être à l'origine d'une telle quête explicative [...] est celui des Grecs » (voir Chailley, *Op.Cit.*, pp.9-24).

physicomathématique du rapport entre ces mêmes sons⁶⁰⁶ », ce qui conduit inévitablement à une réduction des arts musicaux et sonores à « ce que, par une analogie très approximative, on pourrait appeler les *deux dimensions principales* de la musique⁶⁰⁷ » — ce qui d'ailleurs est évidemment contraire à la notion étymologique d'*harmonie*, comme nous le verrons ci-après. Qui plus est, comme le signale Hugues Dufourt, « une histoire purement mathématique du concept d'harmonie négligerait cet autre aspect fondamental de l'harmonie, d'inspiration héraclitienne, qui la qualifie de système de tensions⁶⁰⁸ ». Ainsi, « l'histoire même de l'harmonie résulte d'un conflit sans cesse renaissant entre une approche mathématique des sons [...] et une théorie de la musique qui prend comme point de départ la pratique musicale même⁶⁰⁹ ».

À ce stade, un bref historique des approches théorico-musicales s'impose dans le but de mieux définir le concept d'harmonie. Depuis le XVII^e siècle, les approches théoriques adoptées en occident pour l'étude de l'harmonie musicale ont été déterminées par deux notions de base : la *résonance* et la *consonance*⁶¹⁰. Tandis que la notion de résonance (ou d'*attraction*) exprime la manière dont un corps (ou un espace) sonore *restitue* le son, la notion de consonance implique quant à elle deux objets distincts : « d'une part, l'association de deux notes qui produit une impression agréable ; d'autre part, la relation numérique qui exprime le rapport des longueurs du monocorde ou [...] celui des vibrations, lorsque ces rapports obéissent à une certaine règle de production⁶¹¹ ». Dans cette perspective, nous pouvons essayer de tracer l'histoire de la théorie harmonique musicale en occident⁶¹² par rapport à la divergence entre l'approximation platonicienne — fondée sur la notion de *consonance* et prônée notamment par G. Galilée, René Descartes et J. Kepler au XVII^e siècle, et l'approche mécaniste de la théorie *résonnentielle* — mise en

⁶⁰⁶ *Ibid.*

⁶⁰⁷ *Ibid.*, p.91

⁶⁰⁸ Dufourt, H., *Musique, matoises et crises de l'antiquité de l'âge classique*, *Op.Cit.*, pp.153-183.

⁶⁰⁹ *Ibid.*

⁶¹⁰ Pour certains historiens, cette opposition existe de manière latente, particulièrement au IV^e siècle av. J.-C. entre la théorie mathématique de la musique de l'école pythagoricienne — centrée sur l'étude des rapports arithmétiques, et la « théorie musicienne » avancée par Aristoxène de Tarente, cette dernière axée sur l'étude praxéologique de la musique. Pour approfondir, voir Laloy, L., *Aristoxène de Tarente et la musique de l'antiquité*, Paris : Société française d'imprimerie et de librairie, Ancienne Librairie Lecène, 1904 [version digitalisée] The internet archive — Université de Toronto, site web www.archive.org/details/aristoxnedetar00lalo, site consulté le 22 octobre 2018

⁶¹¹ Charrak, A., *Raison et perception. Fonder l'harmonie au XIII^e siècle*, Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 2001, p.25

⁶¹² Cette divergence ontologique se trouve au cœur de la Théorie Harmonique qui, comme nous le verrons plus loin, est la pierre de touche des traités fondateurs de la composition musicale classique occidentale de tradition écrite.

valeur principalement par Marin Mersenne, Daniel Bernoulli et les Encyclopédistes⁶¹³ du XVIII^e siècle. Quand bien même cette divergence illustre la multiplicité d’approches conceptuelles et méthodologiques au cours de l’histoire moderne en occident, « le sens du mot harmonie n’est pas spécifiquement musical à l’origine [en ce qu’il] désigne la juste proportion d’un tout dont les parties conviennent entre elles⁶¹⁴ ».

Se pose alors la question de savoir, d’une part, quel est le vrai sens du terme *harmonie*, et d’autre part, quelle est sa portée dans le domaine de l’analyse musicale. Pour essayer de répondre à cette question, nous passons en revue les principales considérations étymologiques de la notion d’harmonie.

V.2.1 Le sens étymologique d’harmonie

D’un point de vue étymologique, le mot *harmonie* ne relève pas du domaine de la musique. Les diverses définitions encyclopédiques de ce mot concordent avec le fait que cette notion « vient des lointains les plus reculés de la Grèce antique [et] le sens que lui donnaient les Grecs n’est pas du tout celui qu’il revêt en musique polyphonique⁶¹⁵ ». À ce propos, la philosophe Anne Gabrièle Wersinger⁶¹⁶ signale que, pour cerner en quoi consiste la notion classique d’harmonie, le lexique de la langue homérique « offre une constellation de mots tous formés sur la racine indo-européenne **ar* qui signifie ajuster ou joindre⁶¹⁷ ». Puis, étant donné que de ces verbes sont issus les notions d’articulation, de jointure, de jonction et d’harmonie, l’auteure infère que « la pluralité est donc essentielle à l’harmonie, et [que] l’expression est employée au pluriel [...] [parce que] l’harmonie se pense à partir de la multiplicité. Elle ne désigne pas l’application [de l’unité] au multiple, mais l’interaction du multiple dont les éléments se tournent l’un vers l’autre⁶¹⁸ ». Pour Wersinger, il est clair que

⁶¹³ La quête d’une théorie musicale unitaire au XVIII^e siècle s’est avérée en ligne avec l’échange d’expériences et de connaissances qui illustrent cette divergence ontologique. Pour approfondir, nous renvoyons le lecteur intéressé à l’ouvrage de Charrak, A., *Raison et perception...Op.Cit.*

⁶¹⁴ Dufourt, H., « Les origines grecques du concept d’harmonie », In *Musique, Rationalité, Langage. L’harmonie : du monde au matériau*, Antonia Soulez (éd.), Paris : L’Harmattan, 1998, pp.14

⁶¹⁵ Encyclopédie *Academic*, site web : http://encyclopedie_universelle.fracademic.com/9304. Consulté le 26 avril 2018

⁶¹⁶ Professeur des universités et auteur du livre *L’usage des amphibologies dans les dialogues de Platon, l’interprétation pré-philosophique de la différence*, Lille : A.N.R.T, 1992.

⁶¹⁷ Wersinger, A., *La sphère et l’intervalle : le schème de l’harmonie dans la pensée des anciens Grecs d’Homère à Platon*, Grenoble : Éditions Jérôme Million, 2008, p.28

⁶¹⁸ *Ibid.*, p.32. Pour approfondir, voir Palisca, C., « Consonance », *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*, Stanley Sadie (Éd.), Londres : McMillan Publishers, 1980, t. IV, p.668b – 671a.

« toutes les métaphores relatives à l'acte d'harmoniser vont dans le même sens : tisser, tresser, fabriquer [...]»⁶¹⁹ ».

Quel que soit le contexte ou l'acception qu'on lui attribue, la notion étymologique d'harmonie nous renvoie au mot grec *ἄρμος* (*armos*). Cette étymologie suggère que l'harmonie, avant d'être une qualité subjective-esthétique⁶²⁰, est une notion proche à celle d'*assemblage* et de *cohérence*. Comme le démontre l'étymologiste Kurt Baldinger (1998), depuis le VIII^e et jusqu'au XVI^e siècles, on trouve des traces écrites en ancien français du vocable *arm*, se référant à « chacune de deux pièces symétriques entre lesquelles se trouve le gros bout du timon d'une voiture ou sur lesquelles se fixe le brancard⁶²¹ ». Puis, on peut retracer la même racine étymologique entre le XIV^e et le XV^e siècles⁶²², dans le vocable *armon*, pour faire référence à la « pièce de l'avant-train d'un chariot où s'attache le timon⁶²³ ». Déjà au XVI^e siècle, le mot *harmon* devient d'un usage courant, et, comme le souligne le philologue romaniste Frédéric Godefroy (1881), l'*harmon* est une ferrure faisant « partie d'une voiture⁶²⁴ ». Mais qu'en est-il de la définition fonctionnelle qu'en donnent les savants du XVII^e et du XVIII^e siècles ?

Du point de vue musicologique, Hugues Dufourt part du constat que, chez Héraclite (VI^e siècle av. J.-C.), l'harmonie est « l'unité de l'unité et de la multiplicité⁶²⁵ », et infère donc que la notion d'harmonie désigne tant la science de l'enchaînement des accords que le système régissant l'agencement d'unités antithétiques. Toutefois, si nous prenons comme point de départ les usages de cette notion dans l'Antiquité grecque, nous devrions aussi prendre en compte d'autres interprétations pouvant conditionner notre compréhension de ce qu'on appelle *harmonie* dans le domaine de la musique, notamment le principe de *répétition et variation* chez Empédocle ; l'*Apeiron* et la notion d'*harmonie circulaire* chez

⁶¹⁹ *Ibid.*, p.58

⁶²⁰ Et, donc, avant d'être comprise comme « *l'assemblage de plusieurs sons, qui affectent agréablement l'oreille* », postulat très répandu depuis sa proposition au XVIII^e siècle par Rameau (1722).

⁶²¹ Baldinger, K., *Etymologien. The 2nd supplement to Volumes 21-23 of Walter von Wartburg's "Französisches Etymologisches Wörterbuch"*. Coll : Beihefte zur Zeitschrift für romanische Philologie, 1998, pp.214 (site web) <https://doi.org/10.1515/9783110930290>. Consulté le 26 avril 2018

⁶²² C'est-à-dire qu'on trouve la même racine étymologique en moyen français.

⁶²³ Plus précisément, *armon* fait référence à une « pièce de l'avant-train d'une voiture [à chevaux], sur laquelle s'articule le timon. Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales, <http://www.cnrtl.fr/lexicographie/armon>. (Site web). Consulté le 27 avril 2018

⁶²⁴ « Ferrure de timons et harmons ». Godefroy, F. (1826-1897). *Dictionnaire de l'ancienne langue française et de tous ses dialectes du IX^e au XV^e siècle : composé d'après le dépouillement de tous les plus importants documents manuscrits ou imprimés qui se trouvent dans les grandes bibliothèques de la France et de l'Europe.... Tome premier, A-Castaigneux*. Paris: F. Vieweg, 1881.

⁶²⁵ Dufourt, H., *Les origines grecques du concept d'harmonie, Op.Cit.*, p.13-42

Anaximandre ; les *logoi épimores* chez Pythagore ; l'*intervalle de grandeur* et l'*intervalle logique* chez Aristote, ou l'*harmonie sans limite* chez Anaxagore, pour ne citer que quelques exemples⁶²⁶.

Il est clair que, dans le domaine de la musique, l'utilisation de cette notion laisse un espace d'interprétation assez large. De ce fait, il convient dès lors de se demander comment s'est effectué le passage de la notion étymologique d'*harmonie* à sa conception ayant trait à la proportionnalité, à la consonance et à la résonance. De manière assez précise, l'historien des sciences Olivier Darrigol (2007) signale que, si d'un côté l'harmonie renvoie à l'idée d'un processus combinatoire "agréable" de sons musicaux, de l'autre côté, cette notion se réfère à une fonction sinusoïdale obtenue à partir de la projection d'un mouvement circulaire sur un diamètre⁶²⁷. Il décrit comment l'utilisation du même mot dans le domaine de la mathématique et de la musique n'est ni une coïncidence, ni un effet purement métaphorique. Bien au contraire, il postule que c'est à partir de ce dialogue conceptuel que l'*analyse harmonique* peut être solidement défini.

Mais, quelle est l'ontologie de la notion d'analyse harmonique, et quelle est son rapport avec les préceptes de la théorie des cordes vibrantes de Daniel Bernouilli (1700-1782)⁶²⁸, avec les travaux de Jean le Rond d'Alembert (1717-1783) ou de Leonhard Euler et les principes d'*agrément* et d'*affectio* (1707-1783) ? Enfin, quelle est la relation entre le sens étymologique d'*harmonie* et les lois physiologiques théorisées au XIX^e siècle par Hermann von Helmholtz (1821-1894)⁶²⁹ ?

Si nous prenons en compte le fait que l'acception mathématique du mot harmonie prédomine dans le domaine de la théorie musicale dès le début de notre ère⁶³⁰, il n'en reste pas moins vrai que la portée symbolique de ce mot nous renvoie à des principes non-mathématiques d'ordre esthétique. Nous partons du constat que, comme le signale Bernard

⁶²⁶ Compte tenu de l'ampleur du sujet, nous ne posons ici que quelques rappels ontologiques de principe, sans rentrer dans les détails. Nous renvoyons le lecteur intéressé à l'ouvrage de Anne Gabrièle Wersinger intitulé *La sphère et l'intervalle... Op.Cit.*

⁶²⁷ Darrigol, O., « The Acoustic Origins of Harmonic Analysis ». *Archive for History of Exact Sciences* 61, n° 4 (4 juin 2007), p. 343-424.

⁶²⁸ Il faut aussi mentionner le travail approfondi de Steven Turner, « The Ohm-Seebeck dispute, Hermann von Helmholtz, and the origins of physiological acoustics », *The British Journal for the History of Science*, 10 (1977), pp. 1-24.

⁶²⁹ Helmholtz, H., *Théorie physiologique de la musique fondée sur l'étude des sensations auditives*. Georges Guérout (trad. par). Paris: G. Masson, 1874.

⁶³⁰ A titre d'exemple, citons les récits de Aristide Quintilien (III^e siècle), de Jamblique (III^e siècle) et de Boèce (V^e siècle)

Escudié⁶³¹, l'approche quantitative permettant une formalisation des phénomènes n'apparaît qu'avec la notion de fréquence de vibration. Celle-ci, héritière des réflexions d'Euclide en ce qui concerne la production sonore et la vitesse des mouvements vibratoires, fait sa réapparition avec les savants du XVII^e siècle — notamment, avec Johannes Kepler, Tycho Brahé, Isaac Newton et Galilée⁶³². Comme le signale Escudié, « si, avec Pythagore, les Grecs avaient compris que la hauteur du son émis par une corde vibrante dépend du nombre de “tremblements” de celle-ci, c'est à Galilée (1564-1642) qu'on a coutume d'attribuer la notion de fréquence⁶³³ », ce qui marque un tournant majeur quant à l'élaboration de la notion de vibration sonore — et donc à l'étude scientifique expérimentale de la propagation sonore⁶³⁴. Il s'établit ainsi une base conceptuelle assez solide pour aborder l'étude des qualités acoustiques nous permettant de comprendre l'interaction du multiple, dans d'œuvres musicales où les éléments se tournent les uns vers les autres.

V.2.2 Nature physique et nature esthétique : la notion de consonance

D'après le compositeur Hugues Dufourt, « une histoire purement mathématique du concept d'harmonie négligerait cet autre aspect fondamental de l'harmonie, d'inspiration héraclitéenne, qui la qualifie de système de tensions⁶³⁵ ». Au XVIII^e siècle, l'approche scientifique d'analyse harmonique définit l'harmonie sur le principe de consonance — à savoir, l'association de deux ou plusieurs sons musicaux selon leur relation numérique proportionnelle. Ainsi, le concept de consonance concerne tant le « rapport des longueurs du monocorde » que la notion d'affinité perçue entre deux ou plusieurs sons⁶³⁶. Avec la notion de consonance, une nouvelle manière de comprendre *l'harmonie* voit le jour pour mettre en exergue l'ordre qui obéit à ce qu'on appelle *la règle de production*. Comme le

⁶³¹ Escudié, B. et al., *Des cordes aux ondelettes : l'analyse en temps et en fréquence avant et après Joseph Fourier. Un inverseur de l'équation de Fourier, le calorimètre à conduction*. Aix-en-Provence : Publications de l'Université de Provence, 2001

⁶³² *Ibid.*, pp.25-29

⁶³³ Escudié, B., *Des cordes aux ondelettes*, *Op.cit.*

⁶³⁴ Galilée se sert du mouvement du pendule pour préciser la notion de fréquence. [Escudié, B., *Des cordes aux ondelettes*, *Op.Cit.*, pp.27]. Sur cette base, la question de la vibration des corps sera mise en relation avec des questions d'ordre musical, notamment au XVII^e siècle, ce qui donnera lieu à des recherches axées sur l'agrément et sur le caractère musical des sons.

⁶³⁵ Dufourt, H., *Les origines grecques du concept d'harmonie*, *Op ;Cit.*, p.14.

⁶³⁶ Charrak, A., *Raison et perception*, *Op.Cit*, p.25

souligne le philosophe André Charrak (2001), « cette règle est appliquée tant au niveau micro — c'est-à-dire, à l'intérieur d'un son pour rendre compte de son harmonicité⁶³⁷, qu'au niveau macro — ce qui se traduit par des règles harmoniques de composition musicale⁶³⁸ ».

En outre, René Descartes (1618) publie un premier ouvrage dans lequel il aborde la question de la consonance d'un point de vue arithmétique. Il indique que « de deux termes qu'on suppose être en consonance, le plus grave est de beaucoup le plus puissant et contient l'autre en quelque façon⁶³⁹ », la raison de ce fait étant que « le son est au son ce que la corde est à la corde⁶⁴⁰ ». Cependant, même si Descartes qualifie de consonante « la relation de deux sons de hauteurs différentes entendus simultanément, quand leur association produit un plaisir⁶⁴¹ », l'originalité de son approche est due à la mise en relation (jusqu'alors insensée) des principes clés de consonance et de résonance. Dans ce contexte, Jean-Philippe Rameau — considéré le père fondateur de la théorie harmonique classique occidentale, trouvera chez Descartes « les instruments d'une unification de ces deux aspects⁶⁴² » et définira la consonance « comme production esthétique [...] [et] relation réglée qui englobe deux objets numériquement distincts sous une même raison⁶⁴³ ». Désormais, la consonance « postule [...] une simple égalité de proportion entre le rapport de longueurs [...] et le rapport des hauteurs du son⁶⁴⁴ », c'est-à-dire entre la nature physique du son et le caractère esthétique de la musique. Voilà le contexte dans lequel Rameau « estime qu'il peut produire une théorie complète des intervalles musicaux sans recourir à des considérations physiques⁶⁴⁵ », ce qui implique une polarisation de « la distinction entre consonances et dissonances, selon des exigences fonctionnelles qui ne s'appuient pas prioritairement sur une hiérarchie des consonances⁶⁴⁶ ». Or, grâce à des travaux d'analyse

⁶³⁷ On entend par *harmonicité* « [...] la mise en œuvre d'une régularité générale de l'univers pour statuer le nombre des sons entendus ». McAdams, S et Bigand, E., *Penser les sons. Psychologie cognitive de l'audition*. Paris : Presses Universitaires de France, 1994, p.16.

⁶³⁸ Charrak, A., *Raison et perception*, *Op.Cit.*, p.23

⁶³⁹ Descartes, R., *Abrégé de Musique. Compendium Musicae*, Édition nouvelle, Frédéric de Buzon (trad.), Paris : PUF, coll. « Epiméthée », 1987. Cité par Charrak, A., *Op.Cit.*, p.26

⁶⁴⁰ *Ibid.*

⁶⁴¹ Charrak, A., *Op.Cit.*, p. 28

⁶⁴² Charrak, A., *Op.Cit.*, p.26

⁶⁴³ *Ibid.*, p.27

⁶⁴⁴ *Ibid.*

⁶⁴⁵ *Ibid.*, p.45

⁶⁴⁶ *Ibid.*

et de description physique — notamment ceux de M. Mersenne (1636), de J. Sauveur (1700) et de B. Fontenelle (1701), l'étude de la notion d'harmonie donne une dimension supplémentaire au principe ramiste de génération harmonique⁶⁴⁷.

À l'aube du XVIII^e siècle et sur la base des travaux de Galilée, Marin Mersenne⁶⁴⁸ propose une méthode pour calculer la fréquence de vibration des notes musicales. Dans sa recherche⁶⁴⁹, le père Marinus réalise toute une série d'expériences pour vérifier les lois des cordes vibrantes et en propose une méthode assez intéressante : « il ajuste d'abord la longueur afin que la corde donne une note de la gamme musicale [...]. Maintenant constante la tension, il augmente cette longueur pour réduire le nombre de vibrations afin qu'elles puissent être comptées à l'œil nu⁶⁵⁰ ». Le mathématicien et philosophe étudie ainsi la nature acoustique du monde sonore et refuse de rapporter l'émission des sons partiels à des « modalités différenciées de la distribution du mouvement dans [un corps], de sorte qu'il doit recourir aux propriétés du milieu aérien qui transmet le son [...] lorsque la masse d'air se réfléchit [...] ⁶⁵¹ ». Dans cette optique, cet érudit du XVII^e siècle cherche à comprendre la nature harmonique-physique des sons musicaux — selon laquelle, un son dit musical engendre d'autres sons dits (partiels) harmoniques. Sur cette base, Joseph Sauveur (1700) découvre l'existence de points immobiles du corps vibrant (des nœuds), à partir de l'étude physique du phénomène sonore sur le monocorde. *A fortiori*, cela expliquera la dynamique de formation des ondes stationnaires — à savoir des phénomènes résultants de la propagation simultanée de plusieurs ondes de même fréquence et même amplitude dans des sens opposés, établissant ainsi une gradation absolue des sons à partir de leur plage fréquentielle.

Conséquemment, sur la base des travaux de John Wallis⁶⁵² (1677), Sauveur « transfère à l'excitateur toutes les lois [...] sur le résonateur », et de ce fait « il transpose la loi de

⁶⁴⁷ Il convient de signaler que les travaux théoriques d'Isaac Newton (1642-1727) sont à l'origine de cette révolution théorico-musicale, en ce qu'ils ont permis à l'acoustique musicale de passer de l'ère arithmétique à l'ère de la physique. Pour approfondir, voir Léothaud, G., *Cours d'acoustique musicale* (1993), cité par Lévy, F., *Le compositeur, son oreille et ses machines à écrire : déconstruire les grammatologies du musical pour mieux les composer*. 1 vol. Musicologies. Paris: Vrin, 2013, p.176.

⁶⁴⁸ Érudit français, aussi connu sous son patronyme Marinus Maresnius (1588-1648), est l'auteur de *l'Harmonie Universelle*, publié à Paris en 1637. Son ouvrage est à la base des réflexions ultérieures sur les lois de l'acoustique.

⁶⁴⁹ Détaillées dans son ouvrage *Harmonie universelle contenant la théorie et la pratique de la musique... par F. Marin Mersenne...* 2 vol. Paris: S. Cramoisy, 1636.

⁶⁵⁰ Escudié, B., *Op.Cit.*, p.30

⁶⁵¹ Charrak, A., *Op.Cit.*, pp.83. Plus précisément, Mersenne étudie les propriétés des cordes vibrantes.

⁶⁵² John Wallis (1616-1703) était un mathématicien anglais, précurseur de la phonétique et de l'orthophonie. Ses ouvrages théoriques ont guidé l'œuvre scientifique de Newton.

l'interférence [...] aux différents modes vibratoires d'une même corde⁶⁵³ ». C'est ainsi qu'est née la notion de *partiel harmonique*, permettant de désigner enfin les composantes d'un son, tout en ouvrant la voie à la recherche acoustique et à l'étude des rapports entre des sons distincts, fournis par un même système vibrant⁶⁵⁴. Grâce à la théorie des cordes vibrantes avancée par Sauveur, la représentation des fréquences de vibration sera possible, au moyen de séries trigonométriques⁶⁵⁵.

Comme le signale Charrak (2001), « lorsque Sauveur utilise ses découvertes acoustiques pour accorder les jeux d'orgues, Fontenelle [quant à lui] précise que cette application, sans avoir été réfléchie, guida obscurément les praticiens⁶⁵⁶ ». Dans les mots de Fontenelle lui-même, « [ce] n'est pourtant pas que la nature n'ait eu quelquefois la force de faire tomber les musiciens dans le système des sons harmoniques, mais ils sont tombés sans les connaître, conduits seulement par leur oreille et par leur expérience⁶⁵⁷ ». Implicitement, le scientifique et écrivain français du XVIII^e siècle suggère le besoin théorique d'une unification du principe de consonance « qui, désormais, place au premier plan la résonance du corps sonore » pour comprendre les enjeux de la science et de l'art musicales.

Parallèlement, de nombreux travaux théorico-musicaux voient le jour — dont notamment les traités d'harmonie musicale⁶⁵⁸ et de musique théorique⁶⁵⁹ de Jean Philippe Rameau, ainsi que la dissertation sur la musique moderne⁶⁶⁰ et le dictionnaire de Musique⁶⁶¹ de Jean Jacques Rousseau —, ouvrages qui forgent la base théorique de la musique occidentale de tradition écrite, fondées tant sur le principe de consonance que sur « une physique du son⁶⁶² ». Ces théories classiques de l'*harmonie musicale* ont ceci en commun qu'elles

⁶⁵³ *Ibid.*, p. 87

⁶⁵⁴ Bouasse In Auger, L., « Les apports de J. Sauveur (1653-1716) à la création de l'Acoustique », *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*, tome 1, n°4, 1948, pp.323-336.

⁶⁵⁵ Sur la base des expériences faites par Sauveur, Brook Taylor (1685-1731) et d'Alembert (1717-1783) développeront l'équation aux dérivées partielles pour décrire l'action vibratoire d'une corde tendue. C'est alors que la modélisation mathématique de la nature harmonique du son voit le jour.

⁶⁵⁶ Charrak, A., *Op.Cit.*, p.66

⁶⁵⁷ Fontenelle, « Sur l'application des sons harmoniques aux jeux d'orgues », *Histoire de l'Académie Royale des sciences*, 1702, Paris : Boudot, 1704, p.92. Cité par Charrak, A., *Op.Cit.*, p.66

⁶⁵⁸ Rameau, J.-Ph., *Traité de l'harmonie réduite à ses principes naturels ; divisé en quatre livres*, Paris : Jean-Baptiste-Christophe Ballard (éd.), 1722.

⁶⁵⁹ Rameau, J.-Ph., *Génération harmonique, ou traité de musique théorique et pratique*. Paris : Prault fils (éd.), 1737.

⁶⁶⁰ Rousseau, J.-J., *Dissertation sur la Musique moderne*. Paris : Quillau (éd.), 1743.

⁶⁶¹ Rosseau, J.-J., *Dictionnaire de musique*, Paris : chez la veuve Duchesne libraire, 1768.

⁶⁶² Charrak, A., *Raison et perception : fonder l'harmonie au XVIIIe siècle*, *Op.Cit.*, p.23.

partent du principe selon lequel « la consonance, comme production esthétique, peut être conçue comme une relation réglée qui englobe deux objets numériquement distincts sous une même raison⁶⁶³ ». Désormais, sur la base de ce principe cartésien et en accord avec la notion de résonance, d'autres traités théoriques de la musique verront le jour durant le XIX^e siècle⁶⁶⁴, cherchant à expliquer « le principe dans la coïncidence des proportions numériques des intervalles des sons avec le phénomène de la production des harmoniques d'un son principal⁶⁶⁵ ».

Cependant, tout cela ne suffira pas pour expliquer ni la perception des rapports⁶⁶⁶ (ou *réceptivité*), ni « la force synthétique en-deçà des opérations réflexives » qui caractérise l'expérience musicale⁶⁶⁷. À cet égard, comme il ressort du premier chapitre de ce mémoire de thèse, il convient de signaler que, « en dépit des conquêtes du XVII^e siècle, la formation du concept de timbre fut la grande affaire des XVIII^e et XIX^e siècles⁶⁶⁸ ». Il s'ensuit que, depuis le XVIII^e siècle, la notion de *timbre* est devenue centrale dans l'évolution de l'harmonie musicale, puisque celle-ci « soude l'acoustique physique à l'acoustique physiologique⁶⁶⁹ », ce qui entraîne la mise en place d'une discipline scientifique capable d'étudier aussi bien la production et la propagation des ondes sonores, que les réactions physiologiques sur l'ouïe.

En tant que notion d'usage courant, l'harmonie concerne aussi bien la qualité interne d'un son — le rapport mathématique des sons partiels — que l'aspect syntaxique régissant les pratiques de composition musicale. Or, comme nous le verrons ci-après, à cette notion s'ajoute le large éventail de tentatives méthodologiques pour représenter des fonctions et des séries d'ondulations, dans le domaine des mathématiques. Cela dit, nous constatons qu'il existe trois manières de concevoir l'*harmonie* : a) selon le principe antithétique de

⁶⁶³ *Ibid.*, p.26.

⁶⁶⁴ Citons à titre d'exemple les ouvrages de Fétis (1840, 1844), Durutte (1855), Coussemaker (1865), Berton (1842) et Catel (1802).

⁶⁶⁵ *Ibid.*, p. xiii

⁶⁶⁶ Vu l'ampleur du sujet, nous nous bornerons ici à traiter la problématique de l'harmonie et sa définition de manière très générale, sans n'aborder spécifiquement ni la question de l'usage des dissonances, ni celle des systèmes de distinction et de classification des intervalles musicaux. Nous renvoyons le lecteur intéressé aux ouvrages de Darrigol (2007) Charrak (2001) et Fichet (1996).

⁶⁶⁷ Étant donné l'ampleur et la complexité du sujet, il serait trop ambitieux de vouloir décrire l'ensemble de tentatives théoriques ayant trait à l'expérience musicale. C'est pourquoi nous ne donnons que quelques exemples qui illustrent bien le fossé entre les approches scientifiques et les catégories d'ordre esthétique. Nous renvoyons le lecteur intéressé aux ouvrages de Laurent Fichet (1996), Antonia Soulez (1998), Patrice Bailhache (2001) et André Charrak (2001).

⁶⁶⁸ Dufour, Hugues. *La musique spectrale : une révolution épistémologique*. 1 vol. Collection Musique & philosophie. Sampzon : Éd. Delatour France, 2014, p.25

⁶⁶⁹ *Ibid.*, pp.25-26

consonance/dissonance ; b) selon le principe mécaniste de résonance, et c) selon la notion de *timbre* — à l'aide de l'acception acoustique d'harmonicité. Mais se pose alors immédiatement la question de savoir quels sont les mécanismes perceptifs servant à déterminer la *consonance* des phénomènes sonores. Cette question exige d'abord d'examiner l'influence que les travaux portant sur la *nature harmonique vibratoire* du XVIII^e siècle ont eue sur l'évolution de *l'analyse harmonique* depuis le XIX^e siècle.

V.2.3 Perception acoustique et analyse harmonique

Au XIX^e siècle, la quête pour comprendre les mécanismes physiologiques impliqués dans la perception de l'harmonicité du son a entraîné un changement important de mentalité dans le domaine de la théorie et de la pratique musicales. Parmi les premiers ouvrages théoriques de référence se distinguent les travaux du théoricien Hermann Von Helmholtz (1821-1894)⁶⁷⁰. Ce scientifique et théoricien originaire de Potsdam développe une théorie de la perception musicale en prenant appui notamment sur les travaux théoriques de Rameau (1683-1764), de Robert Smith (1689-1768), de Johann Henrich Scheibler (1777-1837), de Thomas Young (1773-1829), de Georg Simon Ohm (1789-1854) et de August Seebeck (1805-1849). Son projet scientifique étant « d'explicitier le lien entre des phénomènes physiques (des ondes sonores), physiologiques (ce qui est perçu par l'oreille) et des considérations esthétiques portant sur la musique [...]»⁶⁷¹, vise à « rapprocher [...] des sciences qui, malgré les nombreux rapports naturels qui les unissent, malgré leur voisinage mutuel, sont restées jusqu'ici trop isolées les unes des autres⁶⁷² ». Helmholtz considère que l'autorité de la physiologie pour l'étude musicale tient au fait que « la musique se rattache à la sensation pure et simple, par des liens bien plus étroits que tous les autres arts⁶⁷³ ».

⁶⁷⁰ Notamment Von Helmholtz, H., *Théorie physiologique de la musique fondée sur l'étude des sensations auditives*. Traduit par Georges Guérout, [nouvelle édition] Paris : G. Masson, 1874. Il convient de souligner que la théorie que Helmholtz construit est une théorie des sensations sonores, et non une théorie de la musique *stricto sensu*. Pour approfondir, voir Bailhache, P. et al, *Helmholtz, du son à la musique*, 1 vol. Mathesis. Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 2011.

⁶⁷¹ Vautrin, C., « Du bon usage de la science pour la théorie musicale. Les hommages rendus à Helmholtz » In Bailhache, *Op.Cit.*, p.18

⁶⁷² Helmholtz, H., *Théorie physiologique de la musique...*, *Op.Cit.*, p.1

⁶⁷³ Vautrin, C., *Du bon usage de la science...*, *Op.Cit.*, p.21

Lors d'une conférence faite à Bonn en 1857⁶⁷⁴, Helmholtz avance sa théorie physiologique de la musique et signale que « ce que l'oreille entend, c'est une série de sons simples qui correspondent à la décomposition du phénomène ondulatoire complexe qui lui parvient », tandis que ce que l'auditeur perçoit, ce sont des signes (ou des symboles). Puis, il infère que l'interprétation « des signes que constituent les sensations n'est [...] aucunement immédiat, [...] mais est le résultat d'apprentissages et d'habitudes⁶⁷⁵ », ce qui lui permet de formuler une hypothèse portant sur l'importance du timbre au niveau physique : « les ondes sonores présenteront [...] cette particularité que les molécules d'air ne font qu'osciller horizontalement autour d'un point, tandis que l'onde elle-même consiste en un mouvement rectiligne, animant successivement des particules nouvelles. Nous obtiendrons ainsi des ondes sonores se propageant horizontalement à partir de leur centre⁶⁷⁶ », et compte tenu du fait que « les ondes sonores [...] peuvent s'étendre dans tous les sens [...], c'est [alors] le timbre qui correspond à la forme des ondes [...]»⁶⁷⁷.

Conséquemment, Helmholtz manifeste « à quel point la teneur d'un son en harmoniques et la couleur de ce son sont liées entre elles », car « il n'y a de timbre qu'aussi longtemps qu'on entend indistinctement toutes les composantes de la note en dehors du son fondamental⁶⁷⁸ ». Mais, bien que Helmholtz inaugure la possibilité de comprendre physiologiquement les sons « comme des entités complexes que l'oreille décompose en sons élémentaires⁶⁷⁹ », et qu'il « parvient [ainsi] à démontrer objectivement la présence d'harmoniques dans un son complexe périodique, à l'aide de résonateurs⁶⁸⁰ », les spécialistes en la matière considèrent que sa théorie « prétend expliquer la dissonance par les battements, ce qui leur paraît erroné à plus d'un titre [...]»⁶⁸¹, compte tenu des découvertes issues de l'expérimentation psycho-acoustique. *Primo*, « parce que l'expérience montre qu'on peut percevoir des dissonances sans battements⁶⁸² » ; *secundo*,

⁶⁷⁴ Helmholtz, H., « Les causes physiologiques de l'harmonie musicale » In Vautrin, C., *Op.Cit*

⁶⁷⁵ Vautrin, C., *Op.Cit.*, p.25

⁶⁷⁶ Helmholtz, H., « Les causes physiologiques de l'harmonie musicale » In Vautrin, C., *Op.Cit*, pp.59.

⁶⁷⁷ *Ibid.*

⁶⁷⁸ Mach, E., « Introduction à la théorie de la musique de Helmholtz. Présentation populaire pour les musiciens » (1886), In Bailhache et al., *Helmholtz, du son à la musique...Op.Cit.*, pp.111

⁶⁷⁹ Bailhache, P. et al., *Helmholtz, du son à la musique*. Céline Vautrin (trad.), Mathesis. Paris : J. Vrin, 2011, pp.22.

⁶⁸⁰ Castellengo, M., *Écoute musicale et acoustique*, *Op.Cit.*, p.20

⁶⁸¹ Bailhache, P., *Helmholtz, du son à la musique*, *Op.Cit.*, p.161

⁶⁸² *Ibid.*

« parce que tous les battements ne produisent pas de dissonances⁶⁸³ » — ce qui dénote la complexité de la perception des consonances et dissonances.

Toujours est-il que, du point de vue de la perception, c'est bel et bien le timbre qui confère l'identité complexe aux événements sonores. À cet égard, il convient de mentionner les travaux scientifiques de Carl Stumpf (1848-1936). Physiologiste, philosophe et psychologue, Stumpf déclare que la consonance n'est pas d'ordre physique ou *extérieur*, mais d'ordre subjectif et *interne*. Cette affirmation est justifiée sur la base du principe de *fusion des sons* et fait valoir le fait que les degrés de fusion sonore sont en corrélation directe avec les rapports de fréquence entre les composantes⁶⁸⁴. Les travaux de Stumpf sont dans la lignée de la pensée helmholtzienne et rendent compte de l'héritage qu'a laissé le scientifique de Potsdam⁶⁸⁵. En ce qui nous concerne, son affirmation nous amène à confirmer la pertinence d'une classification typologique visant à rendre évidence de l'hétérogénéité qui compose le paysage sonore, dont les saillances sont identifiables de par leur distance dans l'espace de timbres.

Force est de constater que les travaux de Helmholtz ont été essentiels pour la compréhension des phénomènes acoustiques et de perception auditive, en ce qu'ils ont ouvert la voie à l'élaboration d'une méthodologie d'analyse fondée sur des critères acoustiques objectifs — en conformité à l'esprit des grandes théories scientifiques de son époque, pour la compréhension et la modélisation de critères subjectifs. Néanmoins, les principes clefs d'objectivité analytique chez Helmholtz reposent sur la solution mathématique des fonctions continues périodiques par séries trigonométriques, proposée par Fourier en 1822, solution sans laquelle tout son travail et celui de ses prédécesseurs aurait été vain.

⁶⁸³ *Ibid.*

⁶⁸⁴ Francès, R., *Psychologie de l'Esthétique*, Paris : Presses Universitaires de France, 1968

⁶⁸⁵ Héritage de recherche acoustique dont Harvey Fletcher (1884-1981), John R. Pierce (1910-2002), Paul Friaese (1911-1996), Émile Leipp (1913-1986), Diana Deutsch (1938-), Ernst Terhardt (1934-) et Albert Bregman (1936-) sont les principaux témoins.

V.3 Analyse harmonique et séries de Fourier

Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830), mathématicien et physicien français, pose les fondements de l'analyse spectrale dans sa théorie analytique de la chaleur⁶⁸⁶. Sur la base d'un modèle mathématique du « mouvement uniforme de la chaleur dans le cas d'un solide infini compris entre deux plans parallèles⁶⁸⁷ », Fourier « admet que le flux différentiel de calorique entre deux parties élémentaires infiniment voisines est proportionnel à la différence infiniment petite de [leurs] températures⁶⁸⁸ ». Puis, par des dérivations successives, Fourier trouve la solution dans un système d'équations linéaires en nombre infini. De même, il propose une méthode « en séries trigonométriques d'une fonction [...] définie sur l'intervalle compris entre 0 et π », et, complémentairement, il « démontre l'orthogonalité⁶⁸⁹ des fonctions sinus et cosinus⁶⁹⁰ », ce qui lui permet de résoudre les difficultés rencontrées par les savants du siècle précédent à propos de la théorie des cordes vibrantes⁶⁹¹.

Toujours est-il que la méthode d'analyse proposée par Fourier ne calcule les coefficients de l'équation de Bernoulli que « dans le cas d'une fonction dont la valeur est constante⁶⁹² ». Autrement dit, l'analyse spectrale fondée sur les séries de Fourier démontre la présence de *partiels harmoniques*⁶⁹³ lorsqu'on a affaire à un son complexe périodique. À partir du principe mathématique de décomposition d'une fonction en une série trigonométrique convergente⁶⁹⁴, l'analyse harmonique par séries de Fourier démontre que tout son périodique est décomposable en une série harmonique de sons purs. Sur la base de cette loi mathématique, maints travaux scientifiques et spéculatifs voient le jour — notamment ceux

⁶⁸⁶ Fourier, J.-B.-J., *Théorie analytique de la chaleur*, par M. Fourier. Paris : F. Didot père et fils, 1822.

⁶⁸⁷ Escudié, B., *Op.Cit.*, p.75

⁶⁸⁸ *Ibid.*

⁶⁸⁹ « Deux droites [ou vecteurs] de l'espace sont orthogonales quand en un point de l'espace, leurs parallèles sont perpendiculaires ». Site web : keepschool.com/fiches-de-cours/lycee/math/orthogonalite-dans-espace.html, consulté le 21 septembre 2018.

⁶⁹⁰ *Ibid.*, p.76

⁶⁹¹ Plus précisément, « Fourier souligne que sa méthode résoud [*sic*] toutes les difficultés rencontrées par Daniel Bernoulli à propos du mouvement des cordes vibrantes [et] il écrit : "L'analyse précédente donnant le moyen de développer une fonction quelconque en série de sinus ou de cosinus d'arcs multiples, nous l'appliquerons facilement au cas où la fonction à développer a des valeurs déterminées lorsque la variable est comprise entre de certaines limites, et à des valeurs nulles lorsque la variable est comprise entre d'autres limites ». Escudié, B., *Op.Cit.*, pp.79-80

⁶⁹² *Ibid.* p.80

⁶⁹³ Dont la fréquence est un multiple entier de la fréquence fondamentale

⁶⁹⁴ Nous entendons par là une suite particulière de polynômes trigonométriques qui tendent vers un même point ou direction.

de Bernoulli et Helmholtz auxquels nous avons fait allusion plus haut—, et, dans ce contexte, une nouvelle notion d’harmonie musicale voit le jour au XIX^e siècle, fondée sur la démonstration objective de la présence de partiels harmoniques dans un son complexe périodique.

La question qui se pose dès lors est de savoir comment analyser l’harmonicité d’un son complexe non périodique (niveau micro), ainsi que de savoir comment déterminer le degré de cohérence harmonique entre divers sons complexes non-périodiques (niveau macro). Pour cela, nous détaillons ci-après les principes de *transformation de Fourier* pour les fonctions périodiques et non-périodiques.

V.3.1 La transformation de Fourier

Le calcul des coefficients de Fourier permet d’analyser des signaux sonores au moyen d’une désagrégation acoustique qui se traduit par une somme de signaux élémentaires particuliers (en accord avec l’identité d’Euler⁶⁹⁵). Ces signaux sont périodiques et complexes, et correspondent à des fonctions sinusoïdales, f étant la fréquence de vibration⁶⁹⁶ :

$$S_e(t) = e^{i2\pi ft} = \cos(2\pi ft) + i\sin(2\pi ft)$$

(11) Signaux élémentaires

Lorsqu’un signal est périodique, il est possible de dévoiler sa composition spectrale au moyen d’une série de Fourier qui s’exprime selon l’équation suivante :

⁶⁹⁵ À savoir $e^{i\pi} + 1 = 0$, où les constantes mises en relation sont la base e du logarithme, l’unité imaginaire i et la constante d’Archimède π .

⁶⁹⁶ Les formules que nous présentons dans ce chapitre sont issues de notes de cours du séminaire de langages de programmation 1 et 2 de M. Alain Bonardi, prises au cours de l’année universitaire 2015/2016 à l’Université de Paris VIII.

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n e^{\frac{i2\pi t}{T}}$$

(12) Équation : développement d'une fonction en série de Fourier

Cette équation énonce que le contenu spectral d'un son peut être analysé au moyen d'une décomposition en coefficients de la fonction f . Puis, les coefficients de Fourier C_n sont représentés mathématiquement selon la formule suivante⁶⁹⁷ :

$$C_n = \frac{1}{T} \int_0^T s(t) e^{-\frac{i2\pi t}{T}} dt$$

(13) Coefficients de Fourier

Une des conditions à remplir pour que le développement d'un signal en séries de Fourier soit possible est exprimée par l'égalité de Bessel-Parseval⁶⁹⁸. Selon celle-ci, l'énergie totale d'un signal s'obtient en additionnant les contributions des différents *harmoniques*, ce qui se traduit par la conservation de la puissance pendant le processus de désagrégation. Les éléments qui résultent de la désagrégation d'un signal périodique s'appellent des *harmoniques* parce qu'ils sont des multiples entiers de la fréquence — c'est-à-dire de $1/T$.

Par ailleurs, il convient de signaler que, si le signal analysé est périodique, nous pourrions constater que les signaux élémentaires issus de la décomposition couvriront un ensemble discret de l'espace des fréquences. En revanche, si le signal est non-périodique, nous constaterons que les signaux élémentaires couvriront un domaine continu de l'espace des fréquences, ce qui est communément appelé *leakage effect*⁶⁹⁹. Compte tenu de ce problème, l'analyste doit effectuer une discrétisation du signal à analyser, le but étant de remplacer les relations continues qui déterminent la nature non-périodique du signal par un nombre fini de relations algébriques en un nombre fini d'instant.

⁶⁹⁷ Où la fréquence est représentée par l'inverse de la période ($1/T$).

⁶⁹⁸ Aussi connue sous le nom d'identité de Rayleigh, il s'agit d'une généralisation du théorème de Pythagore dans les espaces de Hilbert. Nous renvoyons le lecteur à l'annexe 8.1

⁶⁹⁹ Nous en reviendrons au chapitre suivant

V.3.2 La transformation de Fourier discrète

De nombreuses initiatives ont été prises en vue d'articuler l'analyse harmonique par séries de Fourier, l'analyse acoustique des phénomènes sonores et le développement d'outils informatiques. Lors d'un examen détaillé des méthodes analogiques et numériques appliquées à l'analyse par séries de Fourier, l'auteur Bernard Escudié (1988) affirme que « si la transformation de Fourier est définie dès 1807, elle reste pendant près d'un siècle (ou même plus) un outil théorique puissant dans la classe des problèmes linéaires. Alors que les physiciens utilisent clairement le caractère linéaire des phénomènes vibratoires [...], il faut attendre les années 1955-1960 pour voir nettement établi le caractère [...] d'opérateur linéaire invariant⁷⁰⁰ par translation des systèmes linéaires courants⁷⁰¹ ». Puis, il constate que « les procédés informatiques [...] [ayant] joué un rôle considérable dans la mise en place de l'analyse spectrale des signaux ont permis [...] de stocker et de traiter à échelle de temps variable des signaux dont l'étendue spectrale est comprise entre quelques hertz et plusieurs dizaines de mégahertz⁷⁰² ».

L'analyse harmonique par voie informatique exige que la transformation de Fourier s'adapte au système discret des signaux échantillonnés. Cela implique que le signal sera représenté « par une suite finie de valeurs régulièrement espacées, selon une fréquence d'échantillonnage. La transformation de Fourier discrète a été introduite pour le calcul des coefficients de la série de Fourier sur ordinateur⁷⁰³. Notamment, nous pouvons citer les travaux de Gerald Goertzel⁷⁰⁴ (1958) et de Jean Arsac⁷⁰⁵ (1961) visant à adapter la formule de calcul au domaine du numérique. Dans l'équation (14), nous représentons la transformation de Fourier, où les signaux élémentaires sont des fonctions sinusoïdales périodiques et complexes, présentées sous forme d'exponentielles-complexes : si le spectre d'un son équivaut à la représentation de la distribution de l'amplitude en fonction de la fréquence et de la phase (comme nous l'avons vu au chapitre I.2), alors le spectre

⁷⁰⁰ Un opérateur linéaire invariant se définit comme une fonction linéaire stable entre deux espaces vectoriels, sur un domaine ou ensemble spécifique de définition [par exemple, l'ensemble des valeurs de x pour lesquels $f(x)$ existe].

⁷⁰¹ Escudié, B., « L'informatique et l'évolution technique de l'analyse spectrale : la transformation de Fourier » In *Actes du colloque sur l'histoire de l'informatique en France*, Grenoble, 3-5 mai 1988 ; pp. 123-133

⁷⁰² *Ibid.*

⁷⁰³ Il faut signaler que, pendant la période 1955-1965, nombreux ont été les numériciens et scientifiques qui ont cherché à réduire le temps de calcul d'analyse par séries de Fourier, par voie informatique. Nous renvoyons le lecteur intéressé à l'ouvrage de Escudié, B. et al., *Des cordes aux ondelettes*, *Op.Cit.*, pp.281-323

⁷⁰⁴ Goertzel, G., « An algorithm for the evaluation of finite trigonometric series », *Am. Math Monthly* 65, 1958, pp.34-35

⁷⁰⁵ Arsac, J., *Transformation de Fourier et théorie des distributions*, Paris : Dunod, 1961.

fréquentiel $\mathbf{X}(f)$ d'un son sera calculé à partir des signaux de test $\mathbf{x}(t)$ « connus numériquement, à des instants discrets et en nombre fini⁷⁰⁶ ».

$$X(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-i2\pi ft} dt$$

(14) Transformation de Fourier⁷⁰⁷

Clairement, il s'agit d'une fonction continue, car « tous les instants et toutes les fréquences possibles sont analysées sans lacunes ni sauts⁷⁰⁸ », où t correspond au temps, f correspond à la fréquence, $\mathbf{x}(t)$ se réfère au signal de test, et $e^{-i2\pi ft}$ équivaut à la fonction de pondération. Puis, compte tenu de la nature des systèmes discrets, la transformation doit s'opérer au moyen d'une suite de valeurs dite *transformée de Fourier discrète* : N étant le nombre total d'échantillons, T la période d'observation, et Δf déterminant la résolution de l'analyse. Cela étant, la formule qui en résulte est la suivante :

$$X(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{\frac{-ikwn}{N}}$$

(12) Transformation de Fourier discrète⁷⁰⁹

où w correspond à une période ($w = 2\pi$) ; N au nombre d'échantillons du signal d'entrée $\mathbf{x}(n)$; n à l'index du signal d'entrée ; k à l'index des fréquences discrétisées dans le spectre de sortie $\mathbf{X}(k)$, et la formule $e^{-ikwn/N}$ exprime la fonction de pondération. Cependant, l'analyse harmonique par voie informatique fondée sur la transformation de Fourier entraîne un dilemme en ce sens que les paramètres de base du signal de test doivent être déjà connus par l'analyste. En cas contraire, les discontinuités produites entre la fréquence fondamentale du signal observé et la fréquence du signal d'analyse contamineront l'interprétation du spectre, tout en créant des faux harmoniques — ce qui s'explique par un

⁷⁰⁶ *Ibid.*, p.314

⁷⁰⁷ Escudié, B., *Op.Cit.*, p.314

⁷⁰⁸ « It is continuous because it evaluates every moment of time and every possible frequency with no gaps or skips ». Loy, G., *Musimathics Vol.2*, Cambridge : The MIT Press, 2011, p.111.

⁷⁰⁹ Loy, G., *Op.Cit.*, p.115.

problème d'*écoulement* de l'énergie dans les régions des harmoniques adjacentes, connu sous le nom de *leakage effect* ou *aliasing*.

Pour remédier à ce problème, la fréquence fondamentale du signal de test doit être alignée avec la fréquence du signal d'observation. Dans d'autres mots, l'analyste doit veiller à ce que la fréquence fondamentale du signal de test soit en accord avec la taille de la fenêtre d'observation (multiple entier ou *harmonique* de la fréquence d'analyse), afin que les coefficients résultants correspondent bel et bien aux fréquences déterminant la composition réelle du spectre. Or, étant donné la nature complexe de l'analyse harmonique par séries de Fourier, il faut rappeler qu'elle exige un temps de calcul considérable. C'est dans ce contexte que James Cooley et John Tukey⁷¹⁰, en 1965, présentent un algorithme efficace pour le calcul de la transformation de Fourier discrète, connu sous le nom de Transformation de Fourier Rapide (FFT). Comme le signale Bernard Escudié, « cet algorithme réduit de N^2 à $N_{\log_2 N}$ le nombre de calculs nécessaires pour effectuer l'analyse de Fourier d'un signal connu en N points⁷¹¹, c'est-à-dire dont on possède N valeurs échantillonnées à intervalle régulier⁷¹² ». C'est alors que la transformation de Fourier discrète rapide (FFT) voit le jour pour ouvrir la voie à l'analyse spectrale des signaux complexes non-périodiques.

V.3.3 La transformation de Fourier rapide (FFT)

Sur la base conceptuelle de la transformation de Fourier discrète, il est possible de retrouver la fonction originale d'un signal analysé au moyen d'une transformation inverse. Lorsque les conditions sont réunies⁷¹³, nous pouvons établir les relations existant entre la suite de signaux élémentaires $x(k)$ et le spectre du signal d'origine $X(n)$ de la manière suivante :

⁷¹⁰ Cooley, J. W. et Tukey, J. W., « An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series » In *Math. Comp.* **19**, 1965, pp.297-301

⁷¹¹ Soit un gain de temps exponentiel corrélatif à la valeur de N

⁷¹² Escudié, B. et al., *Des cordes aux ondelettes*, *Op. Cit.*, p.323

⁷¹³ C'est-à-dire, lorsque $x(n)$ et $X(k)$ sont toutes deux suites de nombres complexes périodiques et de période N .

$$X(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(k) e^{-i2\pi \frac{nk}{N}}$$

$$x(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} X(n) e^{i2\pi \frac{nk}{N}}$$

(13) Relation entre la TFD et la transformée de Fourier inverse

Toujours est-il que l'analyse spectrale par transformation de Fourier discrète soulève des difficultés pratiques au regard notamment de la nature aperiodique du signal et de l'hétérogénéité des événements sonores complexes que nous envisageons d'analyser.

En premier lieu, l'analyse des signaux non-périodiques présente une difficulté particulière se caractérisant par des phénomènes tels que l'*effet de palissade*⁷¹⁴. Nous devons prendre en considération les aspects de discrétisation et d'échantillonnage qui viabilisent l'interprétation non-ambiguë des coefficients de Fourier lors d'une analyse par décomposition harmonique. D'une part, lorsque la fréquence d'échantillonnage d'un signal entretient une relation anharmonique avec la fréquence d'analyse, il est possible d'avoir recours à des techniques de ré-échantillonnage (*zero padding*). *Grosso modo*, cette technique consiste à augmenter le taux d'échantillonnage du signal de test jusqu'à ce que son rapport avec la fréquence de pondération soit cohérent — sans perdre de vue que la fréquence fondamentale doit être une puissance de 2. *Stricto sensu*, cette technique corrige les décalages d'échantillonnage en ajoutant des échantillons "vides" (*zero-valued samples*) qui permettent d'associer la taille d'échantillonnage avec celle de la FFT⁷¹⁵. D'autre part, lorsqu'on essaie d'analyser un signal complexe aperiodique, la méthode d'analyse par FFT permet de discrétiser la fonction fréquentielle comme s'il s'agissait d'un signal périodique. Plus précisément, les méthodes d'échantillonnage "périodisent" le signal avec une répétition (ou période) qui correspond à la fréquence d'échantillonnage. De ce fait, il s'avère nécessaire d'opérer un fenêtrage dont le but est d'observer le signal pour en déduire

⁷¹⁴ Souvent appelé par son terme en anglais *Picket Fence Problem*, ce problème est à l'origine des effets de repliement de spectre (*aliasing*) — phénomène de modulation involontaire de fréquence dû à la petitesse disproportionnée de la fenêtre d'analyse. Une solution pour éviter ce problème consiste à donner une taille de fenêtre d'analyse deux fois supérieure la fréquence maximale contenue dans le signal à analyser. Pour approfondir, nous renvoyons le lecteur à Loy, G., *Op.Cit.*, pp.138-145.

⁷¹⁵ Évidemment, l'énergie totale du spectre subit une réduction en proportion à la quantité d'échantillons vides ajoutés. Nonobstant, ce problème peut être corrigé au moyen d'une augmentation proportionnelle de l'énergie totale du spectre. Pour approfondir, voir Loy, G., *Op.Cit.*, p.535

la composition spectrale. Le principe consiste à fractionner le signal aux fins d'analyser de manière instanciée la répartition de l'énergie en fonction de la fréquence. Selon cette logique, chaque fraction temporelle du signal discrétisé (de taille N) peut être observée à l'aide d'une fenêtre glissante, dont la périodicité a une implication sur la résolution de fréquence — celle-ci étant exprimée par la division F_e/N .

En second lieu, nous devons prendre en compte que, de par sa nature exponentielle, l'algorithme de FFT suppose de fixer une fréquence adéquate d'échantillonnage F_e . À ce propos, le physicien Murat Kunt signale le suivant :

« La [FFT] existe sous deux formes principales dites partagée dans le temps et partagée dans les fréquences. Dans la première, on partage l'ensemble de N échantillons du signal en plusieurs ensembles chacun de N_i échantillons, alors que dans la seconde, la même opération est effectuée sur les coefficients de la TFD [Transformée de Fourier Discrète]. Le principe dans les deux cas est le même [...]. D'autre part, on admettra [...] que l'ordre N de la TFD est une puissance de 2 »⁷¹⁶.

Cette condition *double* de la FFT répond au fait que la durée d'un signal et l'échelonnement de son spectre entretiennent tous deux une interdépendance qui est analogue au principe d'incertitude, ce qui implique qu'il est impossible de définir avec précision à la fois la position temporelle d'un son et son contenu spectral. Dans ce contexte, l'algorithme de Cooley et Tukey affirme que, « comme N est un nombre entier pair, on peut partager la suite [des signaux élémentaires] en deux suites de $N/2$ valeurs, la première étant formée par les valeurs d'indices pairs et la seconde formée par les valeurs d'indices impairs⁷¹⁷ » (voir annexe 8.2). Sur cette base, cet algorithme sert à diviser la TFD d'une taille composite en plusieurs TFD de tailles inférieures, par le biais d'une récursion qui facilite les opérations de discrétisation et de fenêtrage. Tandis que les techniques d'échantillonnage et de fenêtrage permettent de discrétiser et de périodiser un signal aperiodique dans l'intérêt d'analyser le spectre des signaux acoustiques concrets, l'algorithme de la FFT se fonde sur une fragmentation en base deux qui permet de combiner les points échantillonnés deux à deux, d'indices distants de $N/2$ ⁷¹⁸, « suivant une opération connue [...] sous le nom

⁷¹⁶ Kunt, M., *Traitement numérique des signaux* », Paris : Dunod, 1981. Cité par Escudié, *Des cordes aux ondelettes*, *Op.Cit.*, p.324. Il convient de signaler que cette opération est aussi connue sous le nom d'*étage de papillons*.

⁷¹⁷ *Ibid.*

⁷¹⁸ $N/2$ correspond à la fréquence limite de repliement ou fréquence de Nyquist, à savoir la fréquence maximale d'un signal pour que sa description soit non-ambiguë.

d'*opération papillon*⁷¹⁹ ». Une opération de ce type permet de calculer les coefficients de Fourier de manière efficace en un temps court.

⁷¹⁹ Escudié, G., *Des cordes aux ondelettes*, Op.Cit., p.325

V.4 Analyser le caractère hétérophonique des événements sonores

Comme nous l'avons signalé ci-haut, l'utilisation musicale du paysage sonore sous-entend la notion de continuum et la coexistence de deux temporalités — en ce que celle-ci *contient* à la fois le continu et le discontinu⁷²⁰. Puis, cette condition de coexistence suppose de prendre en compte la nature hétérogène et variable des espaces sonores, qui, comme le signale Pierre Boulez, « est liée [...] à la complexité et à la densité dans la structure interne, l'enchaînement, la répartition ou la superposition des phénomènes sonores⁷²¹ ». Cela exige d'aller plus loin dans la définition du continuum sonore, notamment du point de vue du compositeur. Selon Boulez, « le continuum se *manifeste* par la possibilité de *couper* l'espace suivant certaines lois ; la dialectique entre continu et discontinu passe donc par la notion de *coupure*⁷²² », et, de ce fait, le continu se définit « comme une limite, non seulement physique, mais, tout d'abord, physiologique⁷²³ » de l'espace sonore. Compte tenu de la complexité du continuum, l'analyse du caractère hétérophonique des paysages sonores doit passer par la *prospection des espaces variables* — pour employer la terminologie de Boulez —, tout en tenant compte de l'hétérogénéité et de la relativité des espaces sonores, en accord avec les spécificités acoustiques comme critères d'articulation (cf. chapitre IV.1).

Abordons maintenant la définition qualitative de l'espace sonore dans le domaine des fréquences. Toujours selon Boulez, « l'espace des fréquences peut subir deux sortes de coupures : l'une, définie par un étalon, se renouvellera régulièrement ; l'autre, non précisée, non déterminée, [...] interviendra librement et irrégulièrement⁷²⁴ ». En ce qui concerne la première, nous devons aborder l'étude du paysage en tant que globalité structurée chronologiquement⁷²⁵. Autrement dit, nous devons approcher son analyse en accord avec la *temporalité exogène de la perception globale*⁷²⁶. Cela exige de prospecter

⁷²⁰ Voir chapitre III.1

⁷²¹ Boulez, P., *Penser la musique aujourd'hui*, Paris : Gallimard, 1987, p.94

⁷²² *Ibid.*, p.95

⁷²³ *Ibid.*

⁷²⁴ *Ibid.*

⁷²⁵ Tout cela en raison des limitations cognitives et phénoménologiques de la perception, eu égard à la nature chronologique de l'intellection des structures musicales.

⁷²⁶ Wyschnegradsky, *Op.Cit.*, p.110. Nous renvoyons le lecteur à la deuxième partie de ce mémoire de thèse.

l'espace des fréquences dans une logique paradigmatique, visant à faire émerger les points de structuration du paysage sonore en tant que globalité.

En outre, la *coupure non précisée* du continuum « définit la qualité micro-structurale de l'espace [sonore], par rapport à la perception⁷²⁷ » et rend compte de la cohérence interne d'un phénomène sonore en tant qu'unité de sens. Ainsi, une unité de sens peut être caractérisée dans sa multiplicité interne, selon que sa composition est *métrique* ou *non-métrique*⁷²⁸. Or, en ce qui concerne la *CfPS*, quelle est la notion la plus appropriée pour rendre compte de la qualité spatiale du paysage sonore dans le domaine des fréquences ?

Comme nous l'avons vu précédemment, l'harmonie est un concept polysémique qui, depuis le XVIIe siècle, rend compte non plus de la pluralité — entendue comme l'interaction du multiple —, mais plutôt de la cohérence géométrique et/ou arithmétique de « tout ce qui est ordonné d'une manière intégrale, complète⁷²⁹ ». Dans cette perspective, nous partons du principe que l'*harmonie* constitue un modèle d'analyse éprouvé pour expliquer la structure complexe d'un phénomène, « par composition successive d'éléments simples, totalement décrits et prévisibles⁷³⁰ ». Puis, nous avançons l'idée que la qualité spatiale déterminant le caractère hétérophonique des *CfPS* peut être modélisé dans le domaine des fréquentielles au moyen de collections réduites et appropriées.

À cet égard, nous prenons appui sur la méthode d'analyse harmonique par FFT et nous présentons quelques dispositifs d'analyse qui ont pour fonction d'instancier et de prospecter l'espace sonore des *CfPS* dans le domaine fréquentiel. À titre liminaire, nous présentons un script d'analyse spectrale par FFT (écrit en Scilab), afin d'illustrer les principes d'analyse et de modélisation⁷³¹ par traitement informatique de données : il s'agit d'une première tentative en vue d'analyser le spectre de signaux apériodiques à l'aide de la FFT. Ensuite, nous présentons un petit nombre de dispositifs développés en Max/MSP

⁷²⁷ Boulez, P., *Penser la musique aujourd'hui*, *Op.Cit.*, p.96

⁷²⁸ À ce propos, Boulez classe la qualité micro-structurale de l'espace fréquentiel en deux catégories, à savoir l'espace lisse et l'espace strié. Pour approfondir, voir Boulez, P., *Penser la musique aujourd'hui*, *Op.Cit.*, pp.93-113

⁷²⁹ Paget, A., et Cartier, E. *Examen et défense du système de Fourier*, par Amédée Paget et E. Cartier. Paris: à la Librairie sociétaire, 1844, p.47

⁷³⁰ Le Moigne, J.-L., *La modélisation des systèmes complexes* (1990), Deuxième édition, Paris : Dunod, 1999, p.5

⁷³¹ Ce code constitue le début de notre démarche de recherche et création à l'aide d'outils informatiques. Dans la partie suivante de ce mémoire, nous faisons référence à ce petit script et faisons une exposition détaillée du processus de modélisation et de composition musicale.

sur la base de la FFT, ayant pour objectif de mettre en relation l'analyse spectrale et la représentation syntaxique-musicale du répertoire des *CfPS*.

V.4.1 Analyse hétérophonique et représentation musicale

L'un des problèmes particuliers auxquels doit faire face la prospection de l'espace sonore est celui de la représentation des données. Cela suppose d'être en mesure de déterminer la nature (dynamique ou statique) des phénomènes que l'on veut étudier. Dans le cas qui nous occupe, ce problème se traduit par l'obligation de discerner l'essentiel dans un flot d'informations complexes. Dans ces conditions, l'analyste peut, soit : a) s'occuper « des rapports logiques reliant des termes coexistants et formant [une unité], tel qu'ils sont aperçus⁷³² » ; b) étudier « les rapports reliant des termes successifs non aperçus [...] et qui se substituent les uns aux autres sans former [unité] entre eux⁷³³ ». Comme il ressort du chapitre III.1, le paysage sonore étant apprécié en tant qu'objet esthétique, il répond à deux temporalités discrètes contrôlées par la conduite d'écoute adoptée, à savoir a) la temporalité exogène, et b) la temporalité endogène.

Nous partons du principe que la représentation hétérophonique du paysage sonore résulte de l'*échelle d'observation* de l'auditeur. De ce point de vue, le système hétérophonique du paysage sonore peut être décrit, a) soit en tant qu'unité acoustique globale — ou *continuum*, b) soit en tant que somme de termes successifs non-identiques. Alors, le système hétérophonique du paysage sonore peut être réduit, a) à sa dimension *temporelle continue* (analyse diachronique), ou bien b) à une multiplicité d'unités hétérogènes qui abroge la temporalité continue du paysage sonore (analyse synchronique). Dans ce contexte, nos premières tentatives portent sur l'implémentation de la FFT dans la caractérisation ciblée des événements saillants qui caractérisent le paysage sonore, au niveau des fréquences. Comme il ressort de la figure IV.1.1, nous avons écrit un premier script assez simple, ayant pour but de représenter l'espace sonore d'un paysage sonore et/ou d'un événement acoustique isolé⁷³⁴, en fonction de la distribution de l'énergie spectrale. Pour ce faire, le

⁷³² Saussure (de), F., *Cours de Linguistique Générale*, Paris : Éd. Payot, réédition 2005, p.140. Nous avons remplacé le terme *système* par celui d'*unité* pour des raisons de clarté et de cohérence.

⁷³³ *Ibid.*

⁷³⁴ Il faut préciser que cet outil ne permet pas de faire face à des problèmes comme celui de l'effet de masquage (que nous abordons plus loin). Il s'agit d'un outil liminaire assez simple servant à faire le lien entre le corpus d'analyse et le processus de création.

logiciel dresse un tableau qui représente le spectre sonore dans le domaine des fréquences, pondéré par la distribution totale de l'énergie.

```

1 [x,S,bits]=wavread("Chemin_du_fichier");
2 set(gca(),"grid",[1 1]) // afficher les grilles
3 X=fft(x,-1);
4 Xmag=abs(X)
5 N=length(x)
6 Xmag=Xmag(1:N/2); // vecteur de fréquences associé.
7 F=(0:(N/2)-1);
8 F=F*S/N;
9 plot2d(F,Xmag);
10 xtitle("Spectre X(f)_Lake, -Island_ -Truax");
11 xlabel("Fréquence");
12 ylabel("Amplitude");
13

```

Figure IV.1.1 Script Scilab d'analyse spectrale par FFT

La composition syntaxique de ce code appelle à récupérer les données d'un fichier audio stocké en mémoire, selon les variables « *S* » et « *bits* » — correspondant à la fréquence d'échantillonnage en Hertz, et au nombre d'unités par échantillon, respectivement.

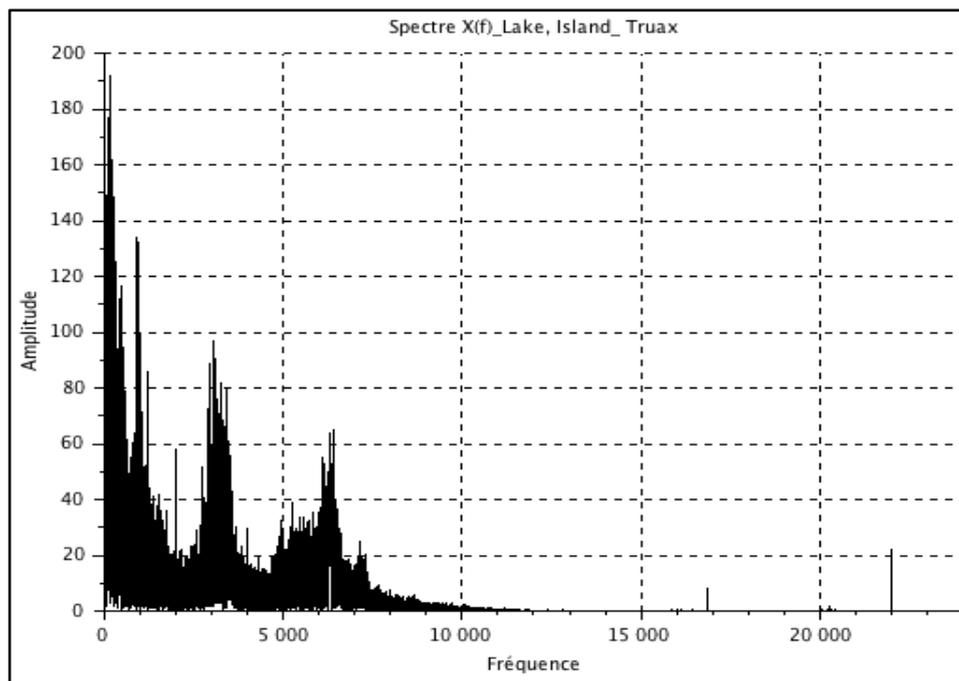


Figure IV.1.2 Spectre fréquentiel d'un signal selon l'amplitude⁷³⁵

⁷³⁵ Dans cet exemple, les limites d'amplitude ont été mesurées en décibels/100.

Puis, ce code permet de calculer le spectre X selon la méthode TFD⁷³⁶ sur chaque instant x du signal, en fonction de la distribution de l'énergie dans le spectre — *Xmag* étant l'amplitude selon la distribution. À l'aide de ce script, nous pouvons visualiser l'espace fréquentiel d'un événement acoustique et/ou d'un environnement sonore⁷³⁷, notamment au moyen de la fonction *plot2d*, comme illustré à la figure IV.1.2.

Quand bien même cette méthode est particulièrement utile pour rendre compte des fréquences saillantes déterminant le timbre d'un événement acoustique en fonction de la distribution de l'énergie dans son spectre⁷³⁸, elle s'avère peu efficace du point de vue musical : des questions surgissent quant aux critères de pertinence et quant à l'interprétation des données, notamment dans le domaine de l'écriture musicale. De ce fait, nous avons mis au point un ensemble de dispositifs en Max/MSP, en cohérence avec les principes d'analyse harmonique et sur la base des outils présentés dans la troisième partie de ce mémoire de thèse. Les dispositifs dont il est question mettent en relation de diverses techniques analytiques, au moyen notamment 1) de modules de description acoustique, 2) de modules de segmentation automatisée, 3) de modules d'instanciation permettant de cibler la phase temporelle des événements acoustiques, 4) de modules d'instanciation et d'analyse harmonique du signal, et 5) de modules de transcription musicale des fréquences saillantes⁷³⁹.

Pour continuer, nous précisons les principaux outils ayant servi tant à l'analyse harmonique des événements acoustiques qu'à la construction de modèles hétérophoniques du paysage sonore pour la composition musicale. Pour cela, nous prenons en compte les conditions du principe de double organisation — exposés au chapitre III.4.1, en correspondance avec les principes de représentation hétérophonique exposés ci-haut. Les outils que nous présentons ci-après répondent à un besoin bien identifié en matière d'analyse et recherche d'un modèle hétérophonique des *CfPS* : ils témoignent de difficultés à extraire une information spécifique d'un contexte acoustique complexe, ainsi qu'ils rendent compte du processus de recherche et création.

⁷³⁶ D'où la valeur par défaut -1.

⁷³⁷ Comme nous le verrons plus loin (chapitre VI.3), ce dispositif a été à la base de l'élaboration d'un plan-cadre pour la composition musicale fondée sur la modélisation des *CfPS*.

⁷³⁸ Dans la partie suivante, nous illustrons son utilisation dans le domaine de la composition musicale par modélisation.

⁷³⁹ En ce qui concerne les deux premiers modules, nous renvoyons le lecteur au chapitre IV.3

V.4.2 L'analyse harmonique diachronique

Du point de vue paradigmatique, l'analyse musicale vise à rendre intelligible la forme globale d'une œuvre à partir de l'évaluation des unités musicales selon leurs similarités d'ordre morphologique⁷⁴⁰. Dans cette perspective, l'analyste peut rendre compte de la structure entière d'une composition musicale par le biais d'une caractérisation diachronique axée sur l'organisation temporelle des événements qui la composent. Or, compte tenu des limitations de représentation⁷⁴¹, il faut prendre en compte que toute précision de mesure temporelle suppose un appauvrissement de la portée de l'analyse fréquentielle. Dans cette perspective, l'analyse des événements sonores doit se faire selon deux axes : d'un côté, il faut caractériser la composition globale dans son ensemble, ce qui suppose de décrire la composition fréquentielle des événements acoustiques de manière diachronique ou horizontale, en privilégiant la dimension temporelle ; d'un autre côté, il faut compléter la représentation musicale du paysage sonore, à l'aide d'une description détaillée de l'espace timbrale des matériaux saillants — au moyen d'une analyse synchronique (ou verticale) axée sur la composition fréquentielle des événements acoustiques saillants.

Pour ce qui est du premier, nous avons mis au point un dispositif d'analyse diachronique de l'espace fréquentiel, fondé sur l'imbrication de deux modules — l'un de segmentation automatisée, l'autre de représentation des points d'articulation dans le domaine des fréquences. En nous fondant sur les techniques d'analyse par FFT, nous avons visé à acheminer les résultats complexes issus du calcul dans une matrice multidimensionnelle de données, en vue de corrélérer la description discrétisée de l'espace fréquentiel avec la/les variable(s) de segmentation. Après un long processus de sélection, nous avons opté pour compléter notre module d'analyse harmonique par un descripteur acoustique du barycentre spectral perceptuel (*Perceptual Spectral Centroid*)⁷⁴² comme base pour la modélisation diachronique de l'espace hétérophonique des *CfPS*. La raison en est que, comme l'avait mis en évidence John Grey dans les années 1970, la brillance est l'un des principaux paramètres pour la caractérisation et la reconnaissance du timbre et de la masse sonore, et que, comme il ressort des expérimentations postérieures menées par Albert Bregman⁷⁴³,

⁷⁴⁰ Voir chapitre III.3

⁷⁴¹ Voir chapitre II.2

⁷⁴² Le descripteur en question a été incorporé en ayant recours aux bibliothèques *pipo*, *mubu* et *ircamdescriptors*.

⁷⁴³ Bregman, A., *Auditory Scene Analysis*, *Op.Cit.*

Thomas Grill⁷⁴⁴ David Robinson⁷⁴⁵ et Mikhaïl Malt⁷⁴⁶ — pour ne citer qu’eux —, l’analyse des caractéristiques acoustiques perceptuelles doit tenir compte des conditions cognitives de séparation acoustique — notamment des conditions de filtrage perceptif et de masquage spatial. Dans cet esprit, le descripteur acoustique dont nous avons eu recours évalue les points de concentration de l’énergie spectrale dans le domaine des fréquences, tout en prenant compte les propriétés d’atténuation dans le processus de perception auditive pendant la décomposition par séries de Fourier. Plus précisément, à différence du script scilab que nous avons mis au point, ce modèle de calcul harmonique inclut des variables de filtrage (*mid-ear filtering*)⁷⁴⁷ et de pondération de la sonie selon des bandes de fréquence critiques ou *bark bands*⁷⁴⁸. Ce dispositif permet donc de caractériser le système hétérophonique des CfPS depuis une perspective chronologique. Comme le montre la figure IV.3, il s’agit d’une représentation horizontale du contenu fréquentiel, mis en lumière par le calcul de la moyenne arithmétique pondérée des coefficients de Fourier⁷⁴⁹.

En prenant appui sur un petit nombre d’outils de description acoustique et de segmentation (présentés dans les annexes 5.13 et 5.14), ce dispositif permet d’explorer l’espace fréquentiel d’un fichier audio par le biais d’une manipulation des variables d’instanciation. Pour ce faire, cet outil dispose d’un module d’analyse harmonique dans lequel les données récoltées sont interprétées à partir d’un deuxième module de synchronisation des indexes de lecture.

⁷⁴⁴ Grill, T., « Constructing high-level perceptual audio descriptors for textural sounds », In *Proceedings of the 9th Sound and Music Computing Conference SMC*, Copenhague, 2012

⁷⁴⁵ Robinson, D., *Perceptual Model for Assessment of Coded Audio* (thèse doctorale), Department of Electronic Systems Engineering, University of Essex, 2002

⁷⁴⁶ Malt, M. et Jourdan, E., « Zsa.Descriptors: a library for real-time descriptors analysis ». In *5th Sound and Music Computing Conference, Berlin, Germany*, 134-37. 5th Sound and Music Computing Conference, Berlin, 2008. [Version en ligne] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01580326>.

⁷⁴⁷ Moore, B, Glasberg, B and Baer, T. « A Model for Prediction of Thresholds, Loudness, and Partial Loudness Model », *Journal of the Audio Engineering Society*, Vol. 45, 1997, pp. 224-239

⁷⁴⁸ Zwicker, E. & Terhardt, E., « Analytical expressions for critical-band rate and critical bandwidth as a function of frequency », *The Journal of the Acoustical Society of America*, Volume 68, Issue 5, November 1980, pp.1523-1525

⁷⁴⁹ Peeters, G., *A large set of audio features for sound description... Op.Cit.*

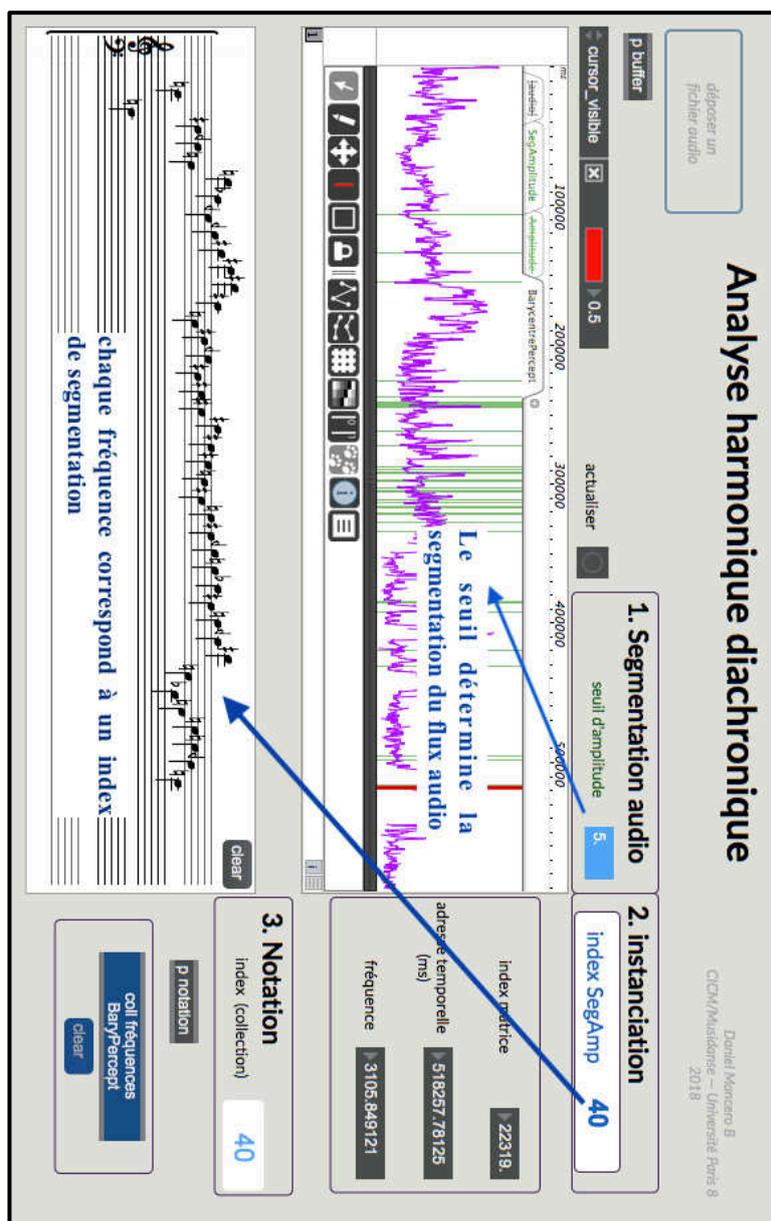


Figure IV.3.1 Analyse harmonique-diachronique de Sud I, Jean Claude Risset⁷⁵⁰

Ce module a l'avantage de relier divers critères d'instanciation pour accéder à une même matrice de description au niveau fréquentiel. Ainsi, le premier module extrait les informations concernant l'espace fréquentiel — à partir d'un processus de discrétisation par segmentation automatisée, tandis que le deuxième module adresse les informations vers une fenêtre de transcription et de représentation musicale associée à la hauteur de fréquence (voir figure IV.3.2). Par souci de clarté et dans le but d'afficher les informations dans un

⁷⁵⁰ Il s'agit de l'outil d'analyse « **DiachronicHarmonicAnalyzer** », consultable et téléchargeable sur le site <https://www.danielmancero.com/outils-d-analyse-audio>

format adéquat, les données sont converties en *midicents*⁷⁵¹ — à l'aide de l'objet « bach.f2mc⁷⁵² », puis acheminées vers l'objet max de visualisation « bach.roll » à l'aide d'un processus de transformation syntaxique détaillé à l'annexe 9.2. De ce fait, l'espace fréquentiel instancié peut enfin être exploré par l'utilisateur, en fonction d'un index de lecture synchronisé (voir le module « notation » de la figure IV.3.1).

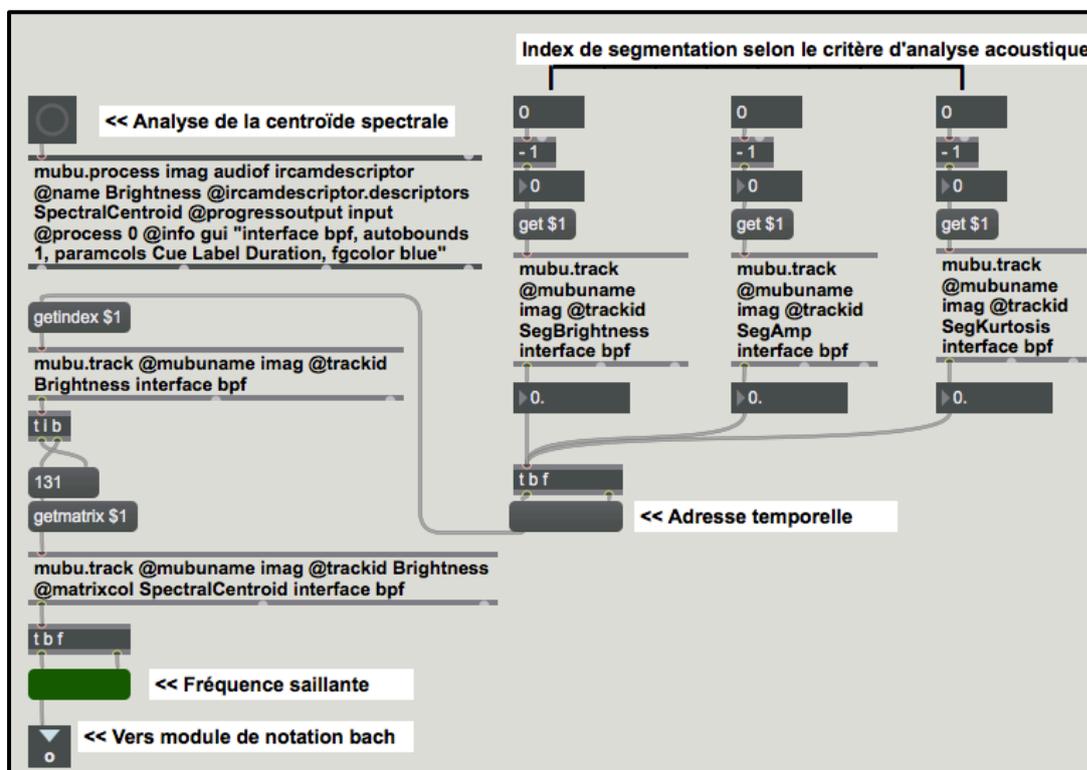


Figure IV.3.2 Module d'analyse harmonique-diachronique

Puis, étant donné que l'approche diachronique nous permet de représenter l'évolution de l'espace sonore en fonction du temps, à l'aide de ce dispositif nous pouvons estimer la composition globale de l'espace hétérophonique des *CfPS* dans le domaine des fréquences. Cela est particulièrement important dans le domaine de la modélisation musicale, en ce que la représentation fréquentielle du paysage sonore peut être adaptée au système syntaxique d'écriture musicale. Quand bien même cette approche retrace l'espace hétérophonique globale des *CfPS*, il faut néanmoins compléter celle-ci par la description détaillée des

⁷⁵¹ Dans le domaine du protocole de communication *midi*, le *midicent* correspond au codage des micro-intervalles de fréquence, ou cents. Le cent équivaut à une centième du demi-ton tempéré. Pour approfondir, voir Asselin, P.-Y., *Musique et tempérament*, Paris : éditions Jobert, 2000

⁷⁵² Librairie Bach. *Environnement pour la composition assistée par ordinateur*. Développée par Andrea Agostini et Daniele Ghisi — Ircam, 2010-2016. [Site web] <http://www.bachproject.net/bach/> consulté le 4 octobre 2018

événements acoustiques prépondérants, à l'aide d'un outil d'analyse harmonique synchronique capable de représenter l'espace interne de chaque événement saillant.

V.4.3 L'analyse harmonique synchronique

Un événement acoustique est une *qualité sonore autonome* — pour reprendre l'expression de Ivan Wyschnegradsky —, dans le sens où celui-ci dévoile une configuration spécifique de l'espace acoustique. Nous employons la notion d'analyse synchronique pour faire référence à l'étude prospective de l'espace acoustique fréquentiel ayant lieu dans un instant spécifique. La question qui se pose alors est de savoir comment faire face à la complexité temporelle lors du processus analytique. Plus précisément, la question est de savoir quels sont les critères les plus pertinents d'instanciation lors d'un processus d'analyse harmonique synchronique.

Pour répondre à cette question, il nous semble opportun d'exposer quelques notions avancées par Horacio Vaggione⁷⁵³, au moyen desquelles il affirme que la temporalité musicale peut être interprétée en tant que *multiplicité*. Dans ses propres mots, « il y a lieu [...] de faire une distinction [...] entre deux grands domaines temporels, ceux du *micro-temps* et du *macro-temps*⁷⁵⁴ », aux fins de comprendre le caractère multi-échelle des *temporalités* qui structurent l'expérience musicale. Ainsi, « la musique se manifeste en tant que richesse morphologique perçue, et non pas comme une trajectoire balisée de régularité. *Le jeu des interactions entre les échelles temporelles [...] est de toute évidence le champ où [l'écoute] détaillée se déploie*⁷⁵⁵ ». Cela dit, le caractère multi-échelle dont il est question s'expliquerait en fonction de l'hétérogénéité temporelle des phénomènes sonores, tout en rendant compte d'un multivers musical structuré en niveaux de graduation temporelle⁷⁵⁶. Puis, comme le signale le compositeur Curtis Roads dans la même lignée que Vaggione, l'un des paramètres pour l'estimation de ces niveaux de graduation est *l'épaisseur du présent*, correspondant au temps de latence entre la perception d'un

⁷⁵³ Vaggione, H. « Représentations musicales numériques : temporalités, objets, contextes » In Soulez, A. (al.), *Manières de faire des sons : musique-philosophie*, Collection Musique-philosophie. Paris : l'Harmattan, 2010, pp.45-82

⁷⁵⁴ *Ibid.*, p.47

⁷⁵⁵ Vaggione, H., *Représentations musicales numériques*, *Op.Cit.*, p.51

⁷⁵⁶ D'après Curtis Roads, la nature temporelle de la musique s'organise en neuf échelles temporelles, allant de *l'infini* — échelle correspondant aux ondes sinusoïdales infinies propres à l'analyse harmonique par séries de Fourier —, jusqu'à *l'infinitésimal* — échelle correspondant à la durée idéale des fonctions delta. Pour approfondir, voir Roads, C., *Microsound*, Massachusetts : The MIT Press, 2001.

phénomène acoustique et le déclenchement du processus de cognition. Donc, sur la base des travaux théoriques et expérimentaux de Franz Winckel⁷⁵⁷ et Leo Küpper⁷⁵⁸, nous pouvons affirmer avec l’auteur de *Microsound* que le seuil temporel indiquant l’épaisseur du présent est de ± 600 millisecondes⁷⁵⁹, alors que, dans le domaine des fréquences, la durée d’un spectre de fréquences à courte durée n’est supérieure à 20 ou 30 millisecondes⁷⁶⁰. Compte tenu de ce qui précède, nous avons mis au point, dans un premier temps, un module standard de transcription harmonique (figure IV.4), le but étant de cibler le spectre de fréquence à courte durée, en ayant recours au paquet *ftm&Co*⁷⁶¹.

Le principe en est très simple : ce dispositif reçoit l’adresse temporelle d’une discontinuité repérée à l’aide d’un module de segmentation automatisée — comme celui présenté au chapitre III.6.1 ; puis, il calcule l’épaisseur temporelle du fragment à analyser — correspondant à sa phase temporelle, soit d’une durée d’entre 20 et 30 millisecondes⁷⁶².

⁷⁵⁷ Winckel, F., *Music, Sound, and Sensation*. New York : Dover Publications, 1967

⁷⁵⁸ Küpper, L., « Le temps audionumérique », In C. Clozier and F. Barrière, (éds), *Les actes d'académie de musique électroacoustique*, Bourges : Institute International de Musique Électroacoustique de Bourges, 2000, pp. 94-115

⁷⁵⁹ Roads, C., *Microsound*, *Op.Cit.*, p.4

⁷⁶⁰ Resch, B., *On Prosodic Modification of Speech* (thèse), Stockholm: Sound and Image Processing Laboratory – School of Electrical Engineering KTH, Royal Institute of Technology, 2006

⁷⁶¹ Librairie de traitement de structures de données complexes développée par l’équipe d’interactions musicales temps réel de l’Ircam. Voir http://ftm.ircam.fr/index.php/Main_Page, site consulté le 7 janvier 2019.

⁷⁶² Il convient à ce propos de préciser que, d’après les travaux du physicien Werner Meyer-Eppler (1960), le seuil temporel minimal varie de 18 à 45 ms., selon la plage fréquentielle perçue. Pour approfondir, voir Meyer-Eppler, W., « Zur Systematik der elektrischen Klangtransformation », *Darmstadter Beitrage zur Neuen Musik III*, Mainz : Schott, 1960, cité par Roads, C., *Microsound*, *Op.Cit.*, p.24.

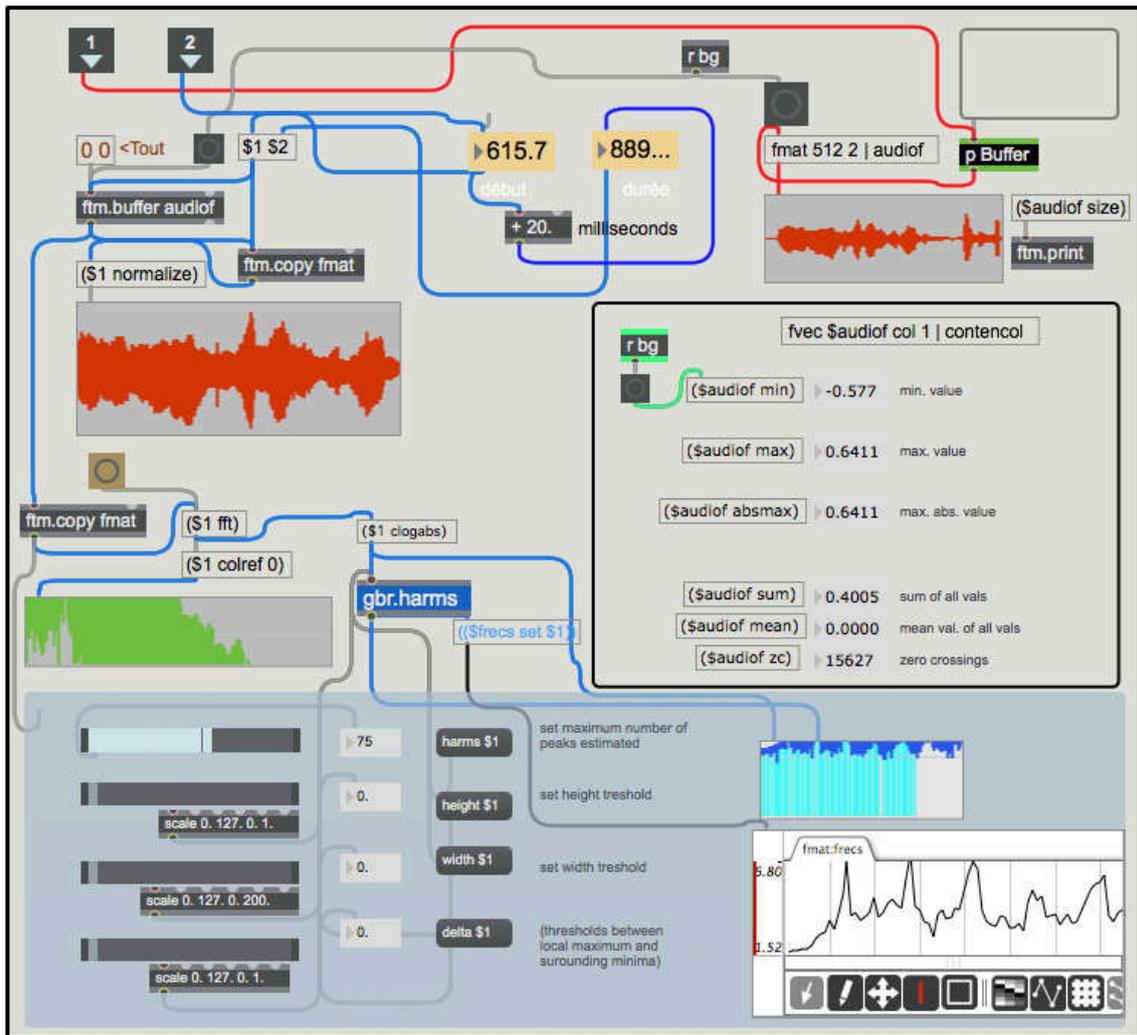


Figure IV.4 Module standard de transcription harmonique – méthode *gbr.harms*
(bibliothèque *ftm&Co*)

Une fois l'adresse temporelle repérée, un tampon mémoire (*ftm.buffer*) récupère les données pertinentes pour calculer le poids des fréquences élémentaires étant en rapport harmonique — selon l'énergie contenue dans le spectre des fréquences. Cette opération est effectuée en ayant recours à la méthode *gbr.harms* de la bibliothèque *ftm&Co*. Enfin, les données sont transcrites dans une fenêtre de visualisation, selon l'amplitude de chaque fréquence élémentaire repérée. Ce mécanisme permet de cibler les fréquences harmoniques les plus saillantes, à l'aide d'un paramètre de contrôle lié à la valeur-seuil d'amplitude minimale (voir la figure IV.5).

Dans le même esprit, nous avons implémenté un outil complémentaire d'analyse harmonique synchronique, fondé sur la méthode de pondération de pics de fréquence (*gbr.peaks*). Ce deuxième dispositif permet de repérer les pics saillants dans l'espace

fréquentiel, selon le poids de chaque composante élémentaire⁷⁶³. Contrairement à ce qui est prévu dans le module de calcul harmonique précédent (figure IV.5), ce deuxième outil permet de décomposer le spectre de fréquence à courte durée en un ensemble de composantes indépendantes — coexistant dans un espace hétérogène non-harmonique (figure IV.6). Même si les deux méthodes de calcul cherchent à évaluer la composition fréquentielle simultanée d'un spectre à courte durée, leur implémentation s'avère complexe et les résultats dépendent largement des caractéristiques des matériaux analysés. En ce qui concerne le premier module, il permet d'évaluer l'espace de timbres selon la distribution d'une série de fréquences en rapport harmonique, tandis que le second estime le champ fréquentiel en fonction de la distribution de l'énergie — sans tenir compte de leur rapport de distribution.

Après avoir évalué les différences entre ces deux méthodes⁷⁶⁴, nous avons déduit que la prospection de l'espace fréquentiel par calcul des fréquences en rapport harmonique s'avère plus appropriée lorsque la masse des matériaux analysés est stable ou peu variable — c'est-à-dire dont l'aplatissement de la masse est minime, alors que la méthode d'analyse par pics d'énergie s'avère plus convenable lorsque la masse des matériaux se présente de manière dispersée dans le champ des fréquences.

⁷⁶³ Nous renvoyons le lecteur à la version stand-alone de ce dispositif d'analyse, appelée **Synchronic_Harmonic_Analyzer 2.0**, disponible sur le lien suivant : www.danielmancero.com/outils-d-analyse-audio

⁷⁶⁴ Que nous détaillons plus loin dans ce même chapitre

Description harmonique de segments audio

Daniel Mancero B
CICM/Musidanse — Université Paris VIII

drop file

force opacity 0.86

Audio / Harmsesq / Amplitude / Amplitude / HarmonicModel

Modèle harmonique > harm. seuil >

Amplitude relative > ampl. seuil >

1 # Index (modèle harmonique)

0 # Index (Amplitude)

Méthode harms :

Passer l'adresse

register collection # liste cols harmoniques

live gain

durée du fragment : ms.

min. value sum of all vals

max. value mean vel. of all vals

max. abs. value zero crossings

velocity/handling

début durée seuil min. d'amplitude >

peaks fill by index

Fill >>

clear

Final:freqs

register collection >>

IV.5 Outil de description harmonique — analyse synchronique des événements acoustiques (méthode gbr.harms)

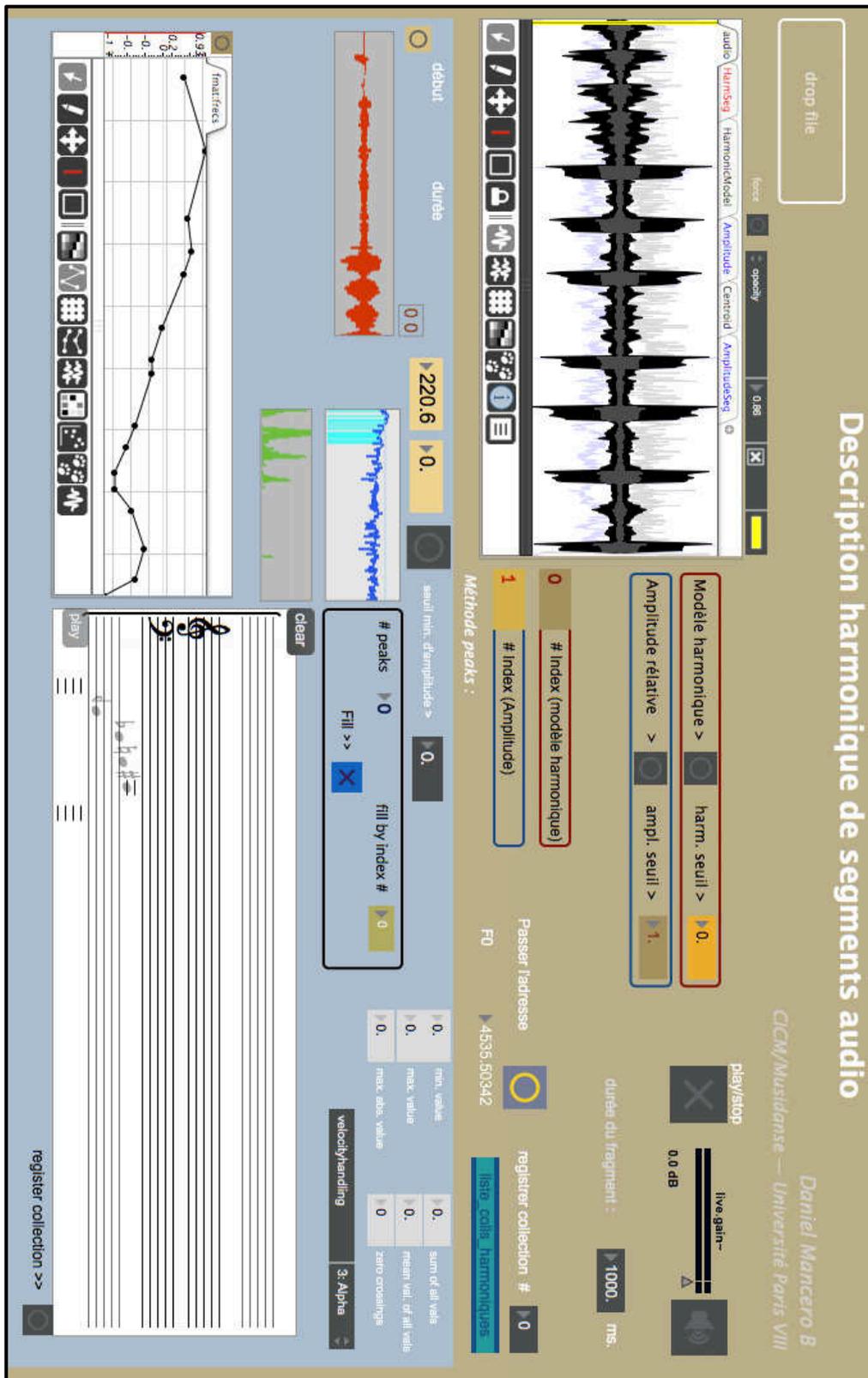


Figure IV.6 Dispositif d'analyse harmonique synchronique – méthode gbr.peaks

Nous avons eu recours à ces deux dispositifs d'analyse dans l'intérêt de comparer ces deux méthodes complémentaires — eu égard aux problèmes de représentation musicale et de simplification lors du processus de transcription des fréquences. Comme il ressort de la

figure ci-dessous, les résultats issus de l'analyse harmonique diffèrent amplement selon la méthode choisie : alors que la méthode `gbr.harms` représente le spectre harmonique selon la proximité des fréquences contenues avec le modèle de distribution harmonique (figure IV.7 – gauche), la deuxième méthode de calcul affiche, quant à elle, une représentation du spectre à partir de la quantité d'énergie présente dans chaque région de l'espace des fréquences occupé — en moyennant une pondération de l'amplitude maximale dans chacun des points du champ fréquentiel (figure IV.7 – droite).



*Figure IV.7 Analyse comparative des méthodes harms et peaks — fichier audio
« Crickets », Island (Barry Truax)*

Cette différence s'explique par le fait que le premier modèle privilégie les fréquences entretenant un rapport harmonique proportionnel, alors que la deuxième méthode de représentation favorise les fréquences dont l'amplitude s'avère dominante. Pour remédier à ce problème, nous avons complété le module d'évaluation harmonique (`gbr.harms`) en y incorporant un sous-module d'évaluation instantanée de la centroïde spectrale, le but étant d'imposer une fréquence cohérente de base pour la représentation du modèle harmonique⁷⁶⁵. Le principe en est très simple et les résultats assez satisfaisants : avant d'évaluer le champ des fréquences selon le modèle de distribution harmonique, l'adresse temporelle est utilisée pour calculer le barycentre spectral du fragment choisi — à l'aide du paquet `ircamdescriptors` et de l'objet `mubu.process`. Puis, la valeur de la centroïde est utilisée comme valeur de référence pour le calcul des partiels harmoniques contenus dans le signal (voir figure IV.8.1).

⁷⁶⁵ Ce problème sera analysé plus en détail au chapitre VI.3.2 — consacré à la mise au point de nouveaux dispositifs en réponse aux besoins de la modélisation poétique.



Figure IV.8.1 Sous-module d'évaluation de la centroïde spectrale instantanée

Même si les résultats ne coïncident pas exactement avec ceux issus de l'analyse par pondération des pics de fréquence (voir figure IV.8.2), ils nous permettent d'avoir une approximation assez précise des éléments prépondérants qui composent le spectre d'un événement acoustique — ayant un rapport harmonique entre eux.



Figure IV.8.2 Résultat du calcul des pics de fréquence – méthode gbr.harms et gbr.harms contrôlée par l'imposition de la fréquence fondamentale

Cette représentation graphique nous permet de représenter les événements acoustiques prépondérants dans le domaine des fréquences, a) selon les pics de fréquence (pics formantiques ou pics de résonance, au gré de la phase temporelle), et b) selon une description encore plus détaillée du niveau d'harmonicité ou d'inharmonicité de l'événement en question — ce qui peut s'avérer fort utile pour préciser l'instrumentarium lors du processus de composition musicale. Cette représentation peut s'interpréter de la manière suivante : en imposant un seuil minimal de 1 dB. d'amplitude, le spectre se présente comme un ensemble de pics différents de fréquence (six en l'occurrence). Quand bien même ces pics sont tous équivalents, l'analyse par modèle de distribution harmonique détermine que les plages de fréquence à privilégier seront plutôt celles entretenant une relation conforme au principe de génération harmonique (la première et la dernière). Il s'en suit que la représentation obtenue s'approche davantage de l'idée d'une collection de transitoires d'attaque.

En outre, nous devons nous interroger sur quelques aspects techniques ayant trait à la documentation et à l'accessibilité des matériaux de base, étant donnée la nature du répertoire analysé. Puisque notre but actuel est de faire une description détaillée de l'espace fréquentiel instantané des matériaux saillants, nous devons prendre en compte que les moyens envisageables pour prospecter le champ hétérophonique des *CfPS* dépendent fortement du contexte dans lequel ils s'opèrent. Ainsi, dans certains cas, il se peut que les matériaux de base soient mis à la disposition de l'analyste — lui permettant de prospecter chaque élément privilégié du paysage sonore, dans les meilleures conditions possibles⁷⁶⁶, alors que, dans d'autres cas, le seul matériau d'analyse possible sera le rendu sonore final lui-même. Dans ce dernier cas, les outils développés s'avèrent assez restreints. De plus, un autre problème se pose : lorsque nous testons ces outils d'analyse avec des fonctions sinusoïdales du temps, les résultats rendent compte des limitations qui existent quant à la fiabilité des méthodes en termes de pertinence analytique⁷⁶⁷.

Compte tenu de ces incertitudes, nous avons adapté nos instruments de description acoustique et d'analyse harmonique afin d'obtenir un outil plus adéquat et plus conforme aux particularités de ce répertoire. Premièrement, nous avons simplifié les dépendances entre les matrices de calcul et les diverses bibliothèques d'analyse, au moyen d'une stratégie d'adaptation des modules *gbr.harms* et *gbr.peaks*. Comme il ressort des figures

⁷⁶⁶ Tel est le cas des œuvres *Island* et *Pendlerdrøm* de Barry Truax, dont les matériaux de base ont été fournis par le compositeur directement.

⁷⁶⁷ Nous renvoyons le lecteur à l'annexe 5.15

IV.9 et IV.10, nous avons consolidé un outil d'analyse de l'espace fréquentiel des événements sonores, fondé strictement sur l'algorithme de décomposition par pics de fréquence, à l'aide d'un module Pipo⁷⁶⁸. Grâce à ce procédé, il est possible d'accéder directement à une matrice de données complexes au moyen d'un seul index temporel de recherche, ce dernier piloté par un module de segmentation automatisée (présenté au chapitre IV.3).

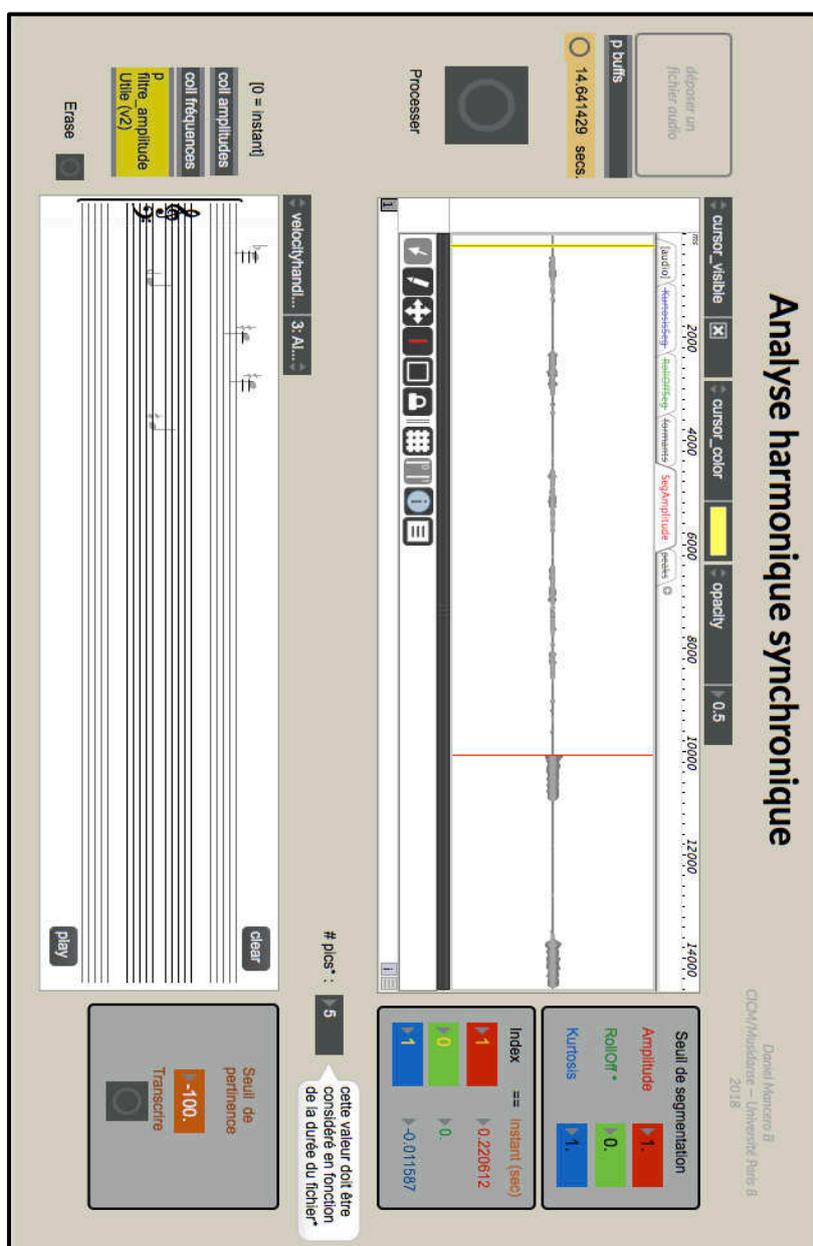


Figure IV.9 Outil d'analyse harmonique synchronique – version Stand-alone

⁷⁶⁸ Pipo est un Plugin API développé par l'équipe ISMM de l'Ircam pour le traitement et pour l'analyse multimodale de données multidimensionnelles. [Site web] : <http://ismm.ircam.fr/PiPo/> consulté le 9 octobre 2018

Grâce à ce dispositif, l'analyste est capable de prospector les fréquences plus prégnantes qui caractérisent l'espace interne d'un fragment sonore complexe, à l'aide de trois critères acoustiques de segmentation audio : a) l'amplitude relative — dénotant les points angulaires caractéristiques d'un profil dynamique ; b) le point de roll-off — permettant de distinguer les signaux bruités des signaux harmoniques, et c) l'aplatissement du spectre ou *kurtosis*, — permettant la prospection temporelle de l'environnement selon la distribution de l'énergie spectrale.

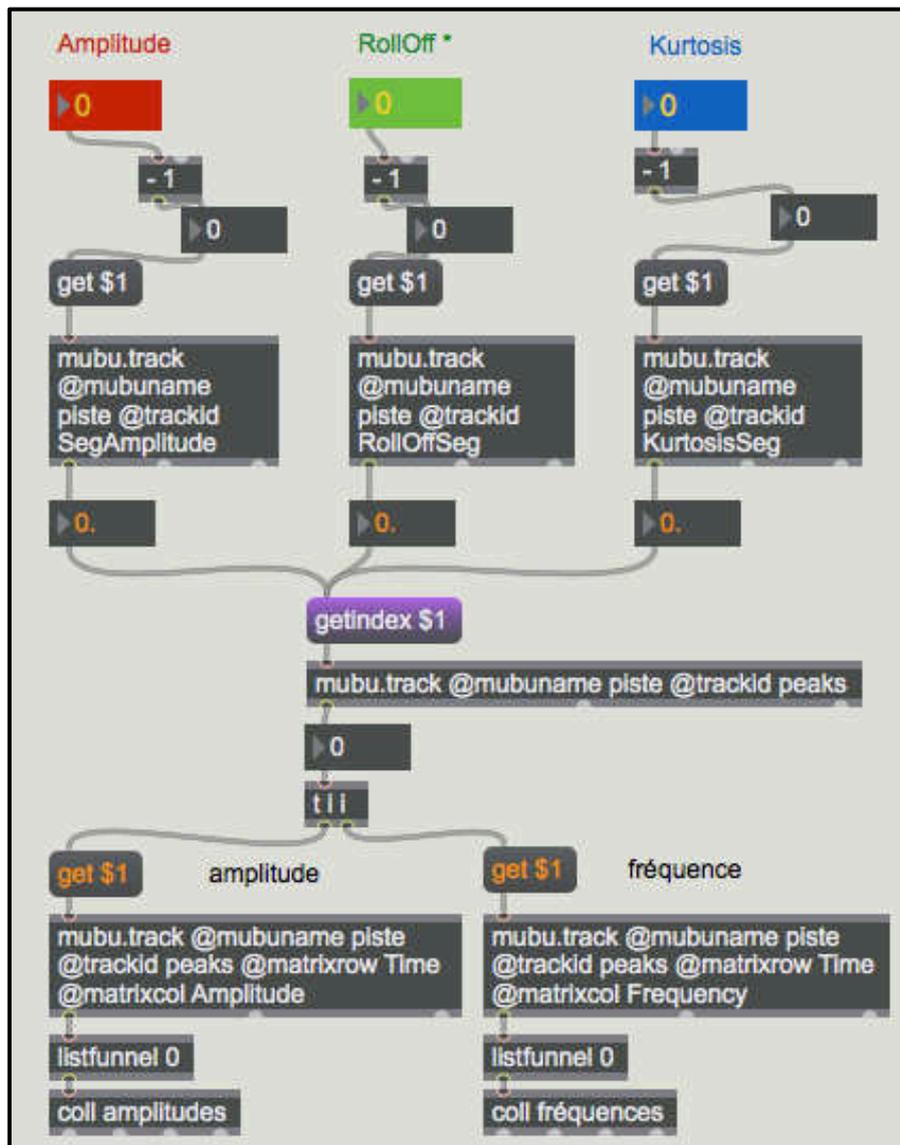


Figure IV.10 Diagramme du processus de prospection dans le domaine des fréquences

Puis, les données stockées dans les collections d'amplitude et de fréquence sont filtrées et interprétées, comme indiqué ci-après :

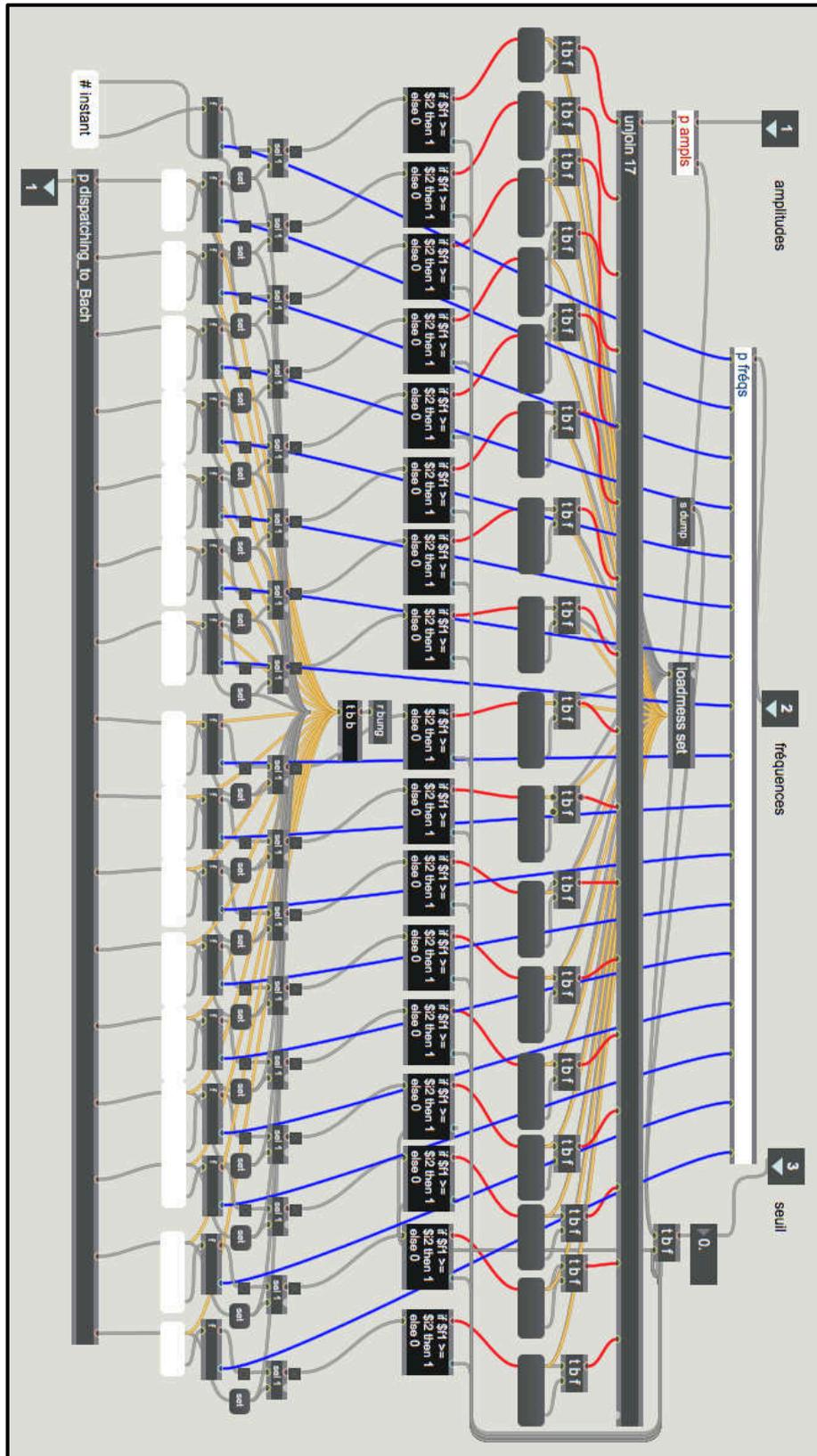


Figure IV.11 Module d'interprétation de la matrice par filtrage sélectif

Diverses analyses ont été réalisées pour évaluer la pertinence de ce nouveau dispositif d'analyse synchronique. Ainsi, la figure ci-dessous illustre l'organisation de l'espace interne d'un événement de typologie Hx — qui émerge du fond continu. Plus précisément, il s'agit d'une représentation du domaine des fréquences par pondération de l'énergie totale pendant l'instant 220 ms, correspondant à phase d'attaque (ou, plus précisément, d'émergence). Même si les composantes fréquentielles sont représentées de manière horizontale, il faut remarquer qu'il s'agit d'une collection de pics de fréquence simultanés, partageant un même instant d'apparition. Dans ce cas, la décomposition de l'énergie totale instantanée en bandes de fréquence est réalisée sur la base de la FFT, en ayant recours au paquet pipo et à l'objet mubu.process. Pour cela, nous avons eu recours au dispositif d'interprétation des données complexes au moyen duquel les pics de fréquence sont filtrés selon leur poids individuel d'amplitude (voir figure IV.11). L'index temporel choisi sélectionne la sous-matrice bidimensionnelle (amplitude et fréquence) correspondant au segment repéré (figure IV.12).

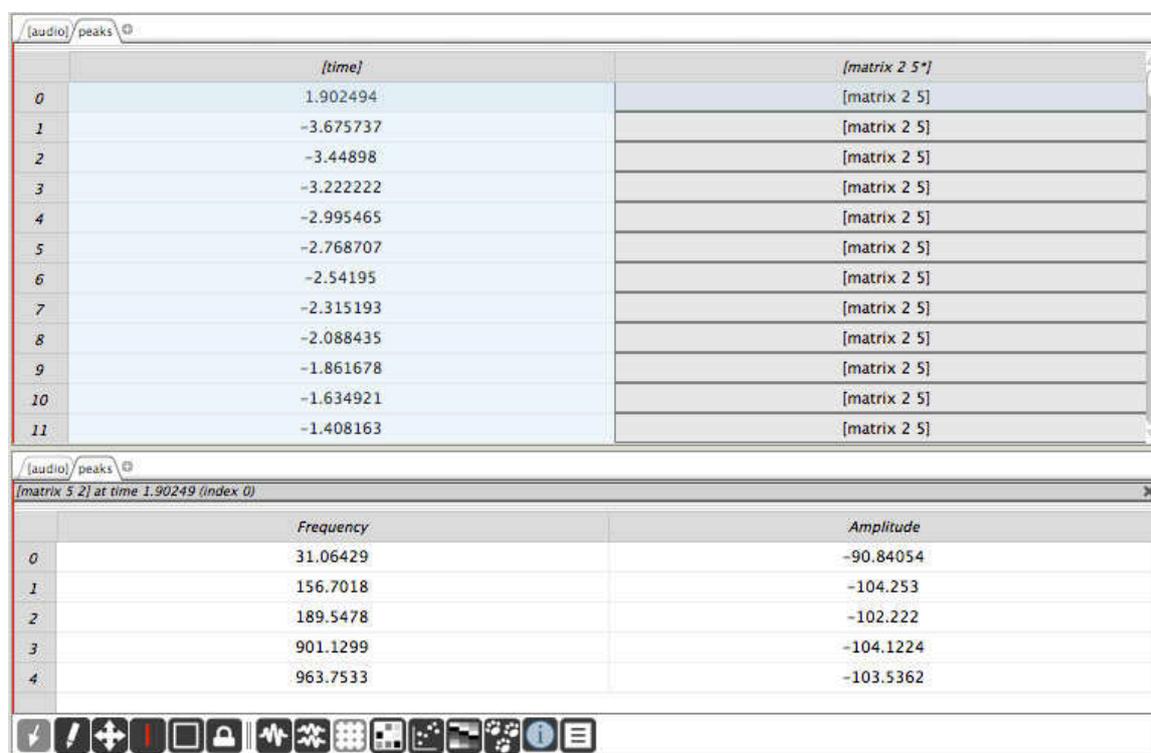


Figure IV.12 Vue simultanée de la matrice de données complexes (en haut) et de la sous-matrice bidimensionnelle (en bas). Analyse du fichier « Crickets » - (Island).

Cette logique simple de classement permet de cibler le contenu de l'analyse selon l'instant et le seuil minimal d'amplitude de chaque composante dans le domaine des fréquences.

Examinons enfin le module d'analyse auquel nous avons eu recours lors de l'implémentation du dispositif de prospection harmonique synchronique.

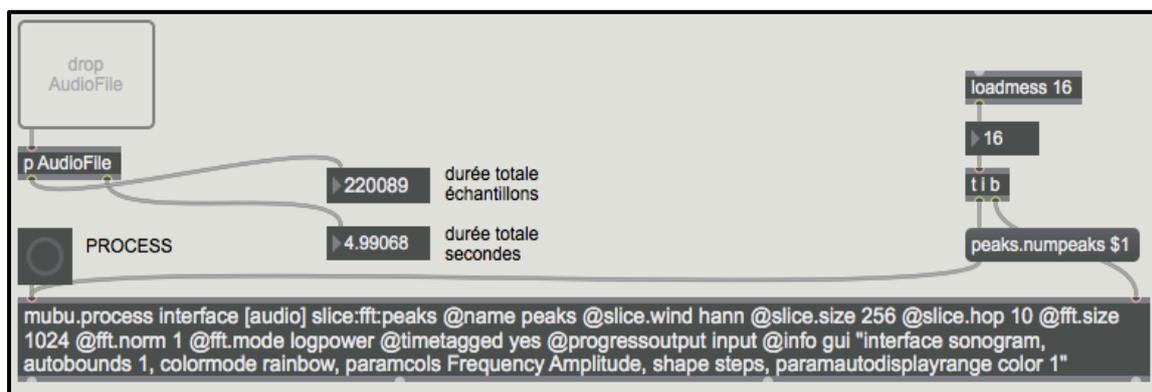


Figure IV.13 Module d'analyse harmonique par FFT

Le principe qui régit ce module d'analyse par FFT est fondé sur le calcul des valeurs maximales (pics de fréquence) dans un ensemble de vecteurs de même taille. Comme nous l'avons indiqué ci-haut, l'analyse harmonique par FFT d'un signal non périodique requiert que ce dernier puisse être observé sous forme de signal pseudopériodique, à l'aide d'une fenêtre glissante capable de déterminer sa fréquence dans un instant donné. Dans l'exemple que nous montrons, la taille de chaque tranche à analyser est de 256 points de données, le pas de calcul (*hop size*) est de 10 points, et la taille totale de la FFT est 1024⁷⁶⁹.

Ce module servant à l'analyse harmonique des matériaux qui structurent le paysage sonore, il convient toutefois de se demander dans quelle mesure il est possible de parvenir à des résultats pertinents, compte tenu des incertitudes relatives à la disponibilité des matériaux de base. La question se pose donc de savoir comment isoler les événements acoustiques que nous voulons examiner, eu égard aux problèmes associés à l'effet de masquage.

V.4.4 Approximation à la solution de l'effet de masquage

Comme il ressort des travaux scientifiques de Jan O. Nordmark⁷⁷⁰ et de Michaël Scheffers⁷⁷¹, la séparation auditive n'a pas seulement trait aux niveaux d'attention

⁷⁶⁹ Il s'agit d'un cadre standard pour l'analyse de sons complexes. Nous y reviendrons plus en détail au chapitre VI.3.2.

⁷⁷⁰ Nordmark, J., « Time and Frequency Analysis » In Tobias, J., *Foundations of Modern Auditory Theory, Vol 1*, New York : Academic Press Inc., 1970, pp.57-84

⁷⁷¹ Scheffers, M., *Sifting Vowels. Auditory pitch analysis and sound segregation*, Groningen – Pays Bas : UMCG - University of Groningen, 1983

auditive⁷⁷². Bien au contraire, on peut distinguer une série de sources sonores dans un continuum acoustique selon leur *qualité timbrale*. Pour expliquer ce phénomène, Albert Bregman part du principe que, chez l'humain, « la capacité d'attention auditive est limitée et insuffisante lorsqu'il essaie de suivre plusieurs éléments à la fois⁷⁷³ », d'où il infère, sous forme d'hypothèse, que les auditeurs mémorisent une description sonore détaillée qui leur sert à discerner entre les divers événements sonores⁷⁷⁴. Sur la base des travaux de Nordmark et Scheffers, Bregman déduit que ce n'est pas le timbre qui viabilise la distinction auditive, mais plutôt la *configuration spectrale multidimensionnelle* de chaque son⁷⁷⁵.

Sur la base de ces postulats, nous avons complété notre dispositif d'analyse visant à rendre compte de la configuration spectrale des événements sonores qui structurent le champ hétérophonique des *CfPS* — tel qu'il ressort des chapitres précédents. Cependant, cette démarche exige la mise en place de moyens techniques assez solides pour que le processus d'instanciation et d'échantillonnage nous permette de rendre compte fidèlement de la configuration spectrale de chaque famille typologique. Dans cet esprit, nous devons prendre en considération le fait que, comme Licklider (1951) l'a mis en évidence⁷⁷⁶, l'effet de masquage est à l'opposé de l'analyse en ce que l'analyse implique une sorte de filtrage des données, tandis que l'effet de masquage entraîne une contamination. Examinons ce dernier point.

À l'écoute d'une pluralité simultanée de timbres, certains signaux sonores deviennent insaisissables, quel que soit le niveau d'attention que porte l'auditeur. Alors, pour comprendre les mécanismes derrière ce phénomène, nous devons considérer plusieurs paramètres, notamment « la fréquence [de vibration], la composition spectrale, l'intensité et les caractéristiques temporelles d'occurrence et d'évolution⁷⁷⁷ ». Dans ce contexte et

⁷⁷² Ces questions ont été abordées amplement au chapitre II.1.4

⁷⁷³ « [...] We have trouble paying attention to too many things at the same time. This has led to the argument that there is a limited pool of resources that attention can make use of ». Bregman, A., *Auditory Scene Analysis, Op.Cit.*, p.399

⁷⁷⁴ « [When the listener tried] to hear out one of the streams from [a] mixture [...], [he] could store a mental description of the sound and its periodicity and try to match that stored description to the sequence. [...] It can be argued that the role of the primitive segregation processes is to partition the input, while the job of the schema-governed process is to select an array of data that meets certain criteria ». *Ibid.*, pp.406—408

⁷⁷⁵ « I have suggested that the pattern of peaks and valleys in the spectra of sounds may affect their grouping. Another way of saying this is that grouping is affected by the pattern of intensities of various harmonics in the spectra of successive tones ». *Ibid.*, p.646-647

⁷⁷⁶ Licklider, J.C.R., « A duplex theory of pitch perception », *Experientia* (Basel), N° 7, issue 4, 1951, p.128-134

⁷⁷⁷ Castellengo, M., *Écoute musicale et acoustique, Op.Cit.*, p.102

dans la même ligne de pensée que Bregman, le psycho-acousticien Ernst Terhardt⁷⁷⁸ avance l'idée que, dans le processus de perception auditive, l'identification de sources sonores implique une reconnaissance de timbres selon que ces derniers soient considérés comme des motifs de l'espace de timbres⁷⁷⁹. Selon Terhardt, ces motifs ou *patterns* deviennent familiers pendant les premières étapes de la vie, par suite d'une exposition constante à de divers sons de nature harmonique complexe⁷⁸⁰. Terhardt affirme que, lorsqu'une concordance timbrale est trouvée, le son est reconnu au niveau le plus bas du pattern, puis apprécié selon la hauteur de sa fréquence fondamentale. Ceci peut se produire même s'il manque des éléments importants concernant la composition totale du spectre sonore⁷⁸¹. Il s'en suit que la sensation sonore (*tone sensation*) et la reconnaissance de hauteur diffèrent de par leur niveau de *saillance perceptive*⁷⁸².

En outre, Terhardt affirme dans un article paru en 1991⁷⁸³ que, parmi tous les paramètres qui entrent en ligne de compte dans le processus de reconnaissance sonore, ce sont seulement les fréquences qui sont transmises avec la plus haute-fidélité⁷⁸⁴. De ce fait, dans le but de comprendre le système de *communication auditive*, Terhardt suggère qu'il faut considérer le principe de *contourage* (*principle of contourization*) qui trouve ses fondements dans deux notions psycho-physiques, à savoir: 1) il existe au moins un paramètre lié à l'espace de timbres qui n'est pas touché par l'effet de masquage pendant le processus de transmission, à savoir la *fréquence spectrale*⁷⁸⁵; 2) le système auditif périphérique constitue un instrument efficace d'analyse spectrale de Fourier — en ce qu'il

⁷⁷⁸ Terhardt, E., « The Concept of Musical Consonance: A Link between Music and Psychoacoustics », *Music Perception : An Interdisciplinary Journal*, Vol. 1, N° 3 (Spring, 1984), pp.276-295

⁷⁷⁹ Parncutt, R. et Strasburger, H., « Applying Psychoacoustics in Composition: "Harmonic" Progressions of "Nonharmonic Sonorities" », *Perspectives of New Music*, Vol. 32, N° 2 (Summer, 1994), pp.88-129

⁷⁸⁰ *Ibid.*

⁷⁸¹ « Whenever a match occurs, a tone may be perceived at the lowest element of the pattern, with a pitch corresponding to the fundamental frequency ». Parncutt, R. et Strasburger, H., *Op. Cit.*, p 90.

⁷⁸² *Ibid.*

⁷⁸³ Terhardt, E., « Music Perception and Sensory Information Acquisition. Relationships and Low-Level Analogies », In *Music Perception : An Interdisciplinary Journal*, Vol. 8, N° 3 (Spring, 1991), pp.217-239

⁷⁸⁴ « From the basic physical parameters of a sound-source signal [...], it is only the frequencies that are transmitted with highest fidelity; amplitudes and phases ordinarily are to a considerable extent corrupted ». *Ibid.*, p.222

⁷⁸⁵ « [T]here is at least one type of source-signal parameter that is not affected by transmission from source to listener, namely, spectral frequency ». *Ibid.*, p. 223

contient un mécanisme de *contourage* qui sert à séparer des partiels discrétisés du continuum qu'est la distribution de l'énergie dans le spectre⁷⁸⁶.

Sur cette base, au cours des années 1969-1970, Terhardt développe un modèle fondé sur les mécanismes de séparation et de fusion auditive. Convaincu que la fréquence spectrale perçue équivaut à un ton virtuel séparé (*discriminated virtual pitch*), le psycho-acousticien et son équipe développent un algorithme fondé sur le modèle chroma (*chroma pattern*)⁷⁸⁷. L'objectif principal de cet algorithme est de générer un ensemble pertinent de conglomerats de fréquence (*chroma*), dont les composantes élémentaires sont pondérées selon leur niveau de saillance (*chroma saliencies*). Pour ce faire, l'algorithme est implémenté selon un modèle de décomposition par séries de Fourier qui conglutine les fréquences saillantes dans des plages fréquentielles dont les composantes audibles correspondent à celles d'un ton complexe typique⁷⁸⁸. Ainsi, l'audibilité de chaque composante élémentaire — existant dans un ton pur complexe *type*, sert de base pour l'estimation de la qualité tonale et de la multiplicité sonore dans un instant donné⁷⁸⁹. Sur ce point, il faut signaler que les termes de *qualité tonale* (*tone sensation*) et de *multiplicité sonore* (*pitch*) sont employés dans les théories de Terhardt et de Parncutt pour faire référence à des catégories multidimensionnelles d'ordre psycho-acoustique.

En ayant recours à l'algorithme de Terhardt, l'analyste peut connaître 1) le patron spectro-temporel (*virtual pitch pattern*) qui rend compte d'une série de tons virtuels ; 2) le poids de chaque plage fréquentielle dans le spectre sonore (*spectral pitch pattern*), et 3) le modèle chroma (*chroma pattern*) qui regroupe les pics d'énergie dans des plages fréquentiels selon un procédé d'interpolation linéaire⁷⁹⁰. Dans cet esprit, nous avons considéré pertinent de prendre en compte deux modèles différents d'analyse et de représentation fréquentielle ayant trait à l'effet de masquage, le but étant de comparer les résultats selon la méthode d'analyse. À cet égard, nous avons implémenté 1) un modèle simple d'analyse/filtrage en ayant recours à la méthode de codage prédictif linéaire — ou LPC (*Linear Predictive*

⁷⁸⁶ « [T]he peripheral auditory system is an efficient Fourier-spectrum analyzer followed by a contourization mechanism that “reads” discrete part-tone pitches from the continuous spectral-intensity distribution », *Ibid.*

⁷⁸⁷ Parncutt, R., *Harmony: A Psychoacoustical Approach*. Berlin: Springer-Verlag, 1989

⁷⁸⁸ « The perception of complex tones is simulated by matching the pitches of audible pure tone components against those of a template, representing the audible components of a typical complex tone ». Parncutt, R., *Harmony ; A Psychoacoustical Approach*, *Op.Cit.*, p.77

⁷⁸⁹ « Calculated audibilities of pure and complex tone components are used to estimate the “tonalness” and “multiplicity” of a simultaneity, and the saliency of each tone sensation ». *Ibid.*

⁷⁹⁰ Voir Parncutt, R., *Harmony: A Psychoacoustical Approach*, *Op.Cit.* pp.135-166

Coding), et 2) un modèle complexe, fondé sur l’algorithme de Terhardt⁷⁹¹. Puis, nous avons mis au point un dispositif d’analyse harmonique synchronique comparative, le but étant de faciliter la prospection hétérophonique des *CfPS* dont les matériaux de base ne sont pas disponibles — comme c’est le cas avec la plupart du répertoire recensé.

En ce qui concerne le principe d’analyse par prédiction linéaire, nous avons eu recours à l’algorithme *lpc-formants* de la librairie *pipo*. Cet algorithme — fondé sur la méthode itérative de Bairstow, consistant à calculer les racines d’un polynôme en les regroupant par paires⁷⁹² —, évalue les maxima d’énergie d’un spectre sonore (autrement dit, les fréquences formantiques). Ainsi, pour chaque instant analysé, les fréquences obtenues correspondent aux coefficients de prédiction linéaire (voir annexe 9.3) — et la bande passante (*bandwidth*) de chaque pic formantique correspond donc à la distance entre les points de la prédiction et la racine du polynôme (voir annexe 9.4). À cet égard, il convient de noter que le calcul par *LPC* permet de déjà distinguer entre la fréquence spectrale d’un signal discrète et les tons virtuels perçus⁷⁹³, ce qui justifie la pertinence de cet exercice comparatif. Comme il ressort de la figure IV.14, le dispositif que nous avons mis en place déploie deux représentations musicales de l’espace fréquentiel analysé. Une première représentation (en haut) affiche toutes les fréquences saillantes calculées par *LPC* ; une deuxième représentation (en bas) dévoile les fréquences résultant du filtrage perceptif selon le modèle de Terhardt.

⁷⁹¹ Pour approfondir, nous renvoyons le lecteur aux travaux de Jeff Jensen (2008) portant sur l’implémentation informatique de l’algorithme de Terhardt. Le code peut être consulté sur son site web : <http://jjensen.org/vpApplet.txt>, site consulté le 25 octobre 2018

⁷⁹² Golub, G. H., Robertson, T. N., *A generalized Bairstow Algorithm*, Technical Report n° 54, Stanford : Computer Science Department – School of Humanities and Sciences, Stanford University, 1967.

⁷⁹³ « Spectral pitch is communicated *immediately*, i.e. by a Fourier component's frequency, while virtual pitch is communicated by providing to the auditory system information about the oscillation frequency of a complex signal that is implied in the Fourier spectrum as a whole ». Source [site web] : <http://www.mmk.ei.tum.de/fileadmin/w00bqn/www/Personen/Terhardt/ter/top/virtualp.html>, site consulté le 18 octobre 2018

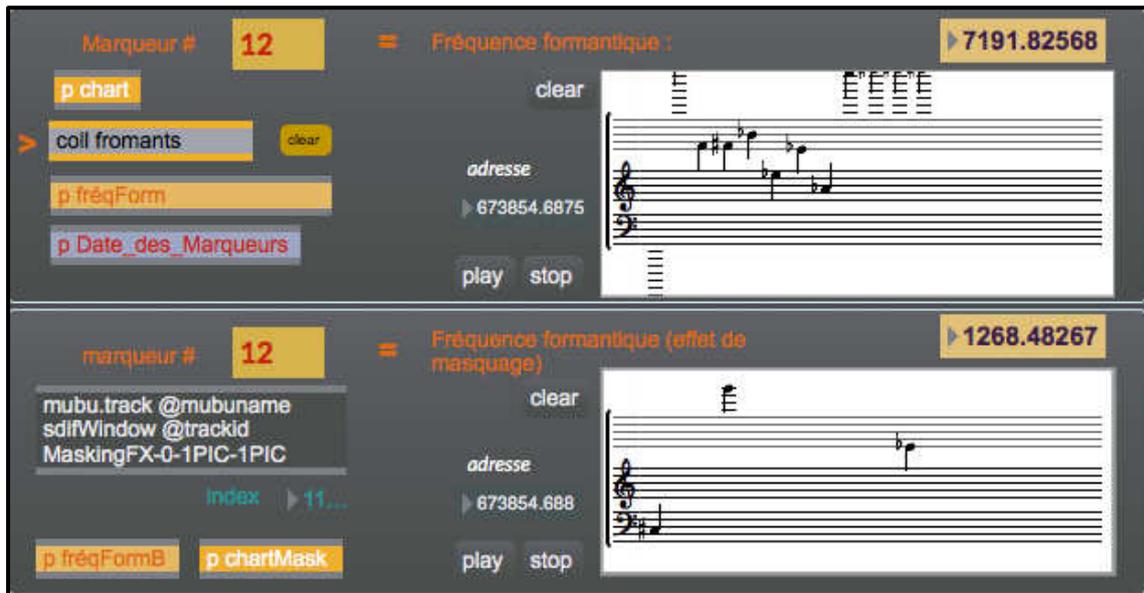


Figure IV.14 Analyse fréquentielle et effet de masquage. Dispositif de représentation musicale – fichier « Crickets » (fragment), Island – Barry Truax

Vu la complexité technique d'implémentation bas-niveau de l'algorithme de Terhardt en Max/MSP, nous avons eu recours aux méthodes natives de calcul du logiciel Audiosculpt⁷⁹⁴. Pour cela, nous avons créé un tampon multiple partagé (*multibuffer*) dont la finalité a été de synchroniser les données issues des deux méthodes d'analyse dans un même environnement discrétisé. Quand bien même la procédure d'indexation et de calcul est la même que pour les outils décrits aux chapitres V.3.2 et V.3.3, le module de routage que contient ce dispositif est distinct du module de synchronisation présenté à l'annexe 9.1, le but étant de corrélérer les deux matrices complexes comme il ressort de la figure ci-dessous.

⁷⁹⁴ Audiosculpt est un logiciel développé par l'équipe d'analyse-synthèse, à l'Ircam. Il s'agit d'un programme informatique qui sert à la visualisation, à l'analyse et à la transformation des sons. Ce logiciel est fondé sur les logiciels/bibliothèques SuperVP (vocodateur de phase) et Pm2 (module d'analyse, fondé sur le modèle sinusoïdal). Pour approfondir, voir Bogaards, N., « Analysis-assisted sound processing with audiosculpt » In *8th International Conference on Digital Audio Effects (DAFX-05)*, Septembre 2005, Madrid, Espagne, pp. 269-272.

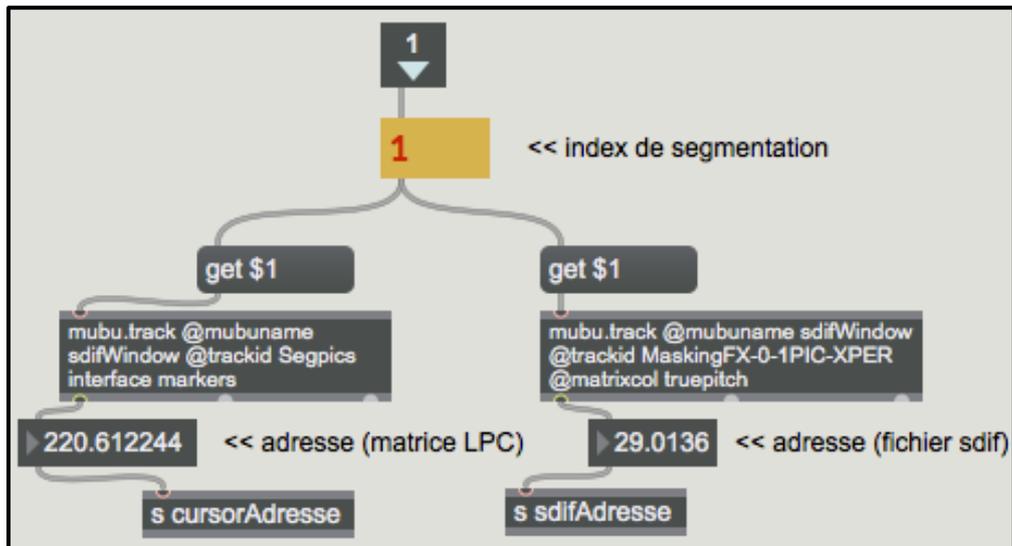


Figure IV.15 Module d'indexation et de synchronisation des matrices de données

À l'aide de ce petit module, l'analyste est capable de pratiquer une analyse discrète par *LPC*— au moyen de l'outil de segmentation par description acoustique présenté à l'annexe 6.1 —, tout en accédant à la structure de données complexes, dérivée de l'analyse par effet de masquage. Cela dit, il est important de préciser que l'implémentation de l'algorithme de Terhardt doit être effectuée à l'aide d'un logiciel d'analyse acoustique complexe (logiciel Audiosculpt). Puis, les données peuvent être récupérées en Max/MSP dans un format de fichier SDIF (*Sound Description Interchange Format*)⁷⁹⁵ qui spécifie les types de données de description audio.

Alors, l'index de lecture de chaque matrice est identifié de manière synchronique, en accord avec l'adresse unique donnée par le module de segmentation audio (en entrée). Parallèlement, l'index correspondant à chaque registre est utilisé comme base de lecture à l'intérieur de chaque matrice de données, avec la finalité de sélectionner la/les fréquences correspondant à l'instant choisi. Ce petit module sert notamment à rendre compte du degré de ressemblance entre les deux matrices. Puis, l'indexation des matrices est exécutée de la manière suivante : pour accéder aux données issues de l'analyse par *LPC*, l'index de lecture — dont la position est déterminée par le critère de segmentation choisi — choisit la case correspondante dans la matrice de données complexes ; puis, le dispositif sélectionne le/les

⁷⁹⁵ Ce format a été élaboré dans le cadre d'une collaboration internationale entre l'IRCAM, le CNMAT (Université de Berkeley) et le MTG (Université Pompeu Fabra). Pour approfondir, voir Schwarz, D. et Wright, M., « Extensions and Applications of the SDIF Sound Description Interchange Format », *ICMC: International Computer Music Conference*, 1-1. Berlin, Germany, 2000. [Version en ligne] : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01161232>, site consulté le 26 octobre 2018.

élément/s correspondant à la/les fréquence/s saillantes détectées (voir figure IV.16). De la même manière, l'index correspondant à la deuxième matrice est utilisé comme base de lecture dans le registre du fichier SDIF, afin d'accéder aux données issues de l'analyse par l'algorithme de Terhardt (voir figure IV.18).

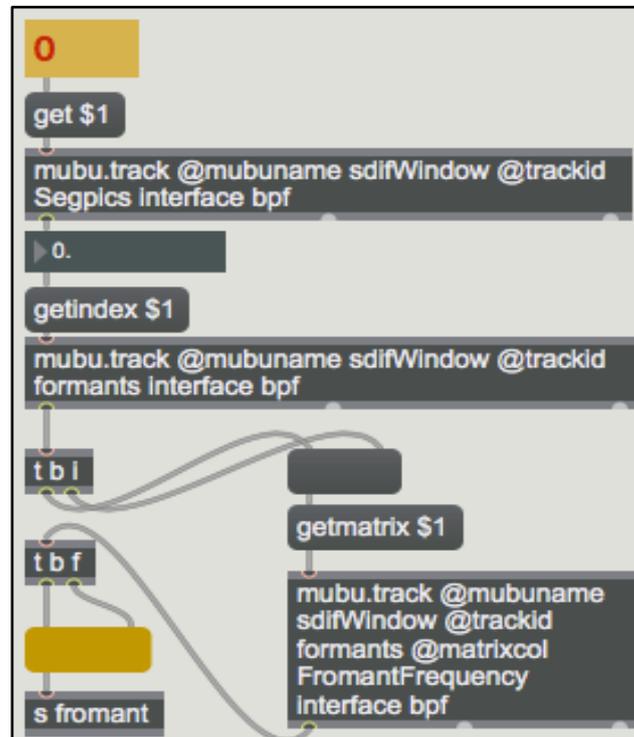


Figure IV.16 Lecture discrétisée des informations issues de l'analyse par LPC

Cependant, bien que l'analyse harmonique par *LPC* donne régulièrement des résultats dans le domaine des fréquences (selon que le seuil d'amplitude est plus au moins élevé), l'analyse fondée sur l'algorithme de Terhardt est, quant à lui, beaucoup moins facile de cerner. Cela est dû au fait que, comme dans le cas de l'analyse par FFT, les paramètres de calcul doivent être fixés de manière uniforme pour la totalité du continuum sonore, sans possibilité de régler à chaque fois le seuil de pertinence (*threshold*), en fonction des caractéristiques intrinsèques de chaque famille typologique.

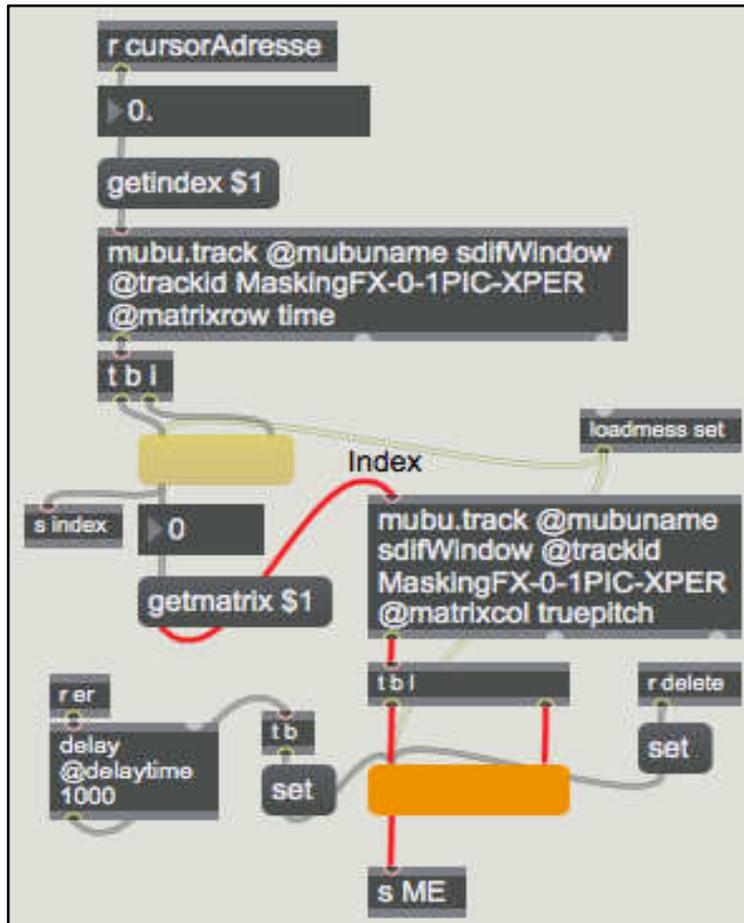


Figure IV.17 Lecture discrétisée des informations issues de l'analyse par l'algorithme de Terhardt⁷⁹⁶

Afin de remédier à ces problèmes, nous avons adapté le module d'acheminement des fréquences repérées ayant trait au format syntaxique de la librairie Bach, avec la finalité de rendre visible les espaces vides de l'analyse par effet de masquage. Plus précisément, nous avons ajouté un module qui a pour fonction de synchroniser la position des fréquences perçues, selon l'index absolu (voir figure IV.18).

⁷⁹⁶ Les paramètres ayant trait à l'analyse par effet de masquage sont exposés à l'annexe 9.5

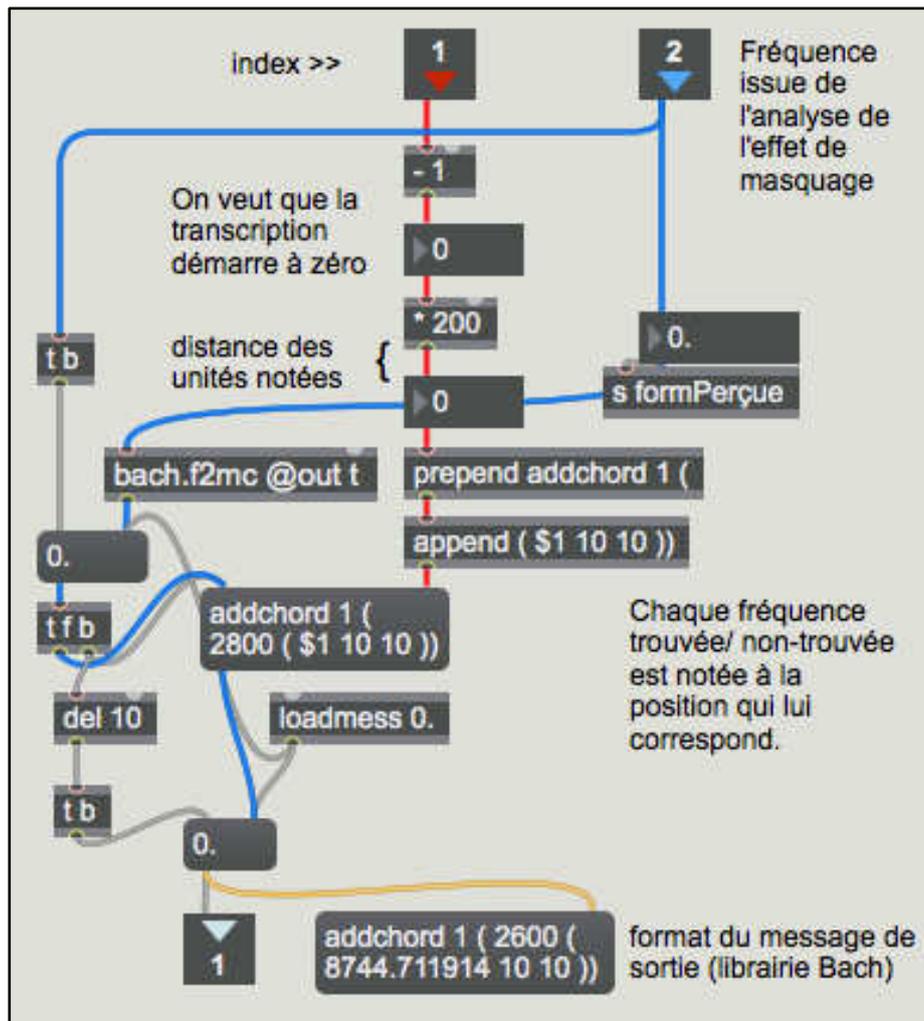


Figure IV.18 Module d'acheminement et de positionnement des fréquences identifiées lors de l'analyse de l'effet de masquage

Grâce à ce système de coordination, l'analyste peut comparer les résultats des deux approches analytiques distinctes (voir figure IV.20). Comme l'illustre la figure IV.19, les collections de fréquence issues de l'analyse par LPC peuvent être restructurées et réinterprétées selon l'effet de masquage, notamment par souci de clarté.

Il convient désormais d'examiner comment l'ensemble d'outils d'analyse harmonique que nous avons exposés ci-dessus peut être mis au point pour recréer un système hétérophonique d'écriture musicale.

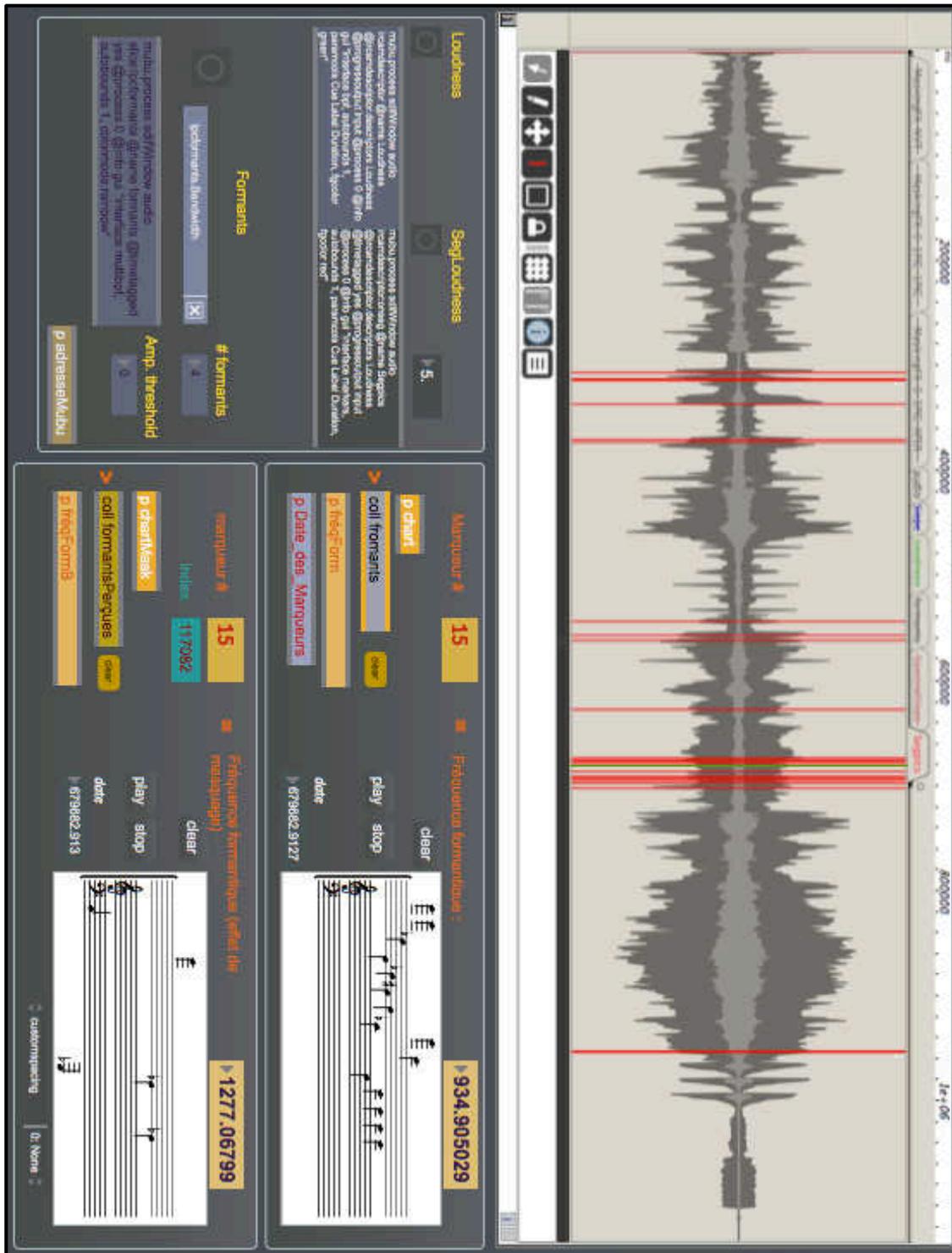


Figure IV.19 Analyse comparative de la méthode LPC et la méthode de Terhardt. Analyse des fréquences formantiques, compte tenu de l'effet de masquage — Nous les Défunts, Yannick Dauby (2016)

V.5 De l'harmonie à l'hétérophonie : la modélisation poétique des CfPS

Depuis les origines de la théorie musicale occidentale et jusqu'à la typomorphologie schaefferienne, la désignation des sons musicaux dépend, dans une large mesure, de la conception d'une échelle d'agrément ou, pour reprendre la terminologie du mathématicien Leonhard Euler, du degré de *suavité sonore*. On peut dire de manière très générale qu'il en est de même pour les CfPS en ce que le paradigme esthétique qui est au cœur de la théorie musicale prônée par Schafer — qui veut qualifier la qualité des paysages sonores selon l'antinomie *hi-fi* vs. *lo-fi*⁷⁹⁷ —, se fonde sur le même principe d'*agrément*⁷⁹⁸.

Tout au long de ce parcours, la *nature harmonique* est devenue un terme d'usage courant pour désigner la *musicalité* des sons. Or, de notre point de vue, la *musicalité* est une qualité beaucoup plus complexe qui exige une étude multidimensionnelle axée sur les *pratiques* de composition — plutôt que sur les caractéristiques physiques du son. Dans cette perspective, nous avançons un modèle de la CfPS qui vise à rendre compte de la pluralité de formes d'interaction hétérophonique au sein du paysage sonore, dans le domaine des fréquences. Cela exige de remettre en cause la notion de *suavité sonore* et d'accorder une attention toute particulière au caractère hétéroclite du paysage sonore. Toujours est-il que la schématisation d'un modèle hétérophonique des CfPS constitue une approche à la fois analytique et systémique, en ceci que la modélisation de ce répertoire doit représenter a) le paysage sonore en tant que système composé complexe⁷⁹⁹, et b) la/les stratégie/s de composition musicale, entendues comme un ensemble d'actions et de mesures visant à assurer l'opérabilité du paysage sonore, au niveau poétique⁸⁰⁰. Cela suppose que le modèle de réappropriation et de composition musical que nous proposons soit fondé sur les modes d'interaction hétérophonique ayant lieu au sein des CfPS. Examinons ce dernier aspect.

⁷⁹⁷ Cf. chapitre II.1

⁷⁹⁸ Quoique d'un point de vue qui transcende l'esthétique pour prendre en compte des critères d'ordre éthique. Pour approfondir, voir Schafer, M., *The New Soundscape. A Handbook for the Modern Music Teacher*, Scarborough : Berandol Music Limited, 1969.

⁷⁹⁹ « Pour représenter un phénomène complexe, on le représente comme et par un système, système assez général et stable pour que l'on puisse rendre compte de tous les types de complexité que l'on pourra considérer ». Le Moigne, J.-L., *La modélisation des systèmes complexes*, AFCET systèmes. Paris : Dunod, 1990, p.38

⁸⁰⁰ Puisque, du point de vue de la modélisation systémique, « modéliser un système complexe, c'est modéliser d'abord un système d'actions » Le Moigne, J.-L., *Op.Cit.*, p.45

Même si le paysage sonore peut être défini « par les signaux qui nous parviennent de toutes les directions sur les plans horizontal et vertical⁸⁰¹ », nous partons du principe que, du point de vue musical, comme le signale François-Bernard Mâche, « dès que le musicien prend conscience d'une forme sonore qui soit plus qu'un enchaînement d'instant, il se réfère à un modèle⁸⁰² ». Puis, « même si [...] l'acteur de musique se réfère consciemment à une organisation préexistante [...], d'autres problèmes redoutables se présentent », dont notamment « l'imbrication des aspects acoustiques et symboliques⁸⁰³ » liés au caractère fonctionnel régissant l'écoute. Dans ce contexte, il s'avère nécessaire de mettre en exergue les perspectives de création artistique — susceptibles de rendre compte des stratégies syntaxiques de composition musicale fondée sur le paysage sonore. Pour ce faire, nous estimons que a) le paysage sonore peut être représenté analytiquement en tant que structure « qui ne serait plus entendue comme un invariant et moins encore comme une loi expliquant le comportement du système [...]»⁸⁰⁴, mais plutôt comme une « *gestalt patternée* » —pour reprendre l'expression de Le Moigne —, à savoir un ensemble d'événements sonores susceptibles de s'auto-organiser de manière dynamique⁸⁰⁵ ; b) puis, le paysage sonore peut être représenté systématiquement, exprimant à la fois l'action, les événements et leur transformation dans le temps.

Concernant la représentation systématique du paysage sonore, et compte tenu des modes relationnels spectromorphologiques, nous avançons un schéma de représentation des événements sonores fondé sur la typomorphologie et sur le profil dynamique des événements acoustiques dans le domaine des fréquences⁸⁰⁶ —, ayant pour but ultime de planifier le processus d'écriture et de réappropriation musicale des *CfPS*. Le schéma que nous présentons est en accord avec le principe de *partitionnement acoustique*⁸⁰⁷, selon lequel « les organismes capables d'émettre et de recevoir des sons [s'établissent] sur une largeur de bande distincte dans le spectre géo-acoustique afin que son comportement [sonore] soit fonctionnel [...]»⁸⁰⁸. De ce point de vue (et sans tenir compte des implications

⁸⁰¹ Krause, B., *Chansons animales & cacophonie humaine. Op.Cit.*, p.17

⁸⁰² Mâche, F.-B., *Musique au singulier*. Paris: O. Jacob, 2001, p.129

⁸⁰³ *Ibid.*

⁸⁰⁴ Le Moigne, J.-L., *La Modélisation des systèmes complexes, Op.Cit.*, p.76

⁸⁰⁵ Aspects qui font l'objet des chapitres précédents.

⁸⁰⁶ Voir chapitre IV.4

⁸⁰⁷ Voir chapitre II.1.4

⁸⁰⁸ Krause, B., *Chansons animales et cacophonie humaine. Op.Cit.*, p.19

téléologiques en matière de théorie biologique), nous proposons un modèle de l'espace fréquentiel hétérophonique des *CfPS* fondé sur les modes relationnels spectromorphologiques et sur le principe de partitionnement acoustique. Cela exige de perfectionner notre modèle hétérophonique de composition⁸⁰⁹ au moyen d'une schématisation typologique dynamique du paysage sonore, comme il sera exposé ci-après.

V.5.1 Modéliser le profil dynamique des événements sonores

Sur la base des principes exposés au chapitre IV.4.2, tout événement acoustique saillant peut être représenté selon les modes dont son spectre occupe le champ de hauteurs. Puis, à l'aune des conditions de saillance énoncées par Lerdahl, ces modes d'occupation peuvent être mis en relation avec trois critères acoustiques spécifiques, à savoir le timbre, le registre et la densité. Ces trois critères étant à la base de la perception du timbre — et donc des processus de séparation auditive —, nous présentons quelques exemples qui illustrent le processus de représentation analytique du champ de hauteurs des familles typologiques prédominantes⁸¹⁰. En toute logique, le profil dynamique d'un événement sonore est en étroite corrélation avec la variation temporelle du timbre. Comme il ressort de la figure IV.20, nous sommes capable de prospecter toute la progression d'un événement sonore à l'aide de notre dispositif de segmentation par description acoustique (détaillé au chapitre IV.3). Cela est dû au fait que la description acoustique multidimensionnelle d'un événement sonore met en relief les différentes étapes de son profil dynamique, étant donné que chaque paramètre en dénote une évolution distincte.

⁸⁰⁹ Ce modèle est structuré sur un ensemble de règles combinatoires appliquées à des éléments typologiques discrets. Les questions relatives à la modélisation poétique de l'espace hétérophonique seront abordées en détail dans la cinquième partie de ce mémoire de thèse.

⁸¹⁰ Il convient de signaler que, complémentirement, le *processus de représentation systémique* du paysage sonore constitue le thème central de la partie suivante.

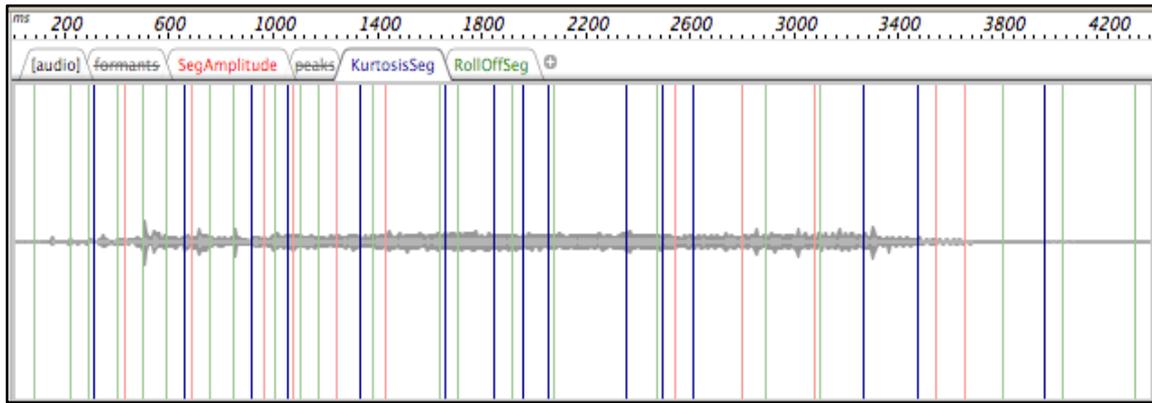


Figure IV.20 Segmentation audio par description acoustique multidimensionnelle

Les outils développés nous permettent de cibler les instants caractéristiques d'un événement sonore (l'instant étant lié à la phase temporelle qui détermine le profil dynamique d'un événement sonore donné), à l'aide d'une description unidimensionnelle de la distribution de l'énergie spectrale. La description de la distribution spectrale comprend principalement trois dimensions acoustiques : l'amplitude, le point de roll-off et l'acuité spectrale. Dans la figure IV.21 ci-dessous, nous pouvons distinguer trois représentations unidimensionnelles ayant trait à la répartition de l'énergie dans le spectre sonore, à savoir l'amplitude (en haut), le point de roll-off (au milieu) et l'acuité spectrale ou *kurtosis* (en bas). En ce qui concerne le modèle référentiel d'instanciation (voir annexe 7 3), nous inférons que l'amplitude dénote les points angulaires caractéristiques d'un profil, tandis que le point de roll-off et la mesure de l'acuité spectrale sont toutes deux des approximations descriptives qui permettent de rendre compte de l'évolution temporelle de la masse sonore.

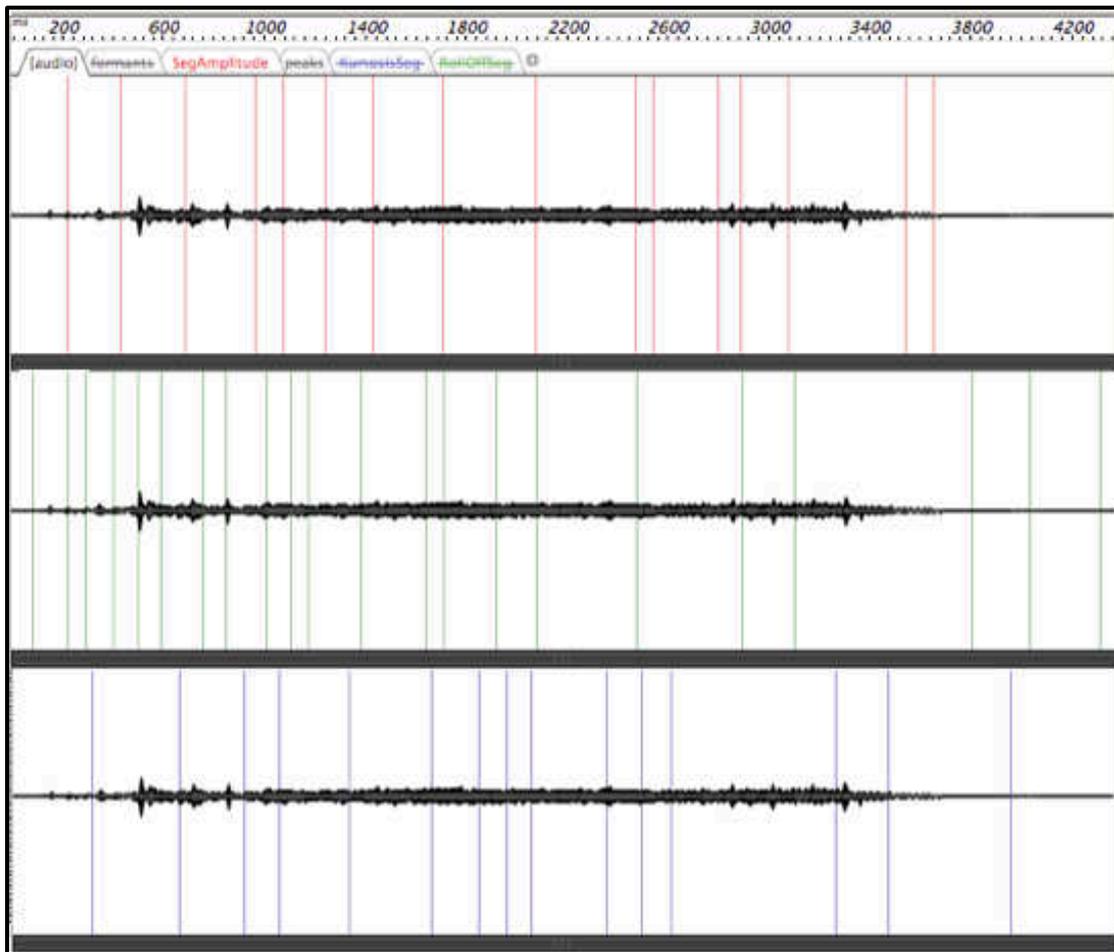


Figure IV.21 Trois dimensions complémentaires permettant de prospecter les phases temporelles qui caractérisent un événement acoustique

Sur cette base, nous sommes en mesure d'étudier l'espace hétérophonique des *CfPS* au moyen d'une caractérisation des événements acoustiques qui vise à organiser l'espace de timbres en familles typologiques. Or, du point de vue systémique, nous considérons qu'il est essentiel aussi de représenter la structure dynamique de ce répertoire, notamment en ce qui concerne les modes relationnels spectromorphologiques, au moyen de techniques de composition axées sur les potentialités d'interaction morphologique et fréquentielle — d'autant plus que, comme le signale Boulez, « au-delà de l'idée de mélange des éléments [...] se situe une dialectique structure-matériau selon laquelle l'une est le *révélateur* de l'autre⁸¹¹ ». Cela suppose donc que la dynamique musicale des *CfPS* ne peut être mis en

⁸¹¹ Boulez, P., *Penser la musique aujourd'hui*, Op.Cit., pp.44-45

évidence qu’au moyen d’une démarche de représentation systémique du paysage sonore — mettant l’accent sur les diverses *particularités du système hétérophonique*.

V.5.2 Méthodes d’instanciation

Compte tenu de ce qui précède, nous voulons discerner un dernier aspect du modèle hétérophonique (au niveau des fréquences) que nous proposons. Étant donné que les événements sonores sont déterminés par leur *espace de timbres*⁸¹², nous estimons approprié que, en règle générale, le paysage sonore et les familles typologiques soient représentées selon les conditions de saillance à *deux niveaux*⁸¹³. Cela veut dire que, en fonction de la temporalité que l’on veut représenter, le modèle hétérophonique doit être orienté vers une description de pics de fréquence, tantôt au niveau *macro*, tantôt au niveau *micro*. Cela sous-entend deux méthodes d’instanciation, à savoir a) la méthode d’instanciation simple (voir figure IV.22), où l’analyste cherche à caractériser la phase temporelle distinctive d’un événement (notamment l’attaque), ou b) la méthode d’instanciation composite (voir figure IV.23), où l’analyste vise à particulariser deux ou trois moments déterminant la nature acoustique d’un événement.

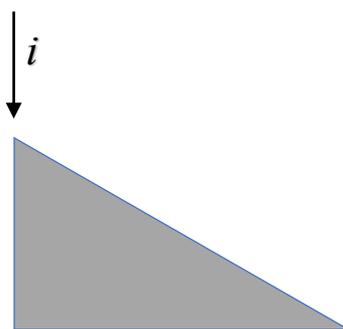


Figure IV.22 Instanciation simple d’un événement sonore type

⁸¹² Voir chapitre II.2.6

⁸¹³ Voir chapitre III.6.2

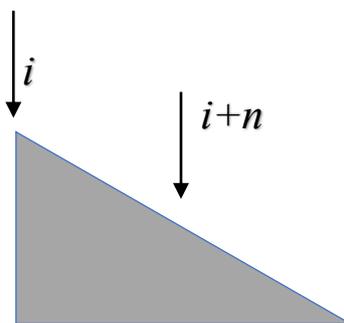


Figure IV.23 Instanciation composite d'un événement sonore type

Sur cette base, nous devrions être en mesure de modéliser l'espace hétérophonique des CfPS sous deux angles temporels différents :

a) un premier angle, selon lequel nous représentons l'espace hétérophonique en tant que système macro d'interaction entre les diverses familles typologiques. Ici, la temporalité représentée est en lien avec la forme musicale de l'œuvre analysée ;

b) un deuxième angle, selon lequel l'espace hétérophonique est interprété particulièrement au niveau micro, dans le but de représenter les changements internes que subit chaque famille typologique — en accord avec les phases temporelles distinctives.

Dans cette optique, il nous est possible de représenter l'espace hétérophonique des CfPS au moyen d'un modèle à double temporalité — c'est-à-dire, à l'aide d'un schéma qui admet la coexistence entre a) une temporalité exogène, propre au système macro d'interaction, et b) une temporalité endogène, propre aux instants où se produisent des discontinuités⁸¹⁴. La représentation qui résulte de cette caractérisation du paysage sonore peut alors nous conduire à une réflexion esthétique sur les stratégies de composition musicale fondée sur le paysage sonore, en ce qu'elle utilise, comme unités (syntaxiques) d'entrée, le profil dynamique des événements sonores, les dimensions paramétriques de la masse sonore et les modes relationnels spectromorphologiques.

Enfin, les méthodes d'analyse harmonique présentées au chapitre V.4 se correspondent bien aux modèles temporels de représentation de l'espace hétérophonique : au niveau macro, l'analyse harmonique diachronique a pour résultat une représentation très générale de l'espace fréquentiel global — traçant une sorte de trajectoire simplifiée des événements

⁸¹⁴ Nous renvoyons le lecteur à la troisième partie de ce mémoire de thèse.

sonores saillants, alors que, au niveau micro, la méthode de prospection harmonique synchronique met en exergue le caractère central du système hétérophonique du paysage sonore, par le biais d'une représentation approximative de la complexité interne desdits événements, dans le domaine des fréquences.

Conclusion de la quatrième partie

Le caractère musical que l'écoute de l'environnement sonore véhicule — sous forme de paysage sonore, donne lieu à la mise en place d'une pratique de composition musicale fondée sur le paysage sonore. Cette pratique suppose la coexistence d'entités musicales indépendantes, susceptibles d'être manipulées au niveau poïétique, dans une logique *syntaxique* d'agencement sonore-musical. Nous avons formulé l'hypothèse que, dans ce contexte, le paysage sonore peut être appréhendé en tant que système hétérophonique complexe associant des unités sonores autonomes et distinctes. De même, nous avons avancé l'idée que ce système acoustique peut être exploré au moyen d'une caractérisation typologique des événements sonores, axée sur la décomposition harmonique de l'espace de timbres en signaux élémentaires.

D'après le modèle de transfert⁸¹⁵, l'imbrication entre le son et l'espace s'explique en ce que le son assure la médiation entre les événements sonores et l'environnement. En revanche, pour ce qui est de la théorie des niches écologiques, cette imbrication s'explique plutôt par l'organisation cohérente des événements acoustiques selon des lignes établies de partitionnement de l'espace acoustique⁸¹⁶. Partant du principe phénoménologique (centré sur l'écoute) que l'environnement sonore s'organise sous forme de système acoustique hétérophonique, tant au niveau esthétique qu'au niveau poïétique, nous avons proposé un modèle de représentation de l'espace sonore qui se fonde largement sur la méthode analytique par décomposition harmonique en séries de Fourier. Pour cela, nous avons introduit plusieurs critères faisant intervenir les dimensions étymologique, historique, praxéologique et épistémologique autour de la notion d'harmonie — quoique de manière succincte (chapitre V.2). En ce qui concerne la définition étymologique de la notion d'harmonie (chapitre V.2.1), nous avons constaté que, dans le domaine de la musique, son utilisation laisse un espace d'interprétation assez large pour déterminer la pertinence de son utilisation dans l'affaire qui nous occupe. En particulier, compte tenu que, même si la *pluralité* est essentielle à l'harmonie du point de vue ontologique, les interprétations musicologiques se fondent plutôt sur l'application de l'*unité* au multiple — notamment depuis le début du XVIII^e siècle. Par conséquent, dans une perspective historique, nous avons énoncé les positionnements théorico-musicologiques les plus significatifs de

⁸¹⁵ Exposé au chapitre II.2.3

⁸¹⁶ Krause, B., « Bioacoustics : habitat ambiance in ecological balance » .*Whole Earth Review* Vol. 57, 1987, pp.14-18. Voir aussi Krause, B., *The Great Animal Orchestra. Finding the Origins of Music in the World's Wild Places*, New York : Little, Brown and Company, 2012, pp.106-135.

l'époque dite *contemporaine*⁸¹⁷, relatifs à l'usage du concept d'harmonie dans sa portée praxéologique (chapitre V.2.2). Du point de vue épistémologique, la compréhension analytique des diverses théories musicales se voit interrogée par la méconnaissance des mécanismes physiologiques impliqués dans la perception de l'harmonicité du son — notamment avec les travaux de Helmholtz, au tournant du XIX^e siècle. De même, elle se voit questionnée par la difficulté de fournir des éléments clairs concernant la nature physique des phénomènes sonores complexes, ce qui élargit le fossé qui sépare l'approche musicologique résonantielle de l'approche scientifique fondée sur la notion de consonance. Compte tenu de ces difficultés gnoséologiques — exposées au chapitre V.2.3, nous avons retracé les principes essentiels de représentation et de désagrégation des signaux acoustiques, contemplés dans les travaux du mathématicien Joseph Fourier (chapitre V.2.4).

Sur cette base, nous avons abordé des questions d'ordre pratico-technique, telles que la discrétisation, l'échantillonnage et la représentation des flux audio (chapitre V.2.5) ; les techniques de fenêtrage et l'effet de palissade (chapitre V.2.6), en vue de rendre possible la prospection harmonique des événements acoustiques qui structurent le paysage sonore au sein des *CfPS*. Sur la base de ces questions, nous avons par la suite problématisé les techniques de décomposition acoustique par séries de Fourier, en tenant compte de la complexité temporelle des processus de représentation mentale du système hétérophonique qu'est le paysage sonore (chapitre V.3). Étant donné que, en accord avec l'identité d'Euler, les signaux acoustiques complexes peuvent être représentées comme une somme de signaux élémentaires, le calcul des coefficients de Fourier permet d'analyser l'espace timbrique des événements acoustiques saillants.

En partant de l'idée que le paradigme *harmonique* constitue un modèle d'analyse éprouvé pour expliquer la structure complexe d'un phénomène acoustique — dans le domaine des fréquences, l'ensemble de chapitres (V.3.1 — V.3.4) rend compte de la méthodologie retenue pour représenter l'espace hétérophonique des *CfPS*. Cette méthodologie permet une évaluation objective de la composition fréquentielle du spectre sonore, en même temps qu'elle autorise une représentation musicale des signaux élémentaires, sous forme de *structures connexes*⁸¹⁸ à valeur syntaxique, comme nous le verrons plus loin.

⁸¹⁷ C'est-à-dire, depuis 1789

⁸¹⁸ Riotte, A., *Formalismes et modèles musicaux*, Paris : Collection musique et Science, 2006, pp.53-55. Nous aborderons vastement ce sujet dans la partie suivante de ce mémoire de thèse.

En guise de clôture, nous avons présenté un schéma de représentation typologique du paysage sonore qui tient compte des conditions de saillance, et donc des méthodes d'instanciation des événements acoustiques caractéristiques. Ce dispositif de représentation sera détaillé dans la partie suivante de ce mémoire, consacrée à la modélisation poïétique des systèmes hétérophoniques et aux stratégies de composition musicale.

Quatrième interlude

« Entre le domaine réel, discontinu du monde instrumental, et l'éventuel domaine continu du monde électronique (appelons-le ainsi par commodité, tout en précisant qu'il peut ou non avoir recours à la transformation instrumentale, ou à l'organisation par ordinateur) [...], il faut probablement placer les jalons de la perception. C'est elle qui nous permettra de prévoir l'évolution du timbre, le passage d'un timbre à l'autre, les seuils de la perception dans la ressemblance ou la différence. Bref, ces jalons nous permettront d'*ordonner* le matériau existant, et de prévoir avec plus ou moins de précision l'*ordre* d'un matériau encore inexploré. Non pas que cet ordre doive rester immuable, et rester comme une classification contraignante. Cet ordre est, au contraire, lié au projet de composition : il utilise certains parcours de timbres dont la structure est fonction de l'organisation de l'œuvre. Par rapport à cette prévision, l'œuvre réalise la transgression, prenant en charge certains aspects de préférence à d'autres, développant en cours de route des schémas et des rapports dus à la découverte de l'instant⁸¹⁹ ».

Nous considérons que les processus d'écriture musicale sont susceptibles de contribuer au développement de connaissances utiles à la compréhension du système sonore écologique qui s'établit dans la relation entre les événements de l'environnement sonore.

Dans la prochaine partie, il est question de mettre en évidence les différentes manières de formaliser et de représenter le champ hétérophonique que constitue le paysage sonore, ainsi que les divers modes de relation spectromorphologique qui particularisent le répertoire des *CfPS*. Pour ce faire, nous présentons en détail les méthodes d'écriture et d'interprétation utilisées lors du processus de création musicale.

⁸¹⁹ Boulez, P., *Leçons de musique*, coll. Musique/Passé/Présent, Paris : Christian Bourgois Éditeur, 2005, pp.98-99

Cinquième Partie

VI. Modéliser le système hétérophonique des *CfPS*

Représenter la structure hétérophonique des *CfPS* exige de retracer les événements sonores saillants et leur évolution à l'aide d'un modèle opératoire possédant des propriétés analogues au système complexe qu'est le paysage sonore. Dans les chapitres précédents, nous avons détaillé les concepts de base de notre travail de recherche musicologique et de développement informatique servant à guider le processus d'analyse et de modélisation des *CfPS* dans le domaine des fréquences. Nonobstant, la démarche de recherche que nous avons décrit jusqu'à présent ne rend compte que d'une partie du processus de recherche-crédation qui donne forme à notre travail de thèse : le processus auquel nous avons affaire est un processus dialogique⁸²⁰, axé sur deux volets fondamentaux, à savoir a) la dimension prospective théorico-conceptuelle de la recherche musicologique, et b) la dimension poétique-artistique axée sur une pratique expérimentale de création musicale. Dans sa dimension poétique, ce processus a été constamment guidé par des considérations d'ordre pratique liées à une volonté explicite d'écriture musicale nous permettant d'évaluer et d'affiner les concepts, les méthodes et les outils d'analyse selon leur pertinence opératoire⁸²¹.

Cette partie est consacrée tout particulièrement à la présentation détaillée des diverses étapes de modélisation poétique et de représentation musicale. Dans ce contexte, nous entamons cette dernière section par un premier chapitre dédié à l'explicitation de ce que nous entendons par modélisation poétique et par champ hétérophonique dans le domaine de l'écriture musicale (chapitre VI.1), ainsi qu'à la caractérisation du paysage sonore en tant que système complexe. Cela part du principe que celui-ci peut être envisagé en tant que forme musicale cohérente — selon la stratégie d'écoute adoptée par l'auditeur⁸²², et que, de ce fait, les événements sonores peuvent quant à eux être représentés en tant

⁸²⁰ Par dialogique, nous entendons avec Edgar Morin ce principe sur lequel on cherche à comprendre la complexité comme étant « l'union de la simplicité et de la complexité ». Morin, E., *La vie de la vie*, Paris : Seuil, 1980, p.389

⁸²¹ Il s'agit de la quête de pertinence musicale répondant notamment à des critères pragmatiques — c'est-à-dire d'efficacité dans l'implémentation de systèmes d'écriture musicale —, et praxéologiques — ayant trait à la production du sens musical, vis-à-vis des problématiques soulevées lors de la recherche conceptuelle.

⁸²² Voir les conclusions à la première partie de ce mémoire de thèse.

qu'organismes autonomes faisant partie d'un processus d'organisation active — ou organis-action⁸²³, au niveau poïétique.

Sur la base de ce cadre conceptuel, nous présentons une série de cinq compositions musicales conçues durant les diverses étapes concluantes d'analyse et de développement informatique, tout en mettant en évidence un petit nombre de techniques et de stratégies de création musicale prospective, le but étant de mettre en exergue les procédés par lesquels, de manière progressive, nous avons établi un monologue constructif entre la recherche, le développement informatique et la création musicale. Plus précisément, nous présentons la composition « Chant elliptique N°2 » pour harpe celtique et électronique (chapitre VI.1.2), visant à illustrer la méthode liminaire de représentation musicale que nous avons mise en forme au cours de la première étape de recherche/création, sur la base d'un système de représentation musicale axée sur la mise en place d'une grille de distribution hétérophonique. Ensuite, nous avançons un modèle d'écriture musicale fondé sur un système hétérophonique d'engendrement harmonique et de synthèse sonore additive — ayant servi de base à la composition de la pièce « La rugosité de la nuit » pour accordéon et dispositif électroacoustique (chapitre VI.2), ainsi qu'un modèle d'écriture musicale centré sur l'alternance de collections typologiques, issues de l'analyse harmonique des familles typologiques prépondérantes.

Complémentairement, nous présentons un dispositif de modélisation hétérophonique fondé a) sur l'analyse des événements sonores saillants typiques⁸²⁴, et b) sur le décodage des modes relationnels ayant lieu dans le système d'organisation qu'est le paysage sonore⁸²⁵, strictement dans le domaine des fréquences. De ce point de vue, la question se pose de savoir quelle est la manière la plus adéquate pour interpréter la nature hétérophonique d'un paysage sonore : nous formulons l'hypothèse que c'est essentiellement dans les processus syntaxiques et opératoires d'agencement sonore et de manipulation électroacoustique que la nature hétérophonique d'un paysage sonore peut être dévoilée. Dans ce contexte, nous présentons quelques modèles d'écriture musicale hétérophonique, dont notamment un système d'agencement par superposition de collections typologiques — avec pour objectif de représenter syntaxiquement la transformation dynamique des champs hétérophonique.

⁸²³ Entendue comme « l'action (et le résultat de cette action) de maintenir, de relier, de produire et de transformer [...] ». Banywesize, E., *Le complexe. Contribution à l'avènement de l'organisation chez Edgar Morin*, Paris : L'Harmattan, 2007, p.9. Nous abordons ce sujet en détail au chapitre VI.2

⁸²⁴ Selon la méthodologie présentée dans la deuxième partie de ce mémoire de thèse. Pour approfondir, voir chapitres III.2 et III.4

⁸²⁵ Nous renvoyons le lecteur au chapitre IV.4.3 de ce mémoire de thèse.

Ce système est à la base de la composition « Turgescences » pour flûte, mandoline et guitare, que nous présentons au chapitre VI.2.1. En outre, nous présentons quelques résultats issus de l'analyse harmonique d'événements acoustiques caractéristiques, notamment en partant de l'idée que c'est au niveau poïétique que la représentation des modes d'interaction spectromorphologique peut être déduite et modélisée. Parallèlement, nous montrons comment ces résultats ont été exploités syntaxiquement lors du processus de composition musicale⁸²⁶ — à savoir, sous forme d'ensembles cohérents discrets dans le domaine des fréquences — permettant ainsi de créer un environnement hétérophonique qui dépeint les modes relationnels spectromorphologiques observés dans le répertoire des CfPS.

En sus de ce qui précède, nous présentons quelques aspects relatifs aux stratégies d'écriture musicale axées sur la représentation fréquentielle des événements structurant le répertoire analysé. Sur la base d'une évaluation des limitations et des besoins pour chaque cas de modélisation et de composition, nous abordons diverses problématiques concernant les techniques d'instanciation et de décomposition harmonique employées lors du processus d'analyse et modélisation (chapitre VI.3). Pour illustrer davantage ces points, nous présentons la composition « Estambre urdido » pour ensemble de cinq percussionnistes⁸²⁷, ainsi que nous détaillons l'adaptation de quelques modules de correction et d'optimisation pour l'analyse harmonique (chapitre VI.3.2) et pour la représentation discrétisée du profil dynamique (chapitre VI.3.3). Enfin, au chapitre VI.4 nous revenons sur la question de la représentation syntaxique des modes d'interaction spectromorphologique au niveau poïétique, en tenant compte notamment de la représentation musicale des familles typologiques prédominantes et des enjeux de la théorie des niches écologiques dans le processus d'écriture instrumentale. Nous décrivons le processus de composition de « Épenthèse » — pièce pour clarinette basse et harpe à pédales, composée selon un modèle de convergence dynamique de plusieurs collections fréquentielles.

⁸²⁶ Notre parti pris est de cerner les valeurs fréquentielles élémentaires déterminant la musicalité d'un champ hétérophonique fondé sur le paysage sonore. Pour ce faire, nous prenons appui sur la structuration d'un système syntaxique d'écriture musicale.

⁸²⁷ Pièce sélectionnée dans le cadre du XIII Festival Ecuatoriano de Música Contemporánea, et créée au Théâtre Nacional Sucre, à Quito – Équateur le 13 septembre 2017.

VI.1 Modélisation poïétique et écriture musicale

Dans ce travail de thèse, nous identifions l'écriture musicale comme l'opérateur syntaxique permettant de représenter la nature hétérophonique des CfPS. Dans ce sens, tant le processus de symbolisation de l'espace hétérophonique que celui d'invention musicale reposent sur la caractérisation de valeurs instanciées et quantifiées dans le domaine des fréquences. Cette conception est mise en exergue par la notion de modèle poïétique que nous avançons : il s'agit d'un processus de modélisation dont l'issue est à la fois musicologique et compositionnelle. Examinons ce point.

Pour ce qui est du premier critère, nous constatons avec Olivier Lartillot et Gérard Assayag que « l'auditeur ne perçoit généralement d'une œuvre musicale qu'une partie de sa grande complexité structurelle, et ne peut rendre compte de manière explicite qu'une fraction encore plus réduite⁸²⁸ ». Alors, l'une des tâches essentielles de la musicologie est « [...] d'entreprendre une compréhension et une explicitation de la complexité du phénomène musical par l'intermédiaire de formalisations et de schématisations⁸²⁹ ». Dans ce but, nous visons à formaliser le processus d'écoute musicale des CfPS par le biais d'une caractérisation typologique des unités musicales — axée sur la structure morphologique des matériaux saillants, compte tenu des critères d'articulation aux niveaux macro et micro. Puis, nous partons du principe que « la mémoire vivante de l'écoute [...] est associative, et [qu'elle] peut faire jaillir à tout moment des relations pertinentes d'analogie entre ses éléments⁸³⁰ ». Alors, dans le but de reconstituer la nature analogique des événements sonores, nous proposons : a) une formalisation des matériaux pertinents dans le domaine des fréquences (niveau micro), et b) une modélisation fonctionnelle des propriétés contextuelles du système complexe qu'est le paysage sonore (niveau macro).

Notre modèle repose donc sur la production de systèmes discrets d'écriture musicale dont le but essentiel est d'opérer une réduction sur les matériaux qui nous sont donnés⁸³¹, l'objectif étant de discrétiser les éléments et les paramètres à valeur syntaxique. De façon complémentaire, l'opérativité de ces systèmes est mise à l'épreuve dans le processus de

⁸²⁸ Lartillot, O. et Assayag, G., « Modélisation et simulation du système complexe de perception de structures musicales », In Ayari, M. (éd. scientifique), *De la théorie de l'art de l'improvisation. Analyse de performances et modélisation musicale*, N°1, Paris : Delatour France, 2006, p.237

⁸²⁹ *Ibid.*

⁸³⁰ *Ibid.*, p.243

⁸³¹ Cf. Boulez, P., *Leçons de musique. Points de repère III. Deux décennies d'enseignements au Collège de France (1976-1995)*, Christian Bourgois (éd.), Collection Musique / Passé / Présent, 2005, pp.600-636

restitution du paysage sonore en tant que système hétérophonique. Dans ce sens, le modèle que nous proposons prend appui sur la correspondance entre la formalisation d'unités musicales discrètes et la/les stratégie/s d'écriture musicale : si, d'une part, le processus analytique se fonde sur le repérage et la représentation de saillances dans le domaine des fréquences, d'autre part, le processus d'invention musicale vise à leur conférer une pertinence syntaxique-musicale, compte tenu de leur niveau de prégnance — ou « effet prégnantiel » pour reprendre l'expression qu'emploie René Thom⁸³².

Comme le signale Miguel Espinoza⁸³³, « l'ontologie des saillances et prégnances manifeste le lien étroit qui existe entre l'organisme et l'environnement⁸³⁴ ». La prégnance est donc « le caractère spécifique de ces formes significatives qui agissent comme des forces [...] »⁸³⁵ ; elle exprime les capacités d'attraction, de réaction et/ou d'interaction d'une forme saillante. Dans ce contexte, le compositeur doit opérer des choix quant à la justesse de la représentation syntaxique et de l'interprétation poïétique des CfPS, en même temps qu'il est tenu de mettre en évidence l'aspect fonctionnel des éléments qui structurent le paysage sonore. Pour ce faire, le processus de modélisation poïétique accorde une grande importance aux dispositifs d'agencement musical dans le temps, notamment en ce qui concerne la cohérence entre les diverses collections de fréquence représentant la phase temporelle des événements sonores caractéristiques et leur mise en commun. Comme nous le verrons ci-après, ce modèle poïétique présente plusieurs facettes — en fonction de l'évolution de notre recherche, en même temps qu'il répond au besoin de disposer d'un système cohérent et dynamique d'écriture hétérophonique susceptible de formaliser la nature hétérophonique des CfPS.

VI.1.2 Modèle poïétique du champ hétérophonique

Existe-t-il une relation entre l'espace de timbres et le champ hétérophonique ? Alors que nous avons défini le champ hétérophonique comme un système de coexistence acoustique dont l'organisation n'est discernable qu'à partir du degré de particularisation des unités

⁸³², Thom, R., *Esquisse d'une Sémiophysique*, *Op.Cit.*, p.20.

⁸³³ Département de philosophe de l'Université de Strasbourg. Fondateur du Cercle de Philosophie de la Nature (2008), et directeur de la revue *Scripta Philosophiæ Naturalis*.

⁸³⁴ Espinoza, M., *Les mathématiques et le monde sensible. René Thom : de la théorie des catastrophes à la métaphysique* (essai N° VI), Paris : Ellipses, 1997, p.9

⁸³⁵ *Ibid.*

acoustiques (chapitre V.1), l'espace de timbres se réfère quant à lui aux dimensions phénoménologique et acoustique des événements qui intègrent ce champ hétérophonique (chapitre II.2.5). Par ailleurs, nous sommes partis de l'hypothèse gestaltiste que le système hétérophonique des *CfPS* peut être vu comme un système complexe d'associations d'unités sonores autonomes et distinctes (chapitre V.1), et, de ce fait, nous considérons que c'est dans l'espace de timbres — « espace où les attributs perceptifs du fait sonore émergent⁸³⁶ », que se trouvent les fondements pour aborder un processus syntaxique de modélisation poïétique. Comme nous l'avons vu précédemment, Murray Schafer soutient que « le premier travail lorsqu'on analyse un paysage sonore est d'en relever les caractéristiques, les sons qui s'y distinguent soit par leur individualité, soit par leur nombre, soit par la domination qu'ils exercent⁸³⁷ ». Il s'en suit que tout matériau saillant sera identifié dans un paysage sonore de par ses caractéristiques contextuelles. Or, du point de vue acoustico-sonore, il convient de se demander comment déterminer, de façon certaine, la pertinence des caractéristiques et des catégories sonores.

En partant du principe qu'un son unique « possède des qualités qui le font tout particulièrement remarquer⁸³⁸ », et compte tenu du fait que « le timbre est un ensemble d'attributs perceptifs qui émergent d'un groupe de composants acoustiques perçus comme appartenant à un même événement sonore⁸³⁹ », il devient évident que c'est sur la base d'un processus de reconnaissance et de différenciation des événements sonores caractéristiques que l'étude acoustico-sonore de l'environnement peut avoir lieu. Donc, nous proposons dans ce qui suit de procéder à une modélisation poïétique du champ hétérophonique des *CfPS* — centrée sur l'analyse de l'espace de timbres. Pour cela, nous présentons un schéma qui résume les étapes de notre démarche d'analyse/modélisation — fondée sur l'identification et la catégorisation des événements sonores saillants⁸⁴⁰, dans le but ultime de représenter l'environnement d'organisation hétérophonique dans le domaine des fréquences (tableau VI.1).

⁸³⁶ J. Krimphoff (*al.*), *Caractérisation du timbre des sons complexes*, *Op.Cit.*, pp.625-628. Nous renvoyons le lecteur au chapitre II.2.5 de ce mémoire de thèse

⁸³⁷ Schafer, M., *Le paysage sonore... Op.Cit.*, p.31

⁸³⁸ *Ibid.*, p.32

⁸³⁹ McAdams, S., *Perception et cognition de la musique*, *Op.Cit.*, p.75. C'est nous qui soulignons

⁸⁴⁰ Cf. chapitre II.2.5

<i>Étape 1</i>	<i>Étape 2</i>	<i>Étape 3</i>	<i>Étape 4</i>
Identification perceptive	Classification typologique	Analyse des résultats	Composition musicale
Marquage des saillances	Classification des sources	Échantillonnage des familles typologiques	Consolidation d'une collection de fréquences
Caractérisation des événements saillants	Classification typomorphologique	Instanciation et analyse harmonique synchronique	Stratégies de modélisation à l'égard des modes relationnels
Analyse paradigmatique	Description acoustique	Analyse diachronique	Écriture musicale

Tableau VI.1 Schéma du processus dialogique de recherche/création

En outre, comme l'affirme le compositeur Horacio Vaggione⁸⁴¹, un fait acoustique est toujours un fait musical en ce que celui-ci constitue un produit des opérations compositionnelles. Cette affirmation soulève un certain nombre de questions, notamment « quant aux échelles temporelles sur lesquelles effectuer des opérations musicales⁸⁴² ». Du point de vue du compositeur, les opérations d'intervention musicale sur le paysage sonore sont : a) déterminées par un processus de séparation et de mise en relief des matériaux sonores — au niveau esthésique⁸⁴³, puis b) pratiquées selon des techniques électroacoustiques de manipulation sonore et d'agencement musical. Alors, afin d'évaluer les critères musicaux à privilégier pendant la mise en œuvre d'une *CfPS*, nous proposons d'approfondir la distinction entre les deux notions centrales ayant trait aux échelles temporelles d'opération musicale, à savoir 1) la notion d'espace de timbres, et 2) la notion de champ hétérophonique.

- 1) La notion d'espace de timbres renvoie à l'univers micro-structurel du son, et donc à l'ensemble de propriétés acoustiques au niveau spectral. Comme nous l'avons vu plus haut (chapitre II.2.5), il s'agit d'un espace dans lequel on peut représenter la

⁸⁴¹ Soulez, A. et Vaggione, H., « Composer, écouter », In Solomos, M. (sous la dir.), *Espaces composables. Essais sur la musique et la pensée musicale d'Horacio Vaggione*, Paris : L'Harmattan, 2007, p.156.

⁸⁴² *Ibid.*

⁸⁴³ Ce sujet a été amplement abordé dans la première partie de ce mémoire de thèse, notamment aux chapitres II.1.4 et II.1.5.

contiguïté ou dissimilitude qui existe entre de diverses sources sonores, sous forme de distance. En tout état de cause, cette notion suppose une stabilité qui échappe aux fluctuations des modes de relation spectromorphologique, et donc elle admet une certaine pérennisation des particularités d'un événement sonore précis — auquel cas l'événement en question résiste aux changements du milieu⁸⁴⁴.

- 2) Le champ hétérophonique suppose quant à lui une étendue virtuelle⁸⁴⁵ dans le domaine des fréquences. Cela est dû au fait qu'« un champ [...] n'évolue pas dans l'espace ordinaire, mais dans un espace abstrait qui en constitue une généralisation⁸⁴⁶ ». Dans cette perspective, la notion de champ hétérophonique débouche sur une conception macroscopique de l'environnement sonore et réclame la mise en place d'un système hiérarchique mettant l'accent sur les modes de relation spectromorphologique.

En ce qui concerne la représentation musicale de ces deux aspects, nous avançons un modèle permettant d'évaluer les conditions d'agencement sonore dans le domaine des fréquences, strictement au niveau poïétique. Pour en tenir compte et pour envisager les modes d'adaptation du système hétérophonique des CfPS dans le domaine de l'écriture musicale, nous présentons ci-après quelques compositions musicales réalisées dans le cadre de ce travail de recherche/création. L'activité compositionnelle ayant été conçue tant comme une phase de production artistique que comme une étape de mise à l'épreuve en ce qui concerne la pertinence musicale des analyses présentées, nous illustrons pour continuer les diverses phases de cette procédure à partir de quelques exemples d'ordre syntaxique-musical.

VI.1.2 Le paysage sonore en tant que système complexe

Peut le paysage sonore être conçu comme un système complexe ? Comme nous l'avons vu au chapitre II.1, nous partons du principe que le paysage sonore présuppose la concomitance entre deux niveaux de la sémiologie musicale : le niveau esthétique et le

⁸⁴⁴ Nous abordons cette question au chapitre VI.4.3

⁸⁴⁵ Compte tenu des limitations temporelles quant à la connaissance intégrale du champ hétérophonique, il en résulte une étendue virtuelle en ce qu'elle est à l'état de simple possibilité.

⁸⁴⁶ Klein, E. et Lachièze-Rey, M., *La quête de l'unité. L'aventure de la physique*, Paris : Éditions Albin Michel S.A., 1996, p. 104

niveau poïétique⁸⁴⁷. Au niveau esthétique, rapporté à la représentation perceptive, le paysage sonore contient une « musicalité intrinsèque » qui transcende toute réduction de l'écoute, tout en permettant de comprendre le fait sonore comme un phénomène dynamique rapporté à l'environnement. À ce niveau, celui-ci équivaut en partie à un système complexe, en ce sens que ce dernier « [...] est la représentation active sur laquelle on va raisonner pour anticiper les conséquences des projets d'actions à entreprendre⁸⁴⁸ », ce qui est indissociable de la notion d'écoute esthétique⁸⁴⁹, celle-ci rapportée à une logique paradigmatique d'organisation cognitive. Or, au niveau poïétique, le paysage sonore se pose comme entourage opératoire⁸⁵⁰ dans lequel les divers événements sont reconnus comme des phénomènes susceptibles de se transformer et de s'organiser dans le temps, dont résulte un agencement qui « n'est pas un objet, une chose invariante indépendante de son observateur [mais qui] exprime à la fois, inséparablement, l'action, l'acteur et la transformation temporelle de l'acteur⁸⁵¹ ».

De ce point de vue, « la complexité de l'organisation ne s'identifie pas par l'enchevêtrement des rouages ou des composants d'une structure [...], [mais] par l'imbrication présumée intelligible des multiples actions qu'elle assure, transitives et récursives, au fil du temps⁸⁵² ». Il est donc clair que le paysage sonore se pose comme étant un système complexe imbriquant l'écoute esthétique de l'environnement sonore et le caractère opératoire qui relève de l'ensemble de stratégies de composition fondée sur le paysage sonore. Au surplus, nous devons prendre en considération que, comme le signalent les musicologues Olivier Lartillot et Gérard Assayag, « le fruit de l'écoute n'est apprécié de l'auditeur, pour une grande part, que de manière purement implicite et émotionnelle. Un grand nombre de jugements opérés lors de l'écoute ne font pas objet d'une réelle explicitation, et contribuent à l'établissement d'une sensation générale, intellectuelle et

⁸⁴⁷ Molino, J., *Le singe musicien. Sémiologie et anthropologie de la musique*, Op.Cit. Nous reprenons cette catégorisation de l'espace perceptif pour mettre en relief la polyvalence du paysage sonore en tant que notion opératoire/non-opératoire.

⁸⁴⁸ Le Moigne, J.-L., *La modélisation des systèmes complexes*, Op.Cit., p.73. C'est nous qui soulignons.

⁸⁴⁹ Avec Joanna Demers (2010), nous pouvons dire qu'il s'agit non pas d'un acte opératoire (qu'elle nomme d'écoute musicale), mais d'une écoute esthétique dans le sens où celle-ci est axée exclusivement sur le caractère suggestif et évocateur du son. Plus précisément (dans la lignée de pensée de John Cage) : « Aesthetic listening resembles the way many listeners hear popular and some non-Western musics. In listening aesthetically as opposed to musically, we may choose to attend to development, or else we may pay only intermittent attention to sound while also attending to other sensory phenomena. Aesthetic listening also acknowledges that nonmusical sounds, the sounds of the outside world, can have aesthetic interest and that we can listen to them for more than simply their informational value. » Demers, J., *Listening through the noise. The aesthetics of experimental electronic music*, New York: Oxford University Press, 2010, p.16

⁸⁵⁰ Nous approfondirons la notion d'entourage opératoire au chapitre suivant.

⁸⁵¹ Le Moigne, J.-L., *La modélisation des systèmes complexes*, Op.Cit., p. 76

⁸⁵² *Ibid.* C'est nous qui soulignons.

émotive, à la fois complexe et floue⁸⁵³». En revanche, si nous tenons compte du fait qu'« un système complexe est, par construction, un système manifestant quelque forme d'autonomie⁸⁵⁴ » et que « l'intelligence d'un système complexe est sa capacité à élaborer et concevoir de façon endogène ou interne ses propres comportements⁸⁵⁵ », nous constatons que le paysage sonore devient appréhensible grâce à l'étude des stratégies de composition fondée sur le paysage sonore.

Par ailleurs, comme le signale Jean-Louis Le Moigne (1999), « nous sommes si accoutumés à raisonner sur la version actualisée, ou instantanée, du modèle d'un phénomène, que nous avons tendance à oublier sa contingence⁸⁵⁶ ». Compte tenu des spécificités d'un système complexe, la question se pose alors de savoir quelle est la contingence d'un processus de modélisation du paysage sonore. Dans ce qui suit, nous allons répondre à cette question d'un point de vue pratique — centré strictement sur le processus de composition musicale. Cela étant, les contingences opératoires seront « [...] comprise[s] comme expression typique, locale, d'un génotype qui à la fois la contraint et la fait émerger dans sa nouveauté⁸⁵⁷ », en même temps qu'elles seront présentées sous forme de stratégies d'écriture musicale fondée sur l'analyse des CfPS. Pour ce faire, nous partons du constat que, au niveau poïétique, le paysage sonore peut être considéré comme un entourage opératoire nous permettant de représenter tant les événements sonores que leurs modes de relation spectromorphologique, strictement dans le domaine des fréquences.

VI.1.3 Modélisation poïétique à partir d'une grille de distribution hétérophonique : Chant Elliptique n°2 pour harpe celtique et électronique

Si, en accord avec Pierre Boulez (2006), nous partons du principe que l'hétérophonie peut être « formée par la superposition de structures parallèles⁸⁵⁸ », alors le paysage sonore peut

⁸⁵³ Lartillot, O. et Assayag, G., *Modélisation et simulation du système complexe de perception de structures musicales*, *Op.Cit.*, p.243

⁸⁵⁴ Le Moigne, J.-L., *La modélisation de systèmes complexes*, *Op.cit.*, p.81

⁸⁵⁵ *Ibid.*

⁸⁵⁶ *Ibid.*, p.92

⁸⁵⁷ *Ibid.*

⁸⁵⁸ Boulez, P., *Techniques d'écriture et enjeux esthétiques*, Jean-Louis Leleu et Pascal Decroupet (éds.), Genève : Éditions Contrechamps, 2006, p.229

être appréhendé en tant que système structurel d'unités syntaxiques superposées⁸⁵⁹. Dans la composition intitulée Chant elliptique n°2 — pour harpe celtique et dispositif électronique⁸⁶⁰, nous avons mis en place une grille de distribution fréquentielle qui représente le champ hétérophonique d'un paysage sonore hypothétique⁸⁶¹. Cette composition, créée en 2016⁸⁶², part de l'hypothèse que le paysage sonore peut être représenté globalement — en accord avec les principes de groupement séquentiel et de proximité au contexte⁸⁶³. En prenant appui sur la notion d'entourage onctique — dont une définition est donnée ci-après —, nous nous sommes proposés de « composer des modèles musicaux capables d'interagir en suivant de façon heuristique des règles prédéfinies [ainsi que de] [...] contrôler ces modèles de façon aussi intuitive que structurée⁸⁶⁴ ».

Dans cette perspective, nous avons établi un système harmonique non octaviant et non tonal — pour reprendre l'expression de Wyschnegradsky⁸⁶⁵, fondé sur la distribution asymétrique des unités syntaxiques dans le domaine des fréquences. Comme il ressort du tableau VI.2, ce système non-tonal est fondé sur un principe primaire que nous appellerons de discontinuité structurelle, axé sur la non-correspondance des octaves musicales et en accord avec la notion d'entourage onctique avancée par le compositeur Jacopo Baboni (2007), selon laquelle « une variable peut prendre des valeurs différentes sans que l'attribution de sens de la variable change⁸⁶⁶ », ce qui en fait une variable opératoire.

⁸⁵⁹ Ces principes ont été énoncés au chapitre IV.4.1

⁸⁶⁰ Voir l'annexe 10.1

⁸⁶¹ À ce propos, il faut préciser que cette pièce a été créée en mars 2016, servant de modèle de référence pour évaluer et développer des outils d'analyse, des dispositifs de modélisation hétérophonique et pour mettre en place des systèmes convenables d'écriture musicale.

⁸⁶² Nous avons eu l'opportunité de présenter cette pièce dans le cadre du projet « modes de jeu », organisé par Alain Bonardi et José Manuel López López de l'Université de Paris VIII en collaboration avec le Conservatoire de Saint Denis. La création a eu lieu à la Maison des Sciences de l'Homme MSH, le 23 mars 2016.

⁸⁶³ Voir chapitre II.2

⁸⁶⁴ Baboni-Schilingi, J., *La musique hyper-systémique : une réponse possible*. Célia Houdart (trad.), Paris : Éd. Mix, 2007, p.92

⁸⁶⁵ Wyschnegradsky, I., *La loi de la pansonorité*, *Op.Cit.*, p.179

⁸⁶⁶ Baboni-Schilingi, J., *Op.Cit.*, pp.97-157

Valeur absolue (note)	\natural	\flat	\sharp
do	3	2	2
ré	4	2	3
mi	3	3	2
fa	2	3	3
sol	4	3	2
la	4	2	2
si	2	2	3

Tableau VI.2 Système musical d’harmonie non octaviant et non tonal —
modélisation liminaire d’un champ hétérophonique à 5 octaves⁸⁶⁷

De ce point de vue, l’entourage ontique que ce système d’écriture assure représente quant à lui l’étendue virtuelle d’un champ hétérophonique “restreint” dans le domaine des fréquences. La figure ci-dessous représente cet entourage ontique sous forme de grille de distribution hétérophonique — ce qui correspond d’ailleurs au mode d’accordage de la harpe, commençant par la note do.



Figure VI.1 Grille de distribution hétérophonique et mode d’accordage — Chant elliptique n°2, Daniel Mancero (2016)

Diverses stratégies de composition sont mises en place pour prospector le champ hétérophonique que nous avons prédéfini. D’abord, compte tenu des spécificités et des limitations techniques de l’instrument, nous divisons l’étendue de la grille en divers régions

⁸⁶⁷ Plus précisément, l’étendue de ce modèle hétérophonique correspond au registre de la harpe celtique.

; puis, nous constituons une solution de continuité⁸⁶⁸ ayant pour but de hiérarchiser les étapes de prospection fréquentielle dans le temps. Comme il ressort des figures VI.2, VI.3 et VI.4, la composition se développe au fur et à mesure que nous imposons une série de contraintes syntaxiques de plus en plus extensives dans le domaine des fréquences.



Figure VI.2 Solution de continuité n°1 par fixation d'intervalles de prospection



Figure VI.3 Solution de continuité n°2 par séquençage de structures intervalliques inférieures

Ce dispositif de prospection fréquentielle est dit extensif en ce qu'il s'étend progressivement sur la totalité de l'ambitus de l'instrument soliste, à mesure que les éléments voisins de la solution n°1 (figure VI.2) sont dévoilés.

⁸⁶⁸ Dans le sens de désagrégation du champ hétérophonique, ce dispositif cherche à prospecter l'espace fréquentiel de manière non-linéaire. Plus précisément, il sert à structurer l'ensemble de la collection de fréquences.



Figure VI.4 Solution de continuité n°3 par séquençage de structures intervalliques supérieures

Une deuxième stratégie de composition consiste à modifier légèrement quelques unités du champ hétérophonique, selon que les conditions de prospection l'exigent. Plus précisément, lorsque nous parcourons l'espace fréquentiel au moyen de dispositifs de prospection — soit par fixation (figure VI.2) ou par séquençage de structures intervalliques (figures VI.3 et VI.4), il se peut que la condition du champ hétérophonique ne soit plus non octaviante⁸⁶⁹. Pour faire face à cette problématique, nous affectons temporairement les valeurs ayant une prépondérance notoire dans la grille de distribution — notamment sol et la bécarré dans l'exemple (voir tableau VI.1), assurant ainsi le bon fonctionnement du système hétérophonique non octaviante.

Complémentairement, un dernier dispositif est présenté en suivant la logique extensive de prospection du champ (voir figure VI.5). Il s'agit d'un mécanisme qui a pour but d'établir des structures par agrégation de fréquences⁸⁷⁰ ainsi que de fixer une valeur commune entre deux octaves lointaines — si bémol dans l'exemple —, tout en évitant d'autres doublures dans l'espace hétérophonique projeté.

⁸⁶⁹ Il suffit de noter le rapport d'octave entre les trois premières valeurs do et de fa# (en ordre ascendant) pour se rendre compte à quel point ces modifications s'avèrent justifiées au regard du développement des solutions de continuité.

⁸⁷⁰ À cet égard, il convient de mentionner que Pierre Boulez emploie le terme de blocs sonores pour faire référence à tout ensemble de hauteurs dont les valeurs restent distinctes une fois rapportées à la même octave. Cela dit, nous considérons que la notion de structure par agrégation de fréquences s'avère plus adéquate pour représenter le champ hétérophonique dont il est question ici. Pour approfondir, voir Boulez, P., *Relevés d'apprenti*, Paris : éd. Seuil, 1966

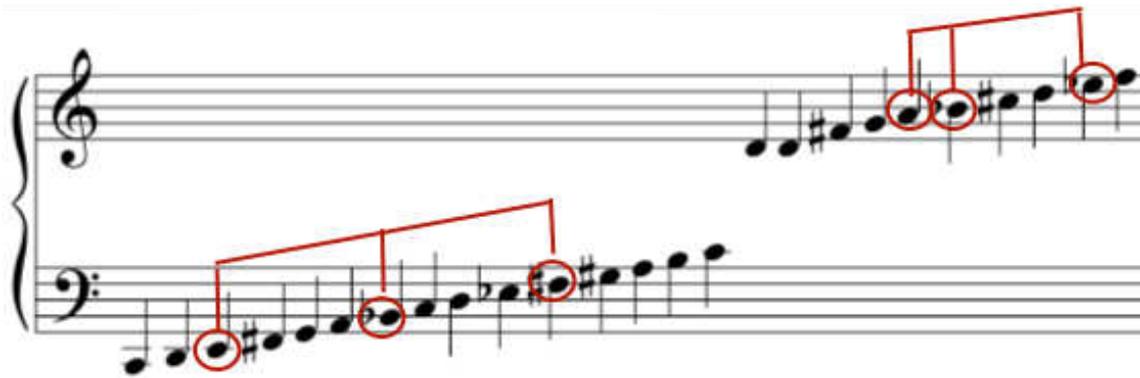


Figure VI.5 Deux structures différentes partageant une valeur commune (si bémol)

Dans ce premier modèle, nous avons essayé d’émuler un champ hétérophonique génératif — c’est-à-dire capable de reproduire des structures semblables, provenant les unes des autres —, en ayant comme base de génération syntaxique l’entourage onctueux représenté à la figure VI.1. Nous renvoyons le lecteur intéressé à l’annexe 10.1.

Complémentairement, nous avons écrit quelques fonctions de transformation sonore fondées sur un dispositif électronique de traitement audio en max/MSP (voir figures VI.6 et VI.7). Comme il ressort des annexes 10.1 et 10.2, les divers traitements de manipulation électroacoustique cherchent notamment à étendre le champ sonore de la harpe, le but étant de créer un environnement immersif dans le fond duquel les diverses générescences sonores se forment pour faire leur apparition⁸⁷¹. Dans cet esprit, l’écriture musicale favorise l’engendrement de textures hétérophoniques de facture imprévisible, à l’aide de quatre dispositifs de manipulation électroacoustique en temps réel, à savoir a) un effet de réverbération shimmer ; b) un module de synthèse additive contrôlé par l’amplitude utile de la harpe ; c) un dispositif de ligne à retard variable, et d) un dispositif de spatialisation 2d⁸⁷².

Pour ce qui est de l’effet de réverbération, nous avons implémenté un petit module de réflexion sonore fondé sur le filtrage des lignes à retard et la modulation de fréquence. Le

⁸⁷¹ Les techniques dont il est question sont fondées principalement sur l’implémentation d’une ligne à retard variable. Nous invitons le lecteur intéressé à consulter et à télécharger la partition et le patch de manipulation électroacoustique dans le lien suivant : www.danielmancero.com/annexes-these

⁸⁷² Ce dernier module a été conçu en ayant recours à la bibliothèque de spatialisation HOA. Nous renvoyons le lecteur à Guillot, P., Paris, E. et Deneu, M, « La bibliothèque de spatialisation HOA pour MasMSP, Pure Data, VST, Faust... », Revue Francophone d’Informatique Musicale, 2013.

principe de ce traitement est de restituer le son de la harpe avec un retard en cascade, dont le résultat sonore est modulé au niveau du timbre.

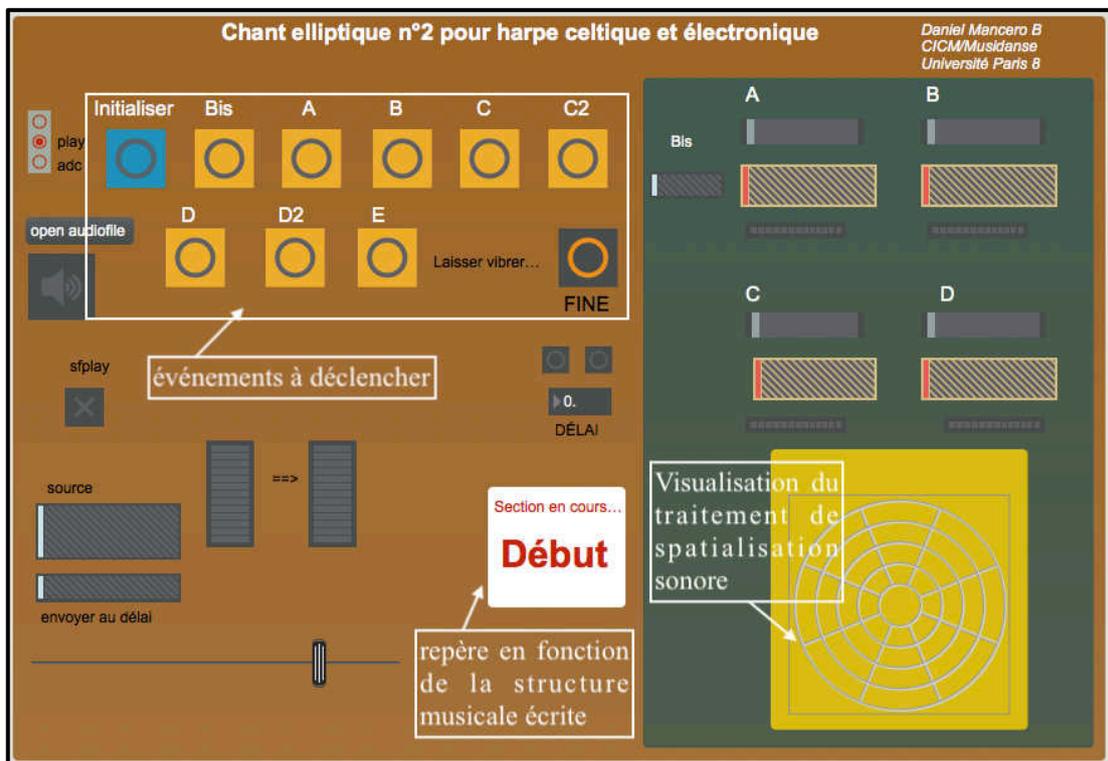


Figure VI.6 Fenêtre de contrôle — Chant elliptique n°2

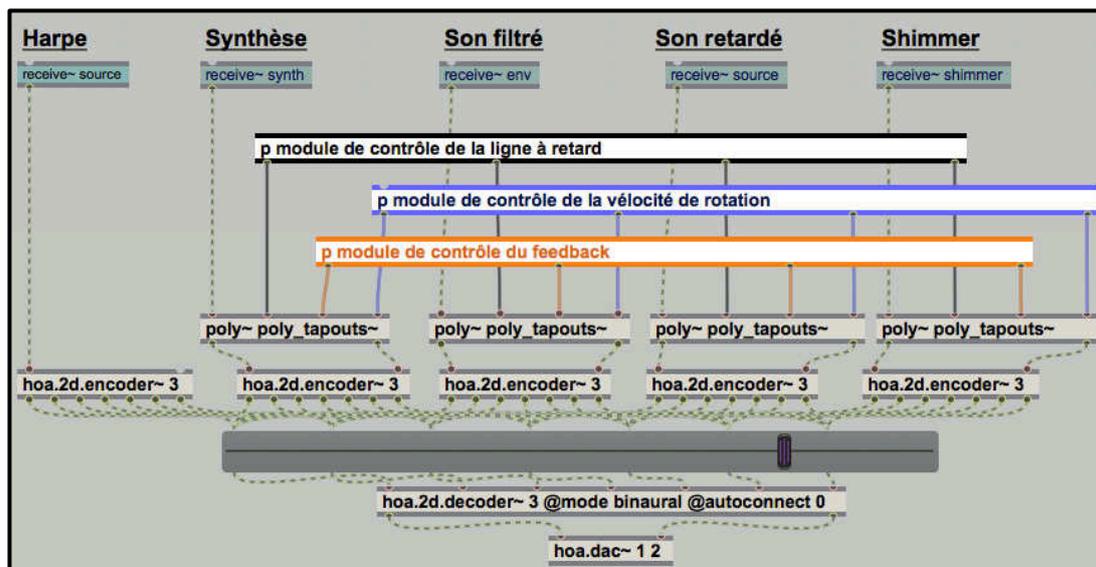


Figure VI.7 Schéma du processus de traitement audio — Chant elliptique n°2

Le module de synthèse additive, comme il ressort de la figure VI.8, interprète les informations du signal d'entrée pour créer un « son fantôme » qui prolonge la sonorité de l'instrument. Le module s'organise de la manière suivante :

1. La centroïde spectrale du signal d'entrée⁸⁷³ détermine la fréquence du son fantôme, de manière à ce que le contour mélodique de ce dernier soit similaire mais non-identique à celui de la harpe (entrée 1 du module), comme l'illustre la figure VI.9⁸⁷⁴ ;
2. Le son synthétique n'apparaît que pour accompagner (à manière de résonance) les sons attaqués en forte et fortissimo — c'est-à-dire lorsque les sons de la harpe dépassent un certain seuil d'amplitude, déterminé dans le module de détection ;
3. La résonance du son synthétique est contrôlée tout au long de la pièce, en allant d'un simple effet de variation de timbre pendant l'attaque (valeur de feedback très faible), à une sorte de halo de résonance granulaire (valeur de feedback supérieure à 0.5).

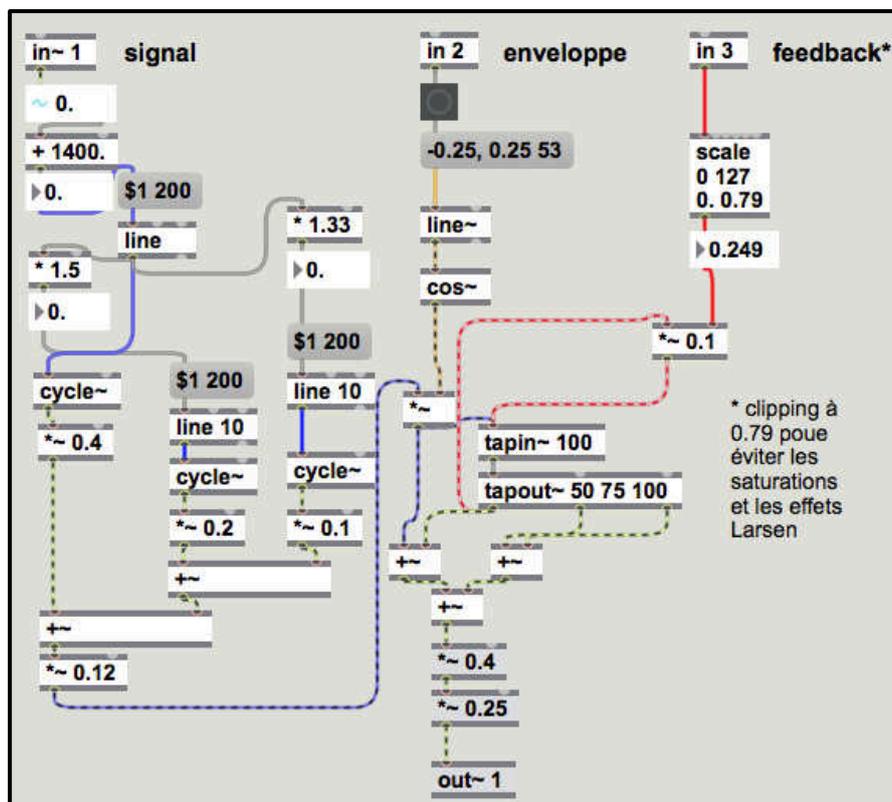


Figure VI.8 Module de synthèse additive piloté par l'amplitude utile de la harpe —
Chant elliptique n°2

⁸⁷³ À cette fin, nous avons eu recours à l'objet pfft et à la librairie de description acoustique en temps réel Zsa, développée par Mikhaïl Malt et Emmanuel Jourdan à l'Ircam (2015).

⁸⁷⁴ Il convient de préciser que le module de détection d'amplitude est une adaptation du dispositif « SoundDetection », développé par Alain Bonardi dans le cadre du séminaire d'informatique musicale à l'Université Paris 8.

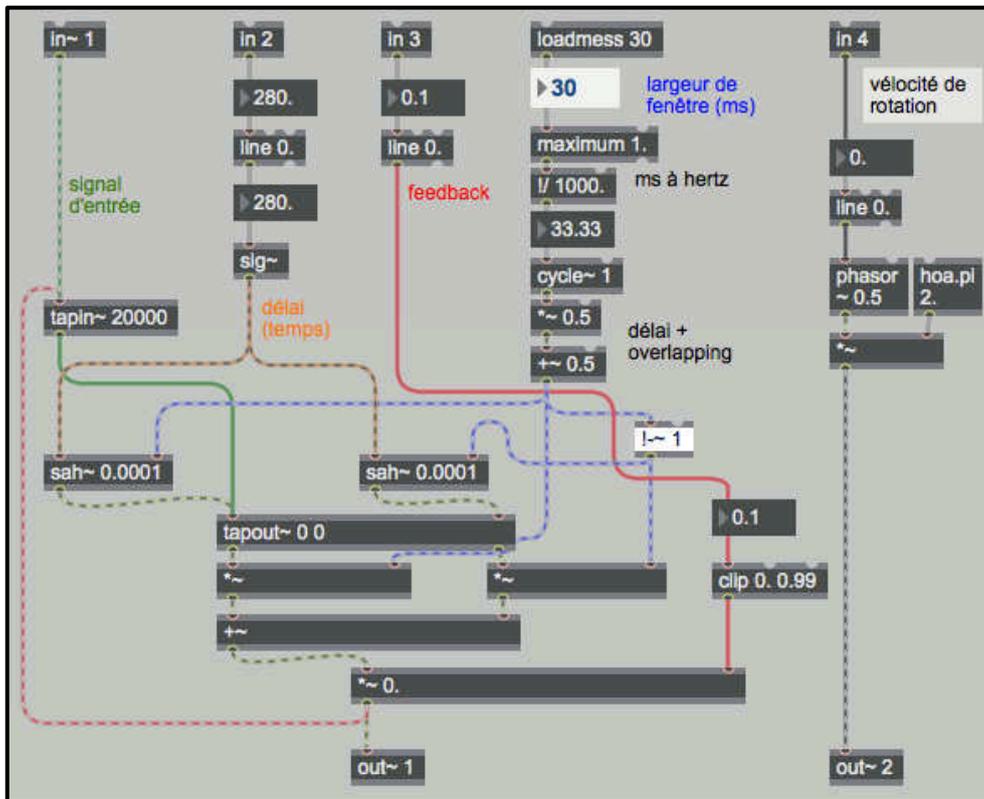


Figure VI.10 Dispositif de ligne à retard variable⁸⁷⁷

Pour l'élaboration du module de spatialisation sonore, nous avons eu recours à la bibliothèque HOA⁸⁷⁸ — nous permettant notamment de tracer des trajectoires dans l'espace acoustique de la salle de concert.

Le processus de composition de « Chant Elliptique n°2 » a servi de cadre pour la mise au point d'un dispositif liminaire de modélisation hétérophonique. Également, il nous a permis d'évaluer la pertinence de quelques dispositifs de manipulation acoustique en temps réel, dans l'idée d'avoir ou non recours à des techniques de transformation sonore lors du processus de modélisation poétique du paysage sonore. En outre, la création de cette pièce nous a permis d'envisager tant les formes de représentation que les mécanismes d'écriture instrumentale, compte tenu des enjeux en matière d'interprétation musicale.

⁸⁷⁷ Ce dispositif est une adaptation du module « poly_tapouts~ » développé par Alain Bonardi dans le cadre du séminaire d'informatique musicale à l'Université Paris 8.

⁸⁷⁸ Développée par Julien Colafrancesco, Pierre Guillot et Elliot Paris (2012-2014) au laboratoire CICM de l'Université Paris 8. Pour approfondir, voir Colafrancesco, J., Guillot, P., Paris, E., et al., *La bibliothèque HOA...Op.Cit.*

VI.1.4 Modèle hétérophonique par engendrement harmonique et synthèse sonore : « la rugosité de la nuit » pour accordéon et dispositif électroacoustique

Parmi nos premières tentatives de mise en place d'un entourage onctueux visant à modéliser l'espace hétérophonique du paysage sonore, nous avons eu recours à un modèle global d'écriture par imitation de sources sonores. Il s'agit d'un modèle global en ce qu'il suppose « [...] une transposition intuitive, par opposition à la sélection analytique de certains traits considérés comme appropriés pour une métamorphose musicale⁸⁷⁹ ». En accord avec la pensée du compositeur François Bernard Mâche, nous sommes partis de l'idée que « le modèle global induit une conduite d'appropriation par l'imitation dont le ressort profond est de l'ordre du jeu⁸⁸⁰ ». Dans cet esprit, nous avons mis au point un dispositif d'imitation du système hétérophonique par engendrement harmonique fondé sur le principe d'interpolation harmonique. Examinons ce point.

Comme l'indique le compositeur contemporain Daniel D'Adamo, l'interpolation harmonique « consiste à définir une harmonie de départ A et une harmonie cible Z [...] selon une courbe déterminée en amont⁸⁸¹ ». Autrement dit, il s'agit d'un mécanisme téléologique d'engendrement harmonique qui suppose un point d'origine et un point d'arrivée, ainsi qu'une série de points intermédiaires résultant du processus d'interpolation. Ce processus consiste donc à déterminer de nouvelles valeurs de caractère intermédiaire, à partir d'une série statistique issue des valeurs initiales. À titre d'exemple, prenons comme points de repère les agrégats suivants :



Figure VI.11 Structure par agrégation de fréquences A

⁸⁷⁹ Mâche, F.-B., *Musique au singulier*, Op.Cit., p.144

⁸⁸⁰ *Ibid.*

⁸⁸¹ D'Adamo, D., « Enjeux esthétiques et enjeux techniques dans l'enseignement de la composition musicale », *La fabrique de la musique* —Rencontres Internationales de la tour de guet 4^{ème} édition (colloque), Revue Musimédiane n°10, p.8. [Version en ligne] : <http://www.musimediane.com/numero10/>, site consulté le 6 décembre 2018.



Figure VI.12 Structure par agrégation de fréquences Z

Selon le principe d'interpolation harmonique, nous pouvons projeter une série de courbes sur le champ fréquentiel, de telle sorte qu'à chaque valeur fréquentielle corresponde une superficie de projection distincte. Plus précisément, nous pouvons déterminer un chemin indépendant pour chaque voix structurant l'agrégat de fréquences dans le parcours qui va de la structure A (accord de départ) à la structure Z (accord d'arrivée), comme l'illustre la figure VI.13.

Figure VI.13 Mécanisme d'engendrement harmonique dans la trajectoire A — Z

Dans « la rugosité de la nuit⁸⁸² », nous avons abordé le processus de modélisation poétique à partir du principe que « la musique peut être considérée comme une organisation de figures sonores⁸⁸³ » et, de ce fait, que le système hétérophonique du paysage sonore peut

⁸⁸² Cette pièce a été créée le 24 juin 2016 à l'Institut Cervantès de Paris, dans le cadre de l'atelier de composition de José Manuel López López, avec la participation de l'accordéoniste Anthony Millet. Tant la partition que l'enregistrement audio de la création sont consultables sur le lien suivant : <https://www.danielmancero.com/research>

⁸⁸³ Mâche, F.-B., *Musique au singulier*, Op.Cit., p.46

éventuellement être représenté par l'engendrement de figures en tant que structures par agrégation de fréquences.

```

1  <CsoundSynthesizer>
2  <CsoundOptions>
3  </CsoundOptions>
4  <CsoundInstruments>
5
6  sr = 44100
7  ksmps = 128
8  nchnls = 1
9
10
11 instr 3
12 ifunc = p11 ; basic waveform
13 irel = 0.01 ; vibrato release time
14 idell = p3 * p10 ; initial delay (% of dur)
15 isus = p3 - (idell + irel) ; remaining duration
16
17 iamp = ampdb(p4) ; ampdb -> décibels
18 iscale = iamp * .333 ; p4=amp
19 inote = cpspch(p5) ; p5=freq
20
21 k3 linseg 0, idell, p9, isus, p9, irel, 0 ; p6=attack time
22 k2 oscil k3, p8, 1 ; p7=release time
23 k1 linen iscale, p6, p3, p7 ; p8=vib rate
24
25 a3 oscil k1, inote*.999+k2, ifunc ; p9=vib depth
26 a2 oscil k1, inote*1.001+k2, ifunc ; p10=vib delay (0-1)
27 a1 oscil k1, inote+k2, ifunc
28
29 out a1+a2+a3 ; cette addition marche comme un chorus
30 endin
31 ;//=====//
32 </CsoundInstruments>
33 <CsoundScore>
34 f1 0 4096 10 0.1 0 0.11 0 0.12 0 0.13 0 0.14 0 0.015 0 0.016
35 f2 0 4096 10 0.1 0 0.1 0 0.12 0 0.1 0 0.1 0 0.12 0
36 f3 0 2048 10 1 0 0.3 0 p.2 0 0.14 0 .111
37
38 ;// cigales:
39 ;ins strt dur amp frq atk rel vbrt vbdpt
40 i 3 0 50.3 60 10.08 0.001 1.9 3 7 0.5 2
41 i 3 0 50.4 60 15.04 0.002 2.7 15 7 0.6 2
42 i 3 0 50.4 60 15.05 0.002 2.7 15 7 0.6 2
43 i 3 0 50.4 40 16.04 0.002 2.7 15 7 0.6 2
44 i 3 0 50.4 40 16.05 0.002 2.7 15 7 0.6 2
45 ;// evs:
46 i 3 1 0.01 70 15.06 0.005 0.1 10 7 0.8 3
47 i 3 1.03 0.01 70 15.07 0.005 0.1 10 7 0.8 3
48 i 3 1.05 0.01 70 15.06 0.005 0.1 10 7 0.8 3
49 ;//
50 i 3 6 0.01 70 16.06 0.005 0.1 10 7 0.8 3
51 i 3 6.03 0.01 70 16.07 0.005 0.1 10 7 0.8 3
52 i 3 6.05 0.01 70 16.06 0.005 0.1 10 7 0.8 3
53 ;//
54 i 3 14 0.02 70 17.06 0.005 0.1 10 7 0.8 3
55 i 3 14.02 0.02 70 16.07 0.005 0.1 10 7 0.8 3
56 i 3 14.03 0.02 70 17.06 0.005 0.1 10 7 0.8 3
57 ;//
58 i 3 17 0.02 70 17.06 0.005 0.1 10 7 0.8 3
59 i 3 17.03 0.02 70 16.07 0.005 0.1 10 7 0.8 3
60 i 3 17.05 0.02 70 17.08 0.005 0.1 10 7 0.8 3
61 </CsoundScore>
62 </CsoundSynthesizer>

```

Figure IV.14 Code Csound – synthèse additive qui émule un paysage sonore nocturne⁸⁸⁴

Dans cette logique, nous avons cherché à prolonger la sonorité d'un petit nombre de structures par agrégation de fréquences vers un environnement sonore artificiel contrôlé, généré par un procédé de synthèse additive, comme il ressort de la figure VI.14. D'abord, nous avons synthétisé un ensemble d'événements sonores de caractère indiciel (figure

⁸⁸⁴ Nous renvoyons le lecteur aux annexes 10.2 et 10.3, correspondant à la partition écrite de l'œuvre et au schéma du dispositif de déclenchement et de manipulation électroacoustique.

IV.14), pour ensuite pratiquer une manipulation au niveau de leur configuration spectrale (figure IV.15), en essayant de raccourcir la distance entre l'accordéon et l'environnement synthétique en question, de manière prospective– empirique, c'est-à-dire par une « transposition intuitive » dans le domaine fréquentiel.

```

<CsoundSynthesizer>
<CsOptions>
-oWriteToDisk.wav -w
</CsOptions>
<CsInstruments>
;=====
; La Rugosité de la Nuit. Événement_1
;=====
sr      =      44100
kr      =      4410
ksmps  =      10
nchnls =      1

instr 5
irel    =      0.01          ; set vibrato release time
idell   =      p3 * p10     ; calculate initial delay (% of dur)
isus    =      p3 - (idell + irel) ; calculate remaining duration

iamp    =      ampdb(p4)
iscale  =      iamp * .333   ; p4=amp
inote   =      cpspch(p5)   ; p5=freq

k3      linseg 0, idell, p9, isus, p9, irel, 0 ; p6=attack time
k2      oscil k3, p8, 1      ; p7=release time
k1      lscale, p6, p3, p7   ; p8=vib rate

a3      oscil k1, inote*.995+k2, 1 ; p9=vib depth
a2      oscil k1, inote*1.005+k2, 1 ; p10=vib delay (0-1)
a1      oscil k1, inote+k2, 1

out     a1+a2+a3
endin

;-----//
;-----//
</CsInstruments>
<CsScore>
;=====
; score
;=====
f1 0 4096 10 0.20.1 0.8 0.1 0.7 0.1 0.6 0.1 0.5 1 0.4 1 0.3 1 0.2 1 0.1 1

; reverse-son
;ins strt dur amp freq atk rel vibrt vbdpt vbdel
15 0 120 40 15.11 9 10 0.5 1 0.5
15 0.02 120 50 10.01 3 10 0.5 1 0.5
15 0.04 120 40 10.03 4 10 0.5 1 1.5
15 0.06 120 50 10.05 7 10 0.5 1 1.5
15 0.08 120 45 11.06 4 10 0.6 2 0.5
15 0.1 120 51 11.07 5 10 0.6 2 0.5
15 0.11 120 42 11.08 4 10 0.6 2 0.5
15 0.12 120 53 11.09 7 10 0.6 2 0.5
15 0.13 120 44 14.10 7 10 0.7 1 0.5
15 0.14 120 54 14.11 5 10 0.7 1 0.5
15 0.15 120 44 13.00 4 10 0.7 1 0.5
15 0.15 120 54 30.01 3 10 0.7 1 0.5
15 0.01 120 85 2.01 6 20 0.3 2 0.6
15 0.011 120 85 3.02 4 20 0.5 2 0.6
15 0.012 120 81 2.02 2 10 0.4 2 0.6
</CsScore>
</CsoundSynthesizer>

```

Figure IV.15 Code Csound. Synthèse d'un événement proche à l'accordéon et au paysage nocturne dans l'espace de timbres

Complémentairement, d'autres événements acoustiques ont été synthétisés dans le but de composer un système hétérophonique par addition de sources où les divers timbres émulent un environnement intermédiaire entre l'instrument acoustique et le paysage nocturne. Comme il ressort de la figure IV.16, ces événements tirent leur origine de certaines

manipulations pratiquées sur l'enveloppe, la valeur de vibrato, l'amplitude et/ou le temps d'attaque du code initial.

```

1 <CsoundSynthesizer>
2 <CsoundOptions>
3 -oWriteToDisk.wav
4 </CsoundOptions>
5 <CsoundInstruments>
6
7 ;=====
8 ; La Rugosité de la Nuit. bois
9 ;=====
10
11 sr      =      44100
12 kr      =      4410
13 ksmps   =      10
14 nchnls  =      1
15
16 instr 5
17   irel   =      0.01 ; set vibrato release time
18   idell  =      p3 * p10 ; calculate initial delay (% of dur)
19   isus   =      p3 - (idell + irel) ; calculate remaining duration
20
21   iamp   =      ampdb(p4)
22   iscale =      iamp * .333 ; p4=amp
23   inote  =      p5 ; p5=freq
24
25   k3     linseg 0, idell, p9, isus, p9, irel, 0 ; p6=attack time
26   k2     oscil  k3, p8, 1 ; p7=release time
27   k1     linen  iscale, p6, p3, p7 ; p8=vib rate
28
29   a3     oscil  k1, inote*.995+k2, 1 ; p9=vib depth
30   a2     oscil  k1, inote*1.005+k2, 1 ; p10=vib delay (0-1)
31   a1     oscil  k1, inote+k2, 1
32
33   out    a1+a2+a3
34   endin
35
36 ;//-----//
37 instr 6
38   imax = 0dbfs/p5
39   kenv  line  imax,p3,0 ; l'enveloppe part de imax, arrive à p3, puis chute à 0.
40   a1    oscili kenv,p4, 1
41   out  a1
42   endin

```

Figure IV.16 Code Csound – Orchestre. Synthèse d'un espace de timbres intermédiaire entre l'accordéon et le paysage synthétique nocturne

Force est de constater que, pour ce qui est de ce deuxième modèle d'écriture musicale, nous n'avons encore eu recours aux données issues de l'analyse spectromorphologique, ni à celles issues de l'analyse harmonique du répertoire des CfPS. Qui plus est, ce modèle correspondant à la deuxième phase de recherche/création⁸⁸⁵, il a été bâti en cohérence avec le principe que le paysage sonore, en tant que système hétérophonique, est susceptible d'être représenté par un substrat dont le timbre subsiste comme qualité spécifique.

⁸⁸⁵ Soit dit en passant, il s'agit d'une phase pendant laquelle les dispositifs d'analyse harmonique n'étaient pas encore prêts à l'emploi.

```

50 f1 0 4096 10 0.5 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9
51 ://-----bois-----//
52 i6 0 15 1670 110 2
53 i6 0 15 1870 110 2
54 i6 0 15 935 110 2
55 i6 0 15 870 110 2
56 i6 0 15 1030 110 2
57 i6 1 15 1503 110 4
58 i6 1 15 1683 110 4
59 i6 1 15 842 110 4
60 i6 1 15 783 110 4
61 i6 1 15 1133 110 4
62 i6 4 15 1653 110 3
63 i6 4 15 1851 110 3
64 i6 4 15 926 110 3
65 i6 4 15 861 110 3
66 i6 4 15 1246 110 3
67 i6 6 15 1670 110 2
68 i6 6 15 1870 110 2
69 i6 6 15 935 110 2
70 i6 6 15 870 110 2
71 i6 6 15 1030 110 2
72 i6 7 15 1503 110 4
73 i6 7 15 1683 110 4
74 i6 7 15 842 110 4
75 i6 7 15 783 110 4
76 i6 7 15 1133 110 4
77 i6 11 15 1653 110 3
78 i6 11 15 1851 110 3
79 i6 11 15 926 110 3
80 i6 11 15 861 110 3
81 i6 11 15 1246 110 3
82 ://///////
83 i6 13 10 1670 110 2
84 i6 13 10 1870 110 2
85 i6 13 10 935 110 2
86 i6 13 10 870 110 2
87 i6 13 10 1030 110 2
88 i6 13.8 15 1503 110 4
89 i6 13.8 15 1683 110 4
90 i6 13.8 15 842 110 4
91 i6 13.8 15 783 110 4
92 i6 13.8 15 1133 110 4
93 i6 14 15 1653 110 3
94 i6 14 15 1851 110 3
95 i6 14 15 926 110 3
96 i6 14 15 861 110 3
97 i6 14 15 1246 110 3|
98 ://///////
99 i6 54 432 120 7
100 i6 54 426 120 7
101 i6 54 412 120 7
102 </CsScore>
103 </CsoundSynthesizer>

```

Figure IV.17 Code Csound – Score. Synthèse d’un espace de timbres dit intermédiaire : événements sonores qui se superposent au paysage synthétique nocturne⁸⁸⁶

Cela dit, cette composition nous a permis notamment de développer un modèle de représentation hétérophonique au niveau micro, centré sur l’espace de timbres, visant à déterminer la distance entre les événements sonores. De même, son processus de composition nous a permis de prévoir la mise en forme d’autres compositions fondées sur

⁸⁸⁶ Le lecteur intéressé peut consulter librement la partition musicale et l’enregistrement audio, en suivant ce lien : <https://www.danielmancero.com/research>. Pour accéder au patch Max/MSP de traitement audio et aux fichiers de base, nous invitons le lecteur à suivre le lien suivant : <https://www.danielmancero.com/annexes-these>

l'analyse spectromorphologique et harmonique des événements qui structurent les CfPS, comme nous le verrons ci-après.

VI.2 Représentation syntaxique des modes de relation spectromorphologique : le système hétérophonique et la notion d'organisation

Nous sommes partis de l'hypothèse que, en tant qu'objet artistique, la *CfPS* répond à une quête syntaxique-esthétique centrée sur la qualité morphologique des événements qui structurent le paysage sonore, ce dernier entendu comme système complexe hétérophonique. De ce point de vue, l'intervention du compositeur au niveau poïétique (ou dans un entourage opératoire, pour reprendre l'expression de Baboni) viserait à réorganiser le système hétérophonique au moyen de procédés de manipulation et d'agencement sonore. Sur cette base, il est alors pertinent d'aborder plus en détail des questions clefs directement liées à la procédure de modélisation d'un système.

D'après le philosophe Emmanuel Banywesize⁸⁸⁷ (2007), « [d]ans le système, les éléments, les actions ou les individus ne sont pas liés entre eux à partir d'une caractéristique universelle qui les règle [mais] sont plutôt organisés par des interrelations en une unité globale organisée⁸⁸⁸ ». De ce point de vue, un système comme le paysage sonore ne peut être appréhendé qu'à partir la représentation des modes de relation qui lui sont inhérents. Puis, étant donné que ce sont les interrelations entre les parties qui organisent la totalité que nous appelons système⁸⁸⁹, alors « l'organisation articule les parties au tout et le tout aux parties. Bien plus, elle imbrique les unes dans les autres⁸⁹⁰ ». L'organisation suppose donc l'agencement relationnel entre des événements divers et multiples, ce qui produit « une unité complexe (ou système) dotée des qualités inconnues au niveau des composants [...]»⁸⁹¹ ». Par conséquent, l'organisation se rapporte « à la notion physique d'interrelations entre les types et les formes d'éléments particuliers, entre eux-mêmes et avec le tout⁸⁹² » — ce qui est conforme au principe de double organisation (cf. chapitre III.4.1).

Toujours est-il que l'organisation d'un système exige une action à deux niveaux : au niveau esthétique, l'écoute attentive « [...] transforme la diversité disparate en forme globale et,

⁸⁸⁷ Professeur à l'Université de Lubumbashi (RDC). Spécialiste en épistémologie de la complexité, chercheur associé au CETSAAH et membre du Consejo Internacional de la Mutiversidad Real Mundo "Edgar Morin" (Mexique).

⁸⁸⁸ Banywesize, E., *Le complexe. Contribution à l'avènement de l'organisation...*, *Op.Cit.*, p.194

⁸⁸⁹ Cf. Morin, E., *La méthode*, Tome I, Paris : Éd. Du Seuil, 1977-2004.

⁸⁹⁰ Banywesize, E., *Le complexe*, *Op.Cit.*, p.194

⁸⁹¹ *Ibid.*

⁸⁹² *Ibid.*

ce faisant, crée un tout interrelationné (*sic*) là où il n'y avait que discontinuité⁸⁹³ » ; complémentaiement, au niveau poïétique, « l'organisation est transformation formatrice et formation transformatrice⁸⁹⁴ », autrement dit, c'est seulement par le biais de l'action poïétique que la structure — à savoir, l'ensemble de caractéristiques d'un système à un instant donné—, peut devenir une forme organisée. À cet égard, le philosophe Edgar Morin propose le terme « organisation » pour mettre en exergue le fait que le système ne se déduit pas nécessairement de sa structure, mais plutôt de « l'action qu'implique l'organisation⁸⁹⁵ ». Sur cette base, le philosophe propose un modèle à la fois systémique et organisationnel pour le complexe — que nous prenons comme modèle fondateur pour la mise au point d'un système de représentation syntaxique des modes de relation spectromorphologique. Puis, nous inférons : 1) qu'au niveau esthétique, le paysage sonore peut être conçu en tant qu'ensemble d'événements dont les caractéristiques sont susceptibles d'être considérées comme esthétiques, et 2) que les CfPS répondent à une action poïétique cohérente d'organisation obéissant notamment à des « déterminations/contraintes qui tiennent à la nature des éléments [...] qui se côtoient⁸⁹⁶ ».

Fort de ce qui précède, nous présentons un modèle de représentation syntaxique des modes relationnels qui est conforme aux notions d'hétérophonie et d'organisation.

VI.2.1 Modèle d'écriture hétérophonique par alternance et superposition de collections sonores typologiques : « Turgescences » pour flûte, mandoline et guitare

Dans la quête de représentation syntaxique des CfPS, l'une des plus grandes difficultés est la transposition des registres fréquentiels. Autrement dit, il s'agit de restituer l'empreinte timbrique d'événements sonores saillants dont la tessiture spectrale s'avère beaucoup plus vaste que les plages fréquentielles dont les instruments musicaux disposent.

⁸⁹³ Banywesize, E., *Le complexe*, *Op.Cit.*, p.195

⁸⁹⁴ *Ibid.*

⁸⁹⁵ Cf. Morin, E., *La Méthode*, *Op.Cit.*, p.154

⁸⁹⁶ Banywesize, E., *Le complexe*, *Op.Cit.*, pp.199-200

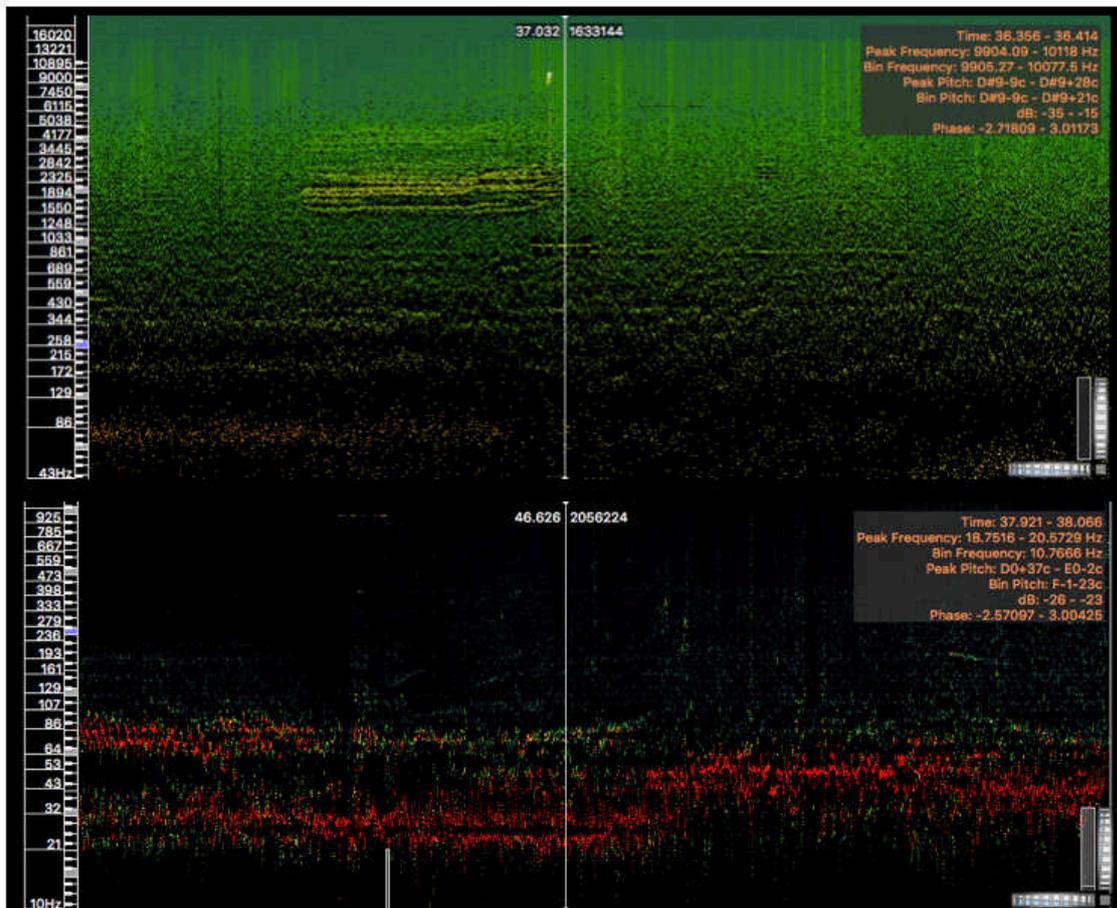


Figure VI.18 Illustration de deux pics de fréquence dans un spectre allant de 18.7 Hz jusqu'à 9904 Hz, à l'aide du logiciel Sonic Visualiser

Pour preuve, compte tenu du fait que l'instrument musical le plus extensif au niveau fréquentiel (l'orgue à tuyaux) occupe une bande de fréquence allant de 16 à 7040 Hz, nous constatons que, dans les moindres détails d'une séquence complète des partiels prédominants d'un événement sonore saillant⁸⁹⁷, les pics de fréquence peuvent s'étaler sur plusieurs ordres de grandeur dont la gamme est bien plus large, comme il ressort de la figure VI.18. Compte tenu de ce qui précède, nous avons consolidé un système de représentation musicale mettant en relation l'analyse des pics de fréquence et la technique de multiplication de blocs sonores, développée par Pierre Boulez⁸⁹⁸. L'idée en est la suivante : après avoir caractérisé et classifié les divers événements saillants de *Pendledrøm*⁸⁹⁹ de Barry Truax, nous avons centré notre analyse sur un fragment de la

⁸⁹⁷ Cet événement sonore typique correspond à l'un des matériaux de base de « *Pendledrøm* », auquel nous avons pu avoir accès dans Truax, B., *Soundscape Composition* (CD-ROM), Op.Cit.

⁸⁹⁸ Cf. Boulez, P. *Penser la musique aujourd'hui*, Op.Cit.

⁸⁹⁹ Nous renvoyons le lecteur intéressé à notre article « Composer à partir de la modélisation harmonique des *Soundscape Compositions* : quels enjeux pour l'analyse fonctionnelle des objets sonores ? », *Actes du Jim Journées d'Informatique Musicale*, Paris, mai 2017. [Version en ligne] : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01652361>

pièce⁹⁰⁰. Les familles typologiques prédominants dans cette partie étant celles du type Tn, Y et X', nous avons ciblé l'analyse des pics formantiques de fréquence à l'aide du script présenté au chapitre V.3 de ce mémoire de thèse. Pour ce faire, nous avons pris en compte la totalité d'occurrences de chaque événement sonore saillant, puis nous avons sélectionné trois échantillons pour chaque type.

Comme il ressort de la figure VI.19, les pics fréquentiels de chaque échantillon sont mis en lumière par leur poids, c'est-à-dire en fonction de leur valeur d'amplitude. Cela nous permet donc de caractériser les diverses typologiques dans le domaine des fréquences, de manière à ce que leurs empreintes soient représentées de manière « archétypique » dans l'espace de timbres. Au lieu de pratiquer uniquement une transcription immédiate des valeurs de fréquence dans le système de notation musicale — ce qui reviendrait à ignorer la masse des typologies sonores du point de vue perceptif, nous avons plutôt opté pour représenter leur contenu spectral en relation avec leur bande de fréquence. Pour ce faire, nous avons calculé la fréquence principale (la plus saillante) et les fréquences extrêmes de chaque typologie sonore. Ainsi, par exemple, soit **Tn_0** la fréquence principale de la typologie sonore Tn ; Tn_1 la fréquence principale du premier échantillon de Tn ; Tn_2 la fréquence principale du deuxième échantillon de Tn, et Tn_3 celle du troisième échantillon de Tn, alors **Tn_0** correspond à la valeur moyenne de Tn, à savoir $(Tn_1 + Tn_2 + Tn_3) / 3$.

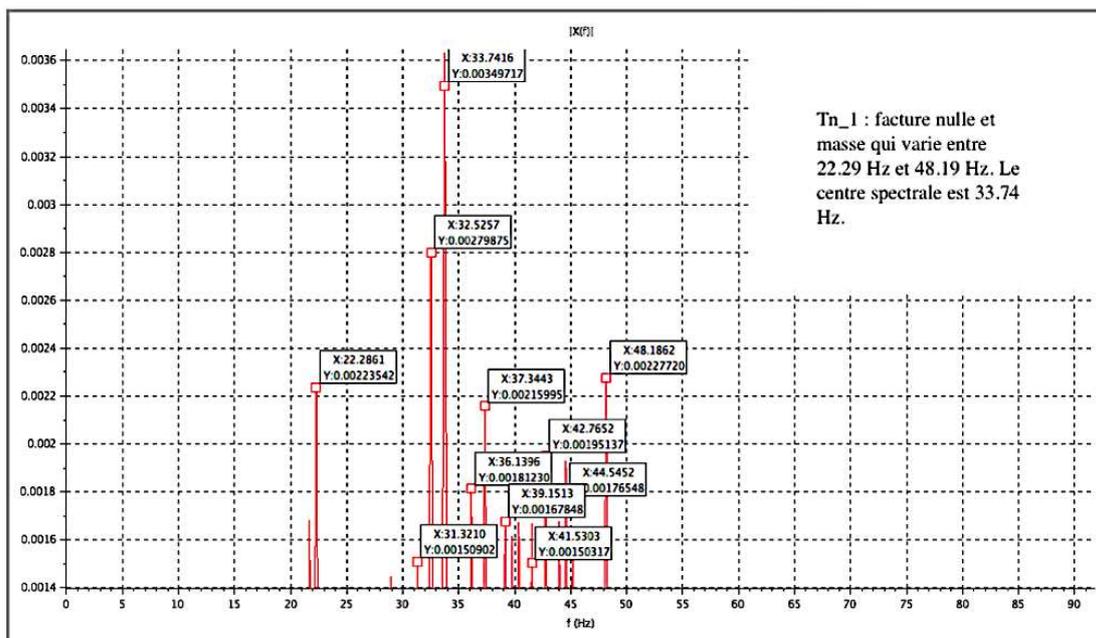


Figure VI.19 Analyse spectrale par FFT – Événement du type TN, échantillon n°1

⁹⁰⁰ Le fragment dont il est question [2 :05 — 4 :35] est disponible sur le site <http://www.sfu.ca/sonic-studio/excerpts/Pendler1A.mp3>

En revanche, pour ce qui est des fréquences extrêmes du spectre sonore, nous avons retenu la valeur absolue des bornes de la bande de fréquence, cela dans le but de représenter le bornage et la distribution de la masse sonore.

Typologie	Fréquence moyenne	Fréquence min.	Fréquence max.
Tn	32.04 Hz	21.9 Hz	35.68 Hz
Y	51.86 Hz	23.5 Hz	99.947 Hz
X'	43.78 Hz	23.47 Hz	58.72 Hz

Tableau VI.3 Valeurs référentielles pour la représentation musicale des familles typologiques prédominantes

Le tableau ci-dessus exhibe le modèle général auquel nous avons eu recours pour produire des collections fréquentielles simplifiées, servant à représenter les étapes de transition relationnelle entre les diverses typologies sonores. Force est de préciser que, pour ce qui est de ce modèle d'écriture, le principe d'alternance de collections simplifiées de fréquence s'est avéré essentiel, tant pour représenter les modes relationnels spectromorphologiques, que pour entamer le processus de structuration formelle de l'œuvre — comme il ressort des annexes 10.5 et 10.6, respectivement.

En outre, pour revenir à la consolidation des collections archétypiques, nous avons également mis au point un dispositif très simple de notation, de génération et de transposition⁹⁰¹ musicale, le but étant de déceler la structure interne des familles typologiques dans le domaine fréquentiel, comme l'illustrent les figures VI.20 et VI.21 ci-après.

⁹⁰¹ Pour des raisons techniques liées à l'instrumentarium dont nous avons disposé, toutes les collections fréquentielles ont été transposées de trois octaves vers le haut.

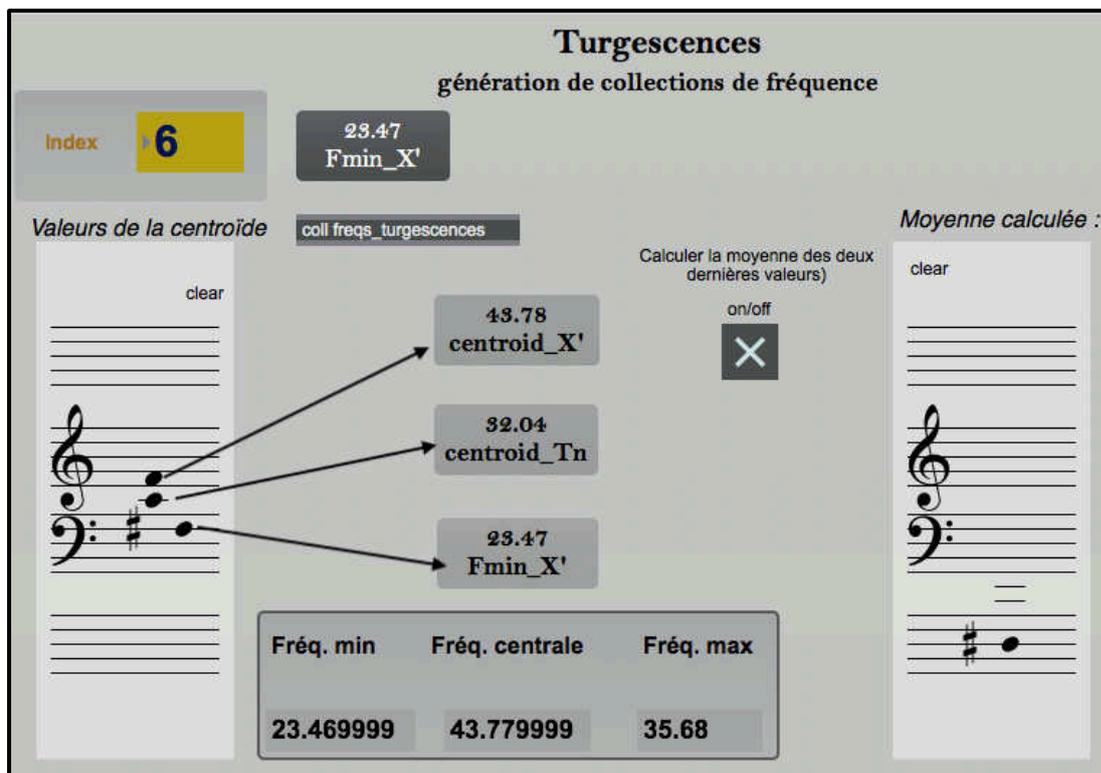


Figure VI.20 Dispositif de notation et de transposition des collections de fréquence sous forme de patch Max/MSP

À l'aide de ce petit patch, chaque famille typologique est représentée dans le domaine syntaxique-musical sous forme d'agrégat. Plus précisément, les divers groupes typologiques sont interprétés de manière archétypique — c'est-à-dire en prenant en compte chacun des échantillons analysés pour en produire un modèle-type par famille. Ainsi, comme l'illustre la figure VI.20, chaque groupe typologique peut être représenté par un conglomérat de notes — chacun correspondant à une instantiation de l'événement analysé, de même qu'il peut être recomposé en tant qu'ensemble d'agrégats (voir figure VI.21) susceptible d'être affecté par les interrelations au sein du système hétérophonique.



Figure VI.21 Représentation archétypique des typologies sonores

Le processus de composition musicale a été accompagné par l'intégration d'un modèle complémentaire de représentation fonctionnelle — axé sur les modes de relation spectromorphologique — que nous détaillons ci-après.

VI.2.2 Représentation des modes relationnels par superposition de collections sonores typologiques

Comme nous l'avons déjà vu, il est possible de représenter le système hétérophonique d'un paysage sonore au niveau macro, notamment en ayant recours à un système d'interprétation archétypique et d'alternance de collections typologiques centré sur le domaine des fréquences. Le système de classification étant axé sur les principes de séparation acoustique⁹⁰², nous avons eu recours à un instrumentarium très spécifique servant de repère pour distinguer entre les diverses collections de fréquence, selon le timbre instrumental employé lors du processus d'écriture. De manière complémentaire, nous avons élaboré une esquisse de représentation syntaxique fondé sur des techniques assez simples de manipulation combinatoire (voir figure VI.22), en vue de rapprocher les stratégies de composition aux modes caractéristiques de relation spectromorphologique au sein des CfPS.

Turgescences
Système harmonique

Groupes toniques :

type Tn

type Y

type X'

Figure VI.22 Les groupes toniques du système d'engendrement harmonique

Fort de ce qui précède, le système de représentation que nous avons mis au point part du principe suivant : chaque collection fréquentielle instantanée étant représentée par trois notes, nous conférons une fonction syntaxique à chaque valeur obtenue. Ainsi, comme il

⁹⁰² Voir chapitre II.1.4.2

ressort de la figure VI.22, les trois typologies sonores contiennent respectivement une note centroïde — correspondant à la fréquence principale, ainsi que deux notes extrêmes délimitant l'ampleur de la bande de fréquence de chacune des typologies : nous appelons cela les groupes toniques du système harmonique. Puis, nous calculons la moyenne entre les diverses composantes des groupes toniques avec la finalité de produire une collection réduite de valeurs (ou notes), dans un même groupe de fréquences (voir figure VI.23), ce qui nous permet de superposer les collections fréquentielles les unes avec les autres, dans le but ultime de représenter les modes d'interaction, d'interpolation et de réaction (voir figure VI.24) selon l'opération choisie.

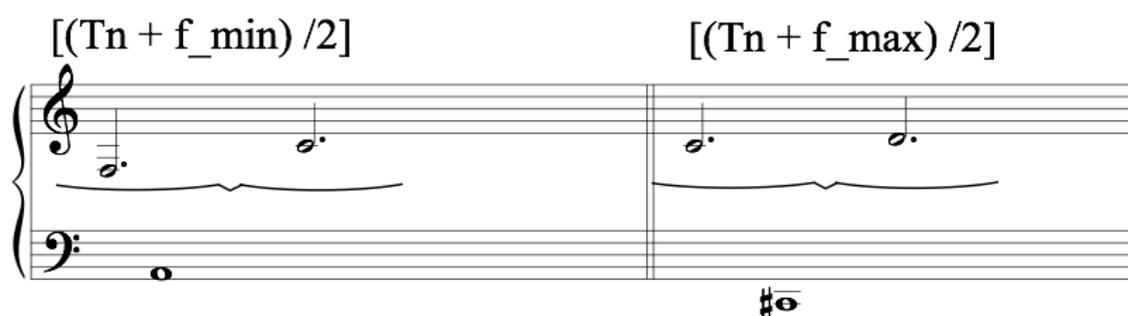


Figure VI.23 Opération d'engendrement dans une même collection de fréquences

Dans cette première tentative de modélisation des modes relationnels, l'interaction est simulée par la superposition de divers éléments typologiquement différents — opération réalisée à l'aide du dispositif de notation⁹⁰³ (figure VI.20) ; l'interpolation résulte en un changement rigoureux de collection — qui produit un déplacement de tessiture et une fluctuation au niveau de la construction harmonique ; enfin, la réaction est représentée par la mise en commun de collections divergentes. Dans ce dernier, les collections typologiques sont représentées comme des groupes qui s'obstinent à maintenir le cap de leur développement individuel (ou motivique), malgré un environnement de dissolution hétérophonique⁹⁰⁴.

⁹⁰³ Ce dispositif est disponible sur le site www.danielmancero.com/annexes-these

⁹⁰⁴ Pour approfondir, nous renvoyons le lecteur à la partition de l'œuvre, présentée à l'annexe 10.4.

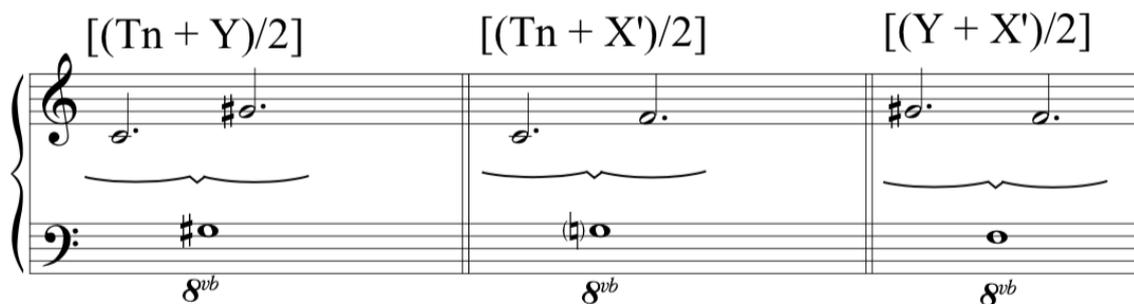


Figure VI.24 Opération d'engendrement entre deux typologies sonores par calcul de la valeur moyenne

Lors de ces procédés, nous avons obtenu une représentation « archétypique » et une représentation simplifiée des typologies sonores analysées, sur la base de laquelle le processus d'écriture musicale a été abordé⁹⁰⁵. Dans cet esprit, chaque mode d'interrelation syntaxique retrace les différents modes de relation spectromorphologique — au moyen desquels on peut percevoir l'organisation hétérophonique des CfPS depuis une perspective centrée sur le domaine des fréquences.

Quand bien même ce modèle de représentation nous a permis d'aborder certaines des questions conceptuelles les plus pressantes d'un point de vue syntaxique musical, nous admettons que ce dispositif s'avère insuffisant pour rendre compte du paysage sonore en tant que continuum sonore. La question se pose alors de savoir comment les techniques d'écriture musicale sont en mesure de favoriser la dynamique hétérophonique que caractérise la diversité d'événements saillants au sein des CfPS. Le chapitre qui suit présente un modèle plus poussé de représentation qui tient compte de l'instanciation des familles typologiques.

⁹⁰⁵ Pour approfondir, nous renvoyons le lecteur aux annexes 10.5 et 10.6 de ce mémoire de thèse.

VI.3 L'instanciation du continuum sonore comme stratégie de modélisation du paysage sonore : les représentations auditives à court terme

Comment les principes du design acoustique peuvent-ils influencer le processus syntaxique d'écriture musicale ? Dans quelle mesure les paramètres subjectifs du son touchant aux caractéristiques phénoménologiques du paysage et des événements sonores peuvent-ils être mis en valeur dans un processus syntaxique de composition musicale, comme le veut l'écologie acoustique ?

Comme nous l'avons vu dans la première partie de ce travail, l'écologie sonore préconise une écoute rénovée des divers modèles que présente le paysage sonore, cherchant à mettre en évidence les possibilités de réarrangement et d'ordonnancement des matériaux qui le structurent⁹⁰⁶. Dans cet esprit, le design sonore répond à une double quête esthétique : d'une part, il s'agit d'une pratique perceptive réglée sur l'écoute esthétique dans le sens où celle-ci « permet de porter une attention intermittente au son, tout en permettant de jouer sur les caractéristiques morpho-esthétiques des sons communément considérés comme non-musicaux⁹⁰⁷ », au niveau esthétique. D'autre part, il s'agit d'une quête artistique dans laquelle le compositeur vise rendre possible les conditions d'existence esthétique⁹⁰⁸ des matériaux qui articulent le paysage sonore, au niveau poïétique. Il s'en suit que l'écoute esthétique est certes active⁹⁰⁹, mais que les possibilités praxiques de réarrangement et de réorganisation musicale se font jour par le biais de systèmes syntaxiques rigoureux, susceptibles d'orchestrer une organisation hétérophonique musicale des phénomènes sonores. Plus précisément, comme le signale Banywesize (2007), si les interactions ayant lieu dans le paysage sonore obéissent à des déterminations/contraintes, « c'est en devenant interrelations qu'elles produisent des phénomènes organisés⁹¹⁰ ».

La question se pose alors de savoir comment une interaction perçue dans le paysage sonore peut-elle devenir un objet opératoire d'interrelation au sein d'une composition musicale

⁹⁰⁶ Cf. chapitre II.1.1 de ce mémoire de thèse

⁹⁰⁷ Il s'agit d'une notion avancée par Joanna Demers (2010) qui se définit comme suit : « Aesthetic listening allows for intermittent attention to sound as well as other sensory stimuli and acknowledges the aesthetic characteristics of sound typically heard as non-musical. Aesthetic listening corresponds somewhat with what Adorno critically labeled "regressive listening" or listening for momentarily pleasing fragments of popular songs ». Demers, J., *Listening through the noise: the aesthetics of experimental electronic music*, Op.Cit., p.164. C'est nous qui traduisons.

⁹⁰⁸ Nous renvoyons le lecteur au chapitre II.1 de ce mémoire de thèse.

⁹⁰⁹ Cf. Oliveros, P., *Deep Listening: A Composers's Sound Practice*. New York Shanghai: iUniverse, 2005

⁹¹⁰ Banywesize, E., *Le complexe*, Op.Cit., pp.199-200

écrite. Pour répondre à cette question, nous abordons des questions telles que l'échantillonnage, l'instanciation et les modes d'interrelation ayant lieu dans le continuum sonore, tout en prenant en compte la complexité de l'espace de timbres — déterminé par le profil dynamique des événements sonores saillants. Pour ce faire, nous nous appuyons sur la typologie spectrale des archétypes morphologiques — exposée au chapitre II.5.2, ainsi que sur les méthodes d'instanciation sonore, présentés au chapitre V.5.2.

VI.3.1 « Estambre Urdido » pour ensemble de cinq percussionnistes

Faisant référence aux fils de chaîne et aux phases successives de tissage, cette composition est fondée sur l'analyse fréquentielle de quelques événements sonores saillants issus de la CfPS intitulée « Double Glazed », de Camilla Hannan⁹¹¹. Cette composition prétend évoquer l'idée d'un « processus d'ourdissage sonore » axé sur des diverses trajectoires dans le domaine des fréquences, dont l'entrecroisement résulte en un système hétérophonique, à la fois au niveau macro — c'est-à-dire, sous forme de paysage global hétérophonique —, et au niveau micro, ce dernier correspondant à l'itinéraire chronologique de déplacement de chaque typologie sonore analysée dans l'espace de timbres.

Compte tenu de la qualité sonore des matériaux analysés, nous avons choisi un ensemble d'instruments de percussion comme dispositif instrumental, distribué de manière semi-circulaire, le but étant d'équilibrer l'espace sonore selon le rapport d'inharmonicité entre ceux-ci. Force est de préciser que ce dispositif nous a permis de représenter la phase temporelle des événements, en ayant recours à une écriture centrée à la fois sur le contenu hétérophonique discrétisé, et sur les modes de jeu instrumental (voir annexe 10.9).

⁹¹¹ Voir annexes 1.9 et 2.9

Percussion 1 : campanelli, 1 crash
 Percussion 2 : vibraphone
 Percussion 3 : trois toms, 1 crash-ride
 Percussion 4 : trois toms, 1 crash-ride
 Percussion 5 : caisse claire, set de bongos

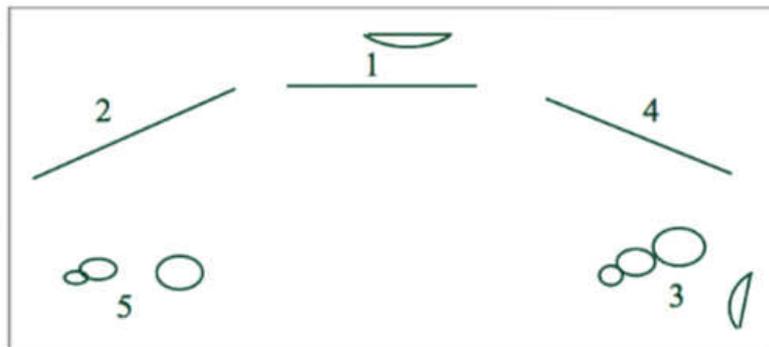


Figure VI.25 Disposition spatiale de l'ensemble de percussions – « Estambre Urdido »

À la différence des autres modèles pour la composition musicale présentés ci-haut, le processus d'analyse/modélisation que nous avons entamé pour cette œuvre vise à représenter les phases déterminant le profil dynamique d'événements sonores saillants divergents. Il est intéressant de noter que, pour ce qui est de l'analyse harmonique des matériaux caractéristiques — réalisée à l'aide de l'outil de décomposition harmonique synchronique selon la méthode gbr.harms⁹¹², les résultats ne sont pas tous significatifs. Qui plus est, selon cette méthode, les collections de fréquence résultant d'événements acoustiques dissimilaires se sont avérées moins hétérogènes que prévu, raison pour laquelle nous avons privilégié les différences au niveau de la composition spectrale selon la phase des deux typologies prédominantes choisies, à savoir :

Typologie	Description	Phase
W	Moteur d'avion (son très grave)	Attaque et entretien
Hx	Texture rythmique de hauteur complexe	Émergence et prolongation

Tableau VI.4 Trois matériaux saillants

Dans un premier temps, nous avons consolidé un recueil de quatre collections de fréquence pour représenter l'empreinte sonore de chaque événement selon leur phase temporelle, en ayant recours aux dispositifs d'instanciation et d'analyse harmonique synchronique présentés antérieurement. De ce point de vue, à chaque typologie correspond un ensemble défini de notes — rapporté à la phase temporelle analysée, dont la représentation répond à

⁹¹² Le dispositif d'analyse harmonique synchronique **Synchronic Harmonic Analyzer 2.0** est téléchargeable sur le site www.danielmancero.com/outils-d-analyse-audio. Pour approfondir, nous renvoyons le lecteur au chapitre V.4.3 de ce travail de thèse.

une évaluation du champ fréquentiel pondéré par l'amplitude de chaque partiel harmonique.



Figure VI.26 Représentation du contenu spectral (partiel) de l'événement W dans sa phase d'attaque — Outil d'analyse harmonique synchronique



Figure VI.27 Représentation du contenu spectral (partiel) de l'événement W dans sa phase d'entretien — Outil d'analyse harmonique synchronique

Sur cette base, les trajectoires peuvent être inférées dans le temps selon la reconfiguration structurelle de chaque événement. Plus précisément, l'analyste peut représenter les trajectoires fréquentielles dans l'espace de timbres de chaque typologie, selon les différences de fréquence produites dans la bande occupée. De même, comme illustré dans

les figures VI.26-VI.29, le compositeur peut représenter l'évolution temporelle antinomique de ces deux événements. Examinons ce dernier point.

Pour ce qui est des matériaux de typologie W, l'évolution temporelle est marquée par un rétrécissement du spectre dans le registre grave, alors que l'évolution temporelle des matériaux de typologie Hx correspond à un élargissement de la plage fréquentielle vers l'aigu⁹¹³. Cette opposition peut être modélisée dans le processus de composition musicale.



Figure VI.28 Représentation du contenu spectral (partiel) de l'événement Hx dans sa phase d'émergence — Outil d'analyse harmonique synchronique



Figure VI.29 Représentation du contenu spectral (partiel) de l'événement Hx dans sa phase de prolongation — Outil d'analyse harmonique synchronique

⁹¹³ Il convient de préciser que les niveaux de gris utilisés dans le processus de notation correspondent à l'amplitude des fréquences partielles — les plus saillants étant plus foncés.

Puis, dans un souci de cohérence avec le dispositif instrumental choisi et compte tenu de la nature des matériaux analysés, nous avons transposé les diverses collections de fréquence de deux octaves vers l'aigu, l'idée étant de pouvoir disposer de doublures à l'octave pour jouer avec la masse sonore de l'ensemble instrumental. Comme illustré ci-contre, chaque collection peut être parcourue dans un espace discret d'un peu plus d'entre deux et quatre octaves, selon la phase temporelle choisie.



Figure VI.30 Collection de fréquences transposée de deux octaves vers l'aigu —
typologie W, phase d'attaque



Figure VI.31 Collection de fréquences transposée de deux octaves vers l'aigu —
typologie W, phase d'entretien



Figure VI.32 Collection de fréquences transposée de deux octaves vers l'aigu —
typologie Hx, phase d'émergence

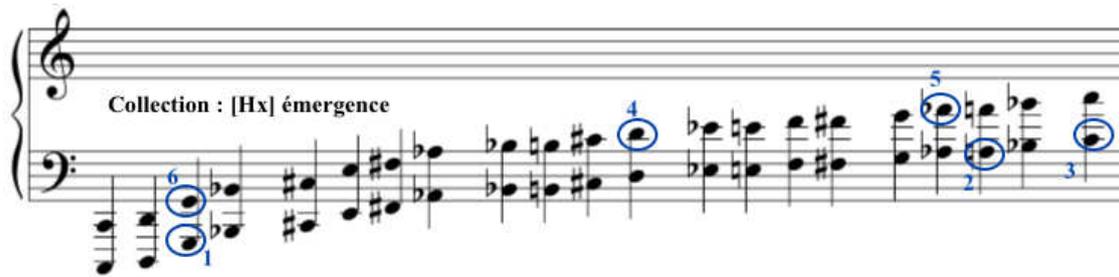


Figure VI.35 Prospection de l'espace de timbres de Hx – motif initial du vibraphone (les chiffres représentent chronologiquement la trajectoire parcourue dans l'espace de timbres)

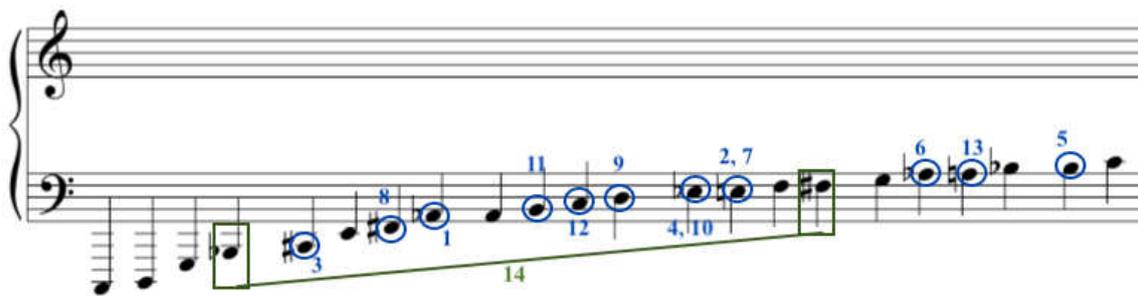


Figure VI.36 Prospection de l'espace de timbres du fond sonore – motif initial du marimba

Ce processus de composition répond à un procédé mélodique d'exploration de l'espace de timbres : chaque motif étant un modèle musical de prospection, il se développe a) dans l'espace de timbres qui lui est propre (mesures 1 – 14), ou bien b) dans un espace rapporté à la trajectoire de leur évolution dans le temps (mesures 15 – 33). Bien entendu, du point de vue musicologique, ce procédé ne vise qu'à inférer un système d'écriture hétérophonique fondé sur l'évolution interne des événements analysés, c'est-à-dire selon la transformation du champ fréquentiel en fonction des phases temporelles.

Compte tenu des difficultés rencontrées lors du processus d'analyse harmonique synchronique, cette composition nous a permis de cerner les problèmes que pose l'instanciation des flux audio, ainsi que les difficultés quant à la manipulation des modules de désagrégation harmonique. À cet égard, nous avons mis en place un nouveau dispositif d'analyse que nous présentons ci-après.

VI.3.2 Implémentation d'un module de contrôle automatisé de la fréquence d'analyse harmonique

Comme nous l'avons précisé plus haut, l'analyse harmonique des événements acoustiques par séries de Fourier entraîne un dilemme en ce que les paramètres du signal d'observation doivent être connus par l'analyste au préalable⁹¹⁵. Sur cette base, nous avons constaté que le module d'analyse par décomposition harmonique manque de précision quant aux moyens employés pour en assurer le bon fonctionnement, compte tenu de l'hétérogénéité des matériaux à analyser. Pour faire face à ce problème, nous avons développé un nouveau dispositif d'analyse par décomposition du signal qui comprend un module de contrôle dont le but est d'ajuster continuellement les paramètres d'observation (voir figure VI.37).

⁹¹⁵ Autrement dit, la fréquence d'observation doit être en rapport harmonique avec le signal observé. Nous renvoyons le lecteur au chapitre V.3.2 de ce mémoire de thèse

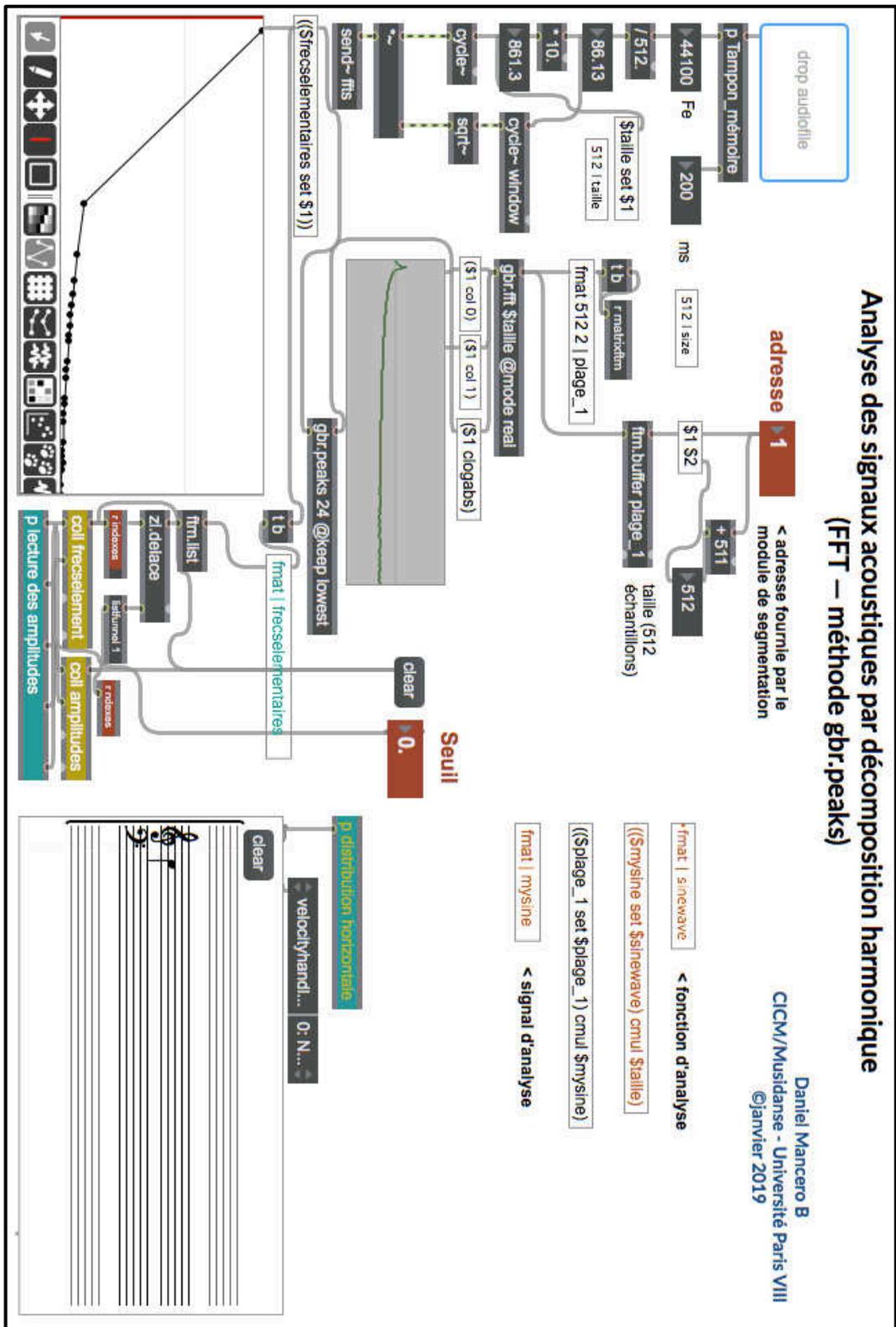


Figure VI.37 Dispositif d'analyse par décomposition harmonique — version améliorée

Comme il ressort de la figure ci-dessus, le module ftm appelé « taille » récupère la fréquence de la FFT, puis la fréquence est rendue fonctionnelle par la fonction sinusoïdale nommée « sinewave », dans la matrice fmat « mysine ». Alors, le fichier audio est fenêtré

à la fréquence adéquate, puis il est décomposé dans le domaine des fréquences à l'aide de l'objet `gbr.peaks`, en un nombre fini de composantes élémentaires (vingt-quatre en l'occurrence). Tant les fréquences que leurs amplitudes sont stockées dans une collection de valeurs, permettant à l'analyste de cibler et de filtrer les fréquences par ajustement d'un seuil d'amplitude. Une fois les collections consolidées, le module de filtrage (figure VI.38) affiche l'index des valeurs qui soient égales ou supérieures au seuil déterminé par l'analyste, puis le module de transcription récupère les pics de fréquence par ordre décroissant d'importance dans une syntaxe conforme au modèle syntaxique de notation dans la librairie `bach`, comme l'illustre la figure VI.39.

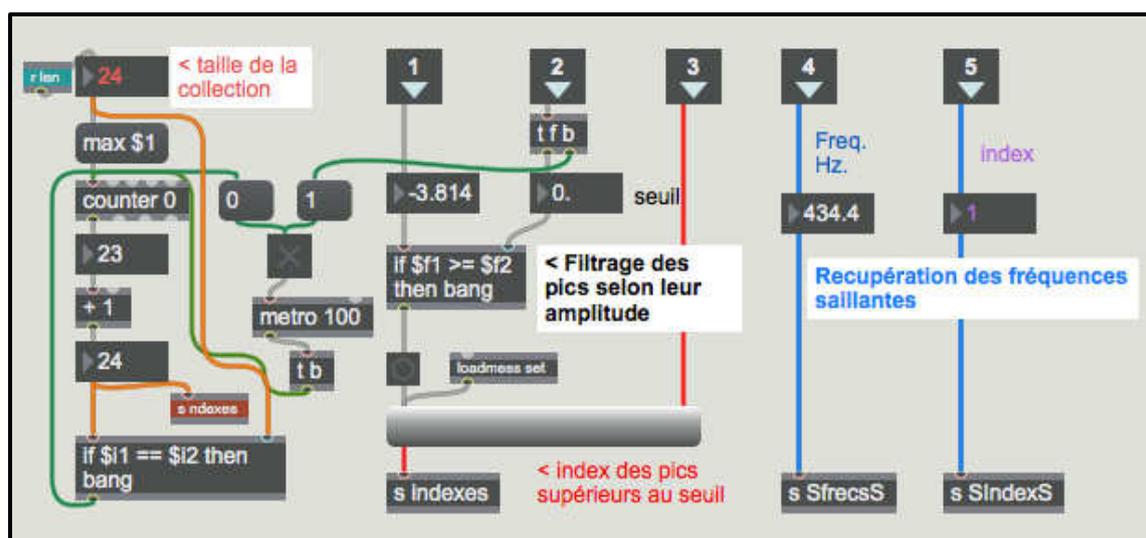


Figure VI.38 Module de filtrage des pics par corrélation avec leur amplitude

De cette manière, les instants qui déterminent un espace de timbres donné est représenté musicalement sur un système de portées, sous forme de collection de valeurs d'écriture syntaxique. Complémentairement, un dernier module permet à l'analyste de comparer le fichier audio analysé au rendu sonore de l'analyse par décomposition harmonique, comme l'illustre la figure VI.37 (coin inférieur droit).

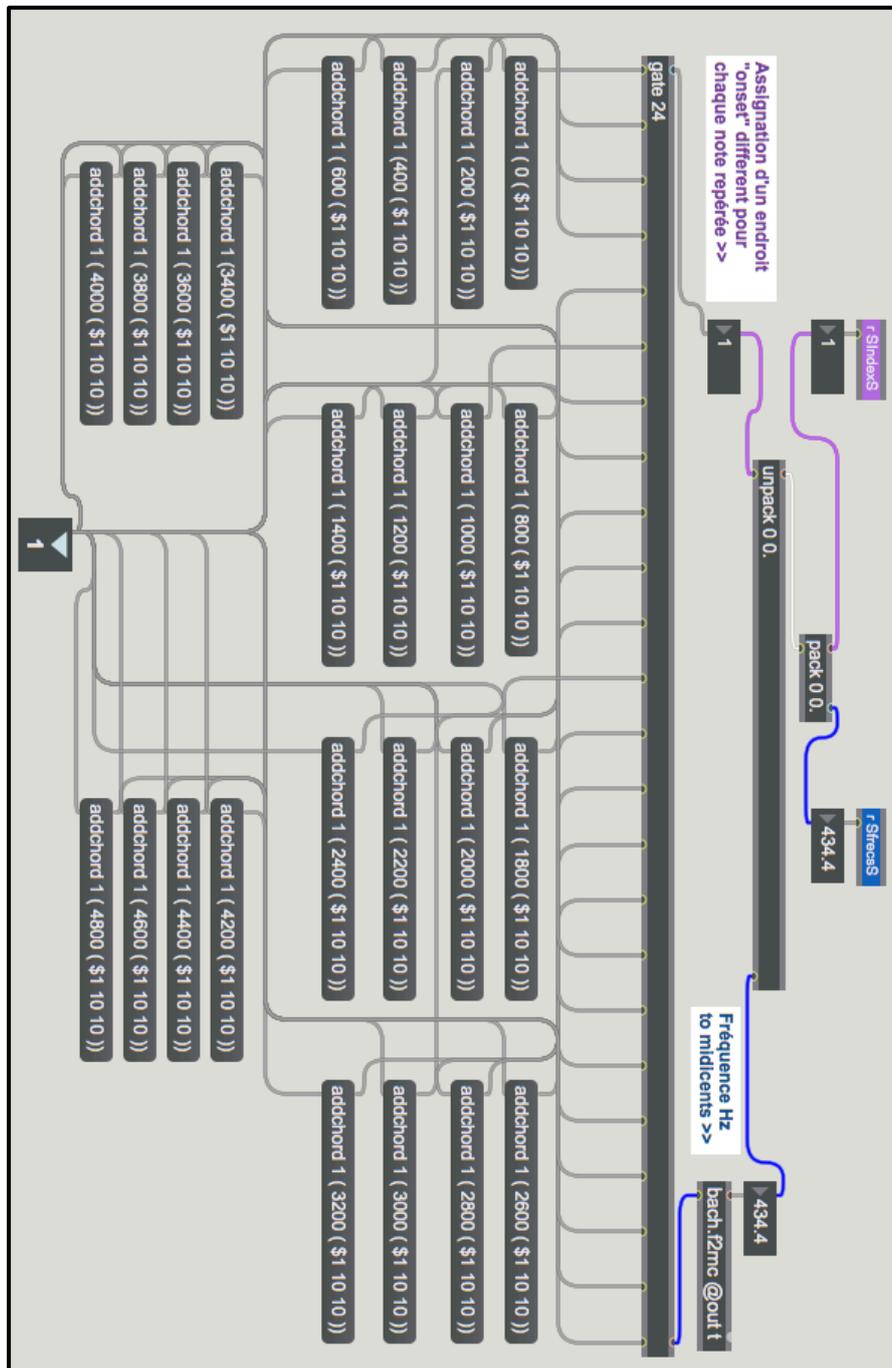


Figure VI.39 Module de transcription des pics de fréquence (en midicents)

Ce nouveau dispositif a été testé avec succès sur un corpus de fonctions sinusoïdales et de signaux complexes aperiodiques, ce qui prouve bien la pertinence des solutions présentées lors du processus d'expérimentation, de mise à l'épreuve et de création musicale.

VI.3.3 Retracer le profil dynamique du paysage sonore à partir de la variation spectrale

Lors du processus de modélisation poétique de « Double Glazed », nous constatons que les modules de segmentation ne s'avèrent pas assez efficaces pour l'exploration des événements sonores au niveau micro, notamment en ce qui concerne l'identification de leur profil dynamique. Plus précisément, nous pouvons constater que certains événements saillants ne peuvent pas être dûment représentés dans le domaine des fréquences, étant donné que les outils de segmentation que nous avons développés jusqu'alors ne tiennent pas compte de l'évolution temporelle qui particularise les événements caractéristiques, ces derniers étant de facture assez hétérogène. Pour faire face à ce problème, nous avons mis en place un dispositif consacré à l'analyse au niveau micro, capable de décrire les variations spectrales ayant lieu dans un segment audio déterminé — dont nous présentons les étapes ci-après.

Comme il ressort de la figure VI.40, ce module complémentaire de segmentation automatisé combine deux dimensions de description acoustique, à savoir la variance spectrale et les coefficients cepstraux MFCC (Mel Frequency Cepstral Coefficients). En ce qui concerne le premier de ces descripteurs acoustiques, il s'agit d'un dispositif d'analyse qui cherche à mesurer la dispersion du spectre autour du barycentre en fonction du temps, au moyen d'une pondération spatio-temporelle axée sur l'énergie spectrale instantanée du signal. Comme le signale Pierre Couprie, « le calcul de la variance suffit amplement pour mesurer [la] dispersion et compléter la valeur obtenue avec le calcul du barycentre⁹¹⁶ » ; cette dimension « est donc un indice complémentaire du barycentre, du spectral rolloff ou du spectral skewness afin d'obtenir une mesure de l'évolution spectrale⁹¹⁷ ». Complétement, les coefficients cepstraux MFCC⁹¹⁸ permettent quant à eux de représenter le son dans des plages définies de fréquence — selon un modèle psycho-acoustique qui tient compte de la pondération des fréquences et des hauteurs perçues dans l'agrégat sonore perçu par le système auditif humain⁹¹⁹. La MFCC constitue donc « un descripteur multidimensionnel de l'énergie spectrale [dont] le calcul est effectué à partir

⁹¹⁶ Couprie, P., *La visualisation du son et de ses paramètres pour l'analyse... Op.Cit.*, p.94.

⁹¹⁷ *Ibid.*, p.95

⁹¹⁸ Le mel est une unité de mesure reliée au hertz, permettant d'établir une relation entre les fréquences et leur repérage entre le grave et l'aigu, selon un modèle de séparation auditive standard. Pour approfondir, nous renvoyons le lecteur à l'annexe 8.3

⁹¹⁹ Cf. Logan, B., « Mel Frequency Cepstral Coefficients for Music Modeling », ISMIR 2000 Conference Proceedings, 2000.

d'un découpage du spectre en bandes de fréquence et d'une mesure de l'évolution de l'énergie sur chacune d'entre elles⁹²⁰ ».

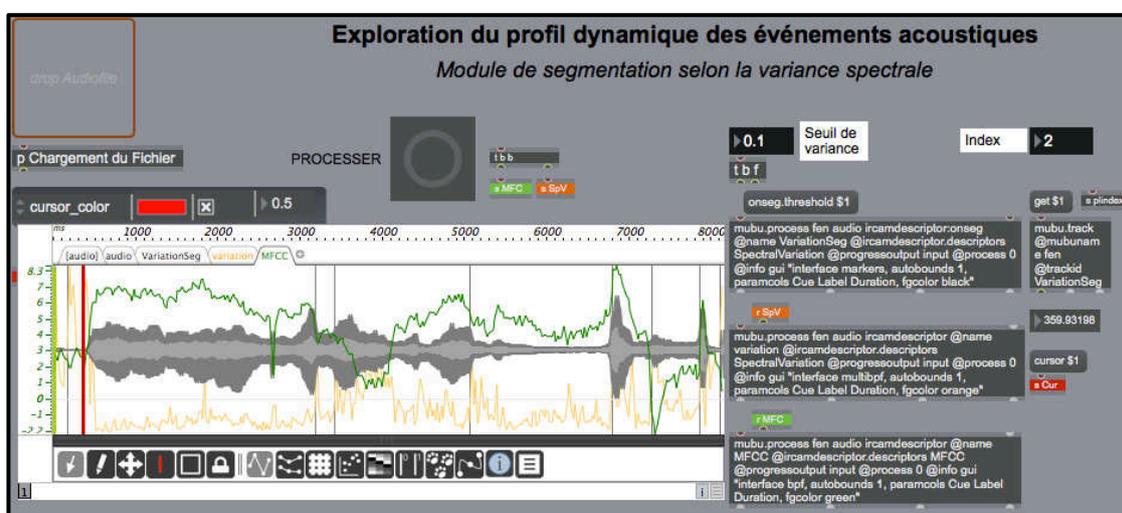


Figure VI.40 Module complémentaire de segmentation automatisée

Le dispositif que nous présentons permet de localiser les points d'articulation spectromorphologique au niveau micro d'une manière beaucoup plus précise : d'une part, la description de la variance spectrale donne une bonne indication du profil dynamique des événements analysés, tandis que la représentation par MFCC permet de distinguer la distribution de l'énergie spectrale dans le domaine des fréquences — compte tenu de l'effet de masquage et de l'échelle psycho-acoustique de hauteurs des sons.

Par un processus intensif d'expérimentation, nous avons pu constater une corrélation étroite entre les produits de la segmentation fondée sur la variance spectrale et le développement dynamique de distribution du flux audio dans des plages représentées par la MFCC⁹²¹, ce qui suppose une amélioration des moyens de description du profil dynamique des événements sonores, ainsi que des moyens de prospection de l'espace hétérophonique au sein des CfPS.

⁹²⁰ Couprie, P., *La visualisation du son et de ses paramètres pour l'analyse...*, Op.Cit., p.96

⁹²¹ Voir l'annexe 10.10

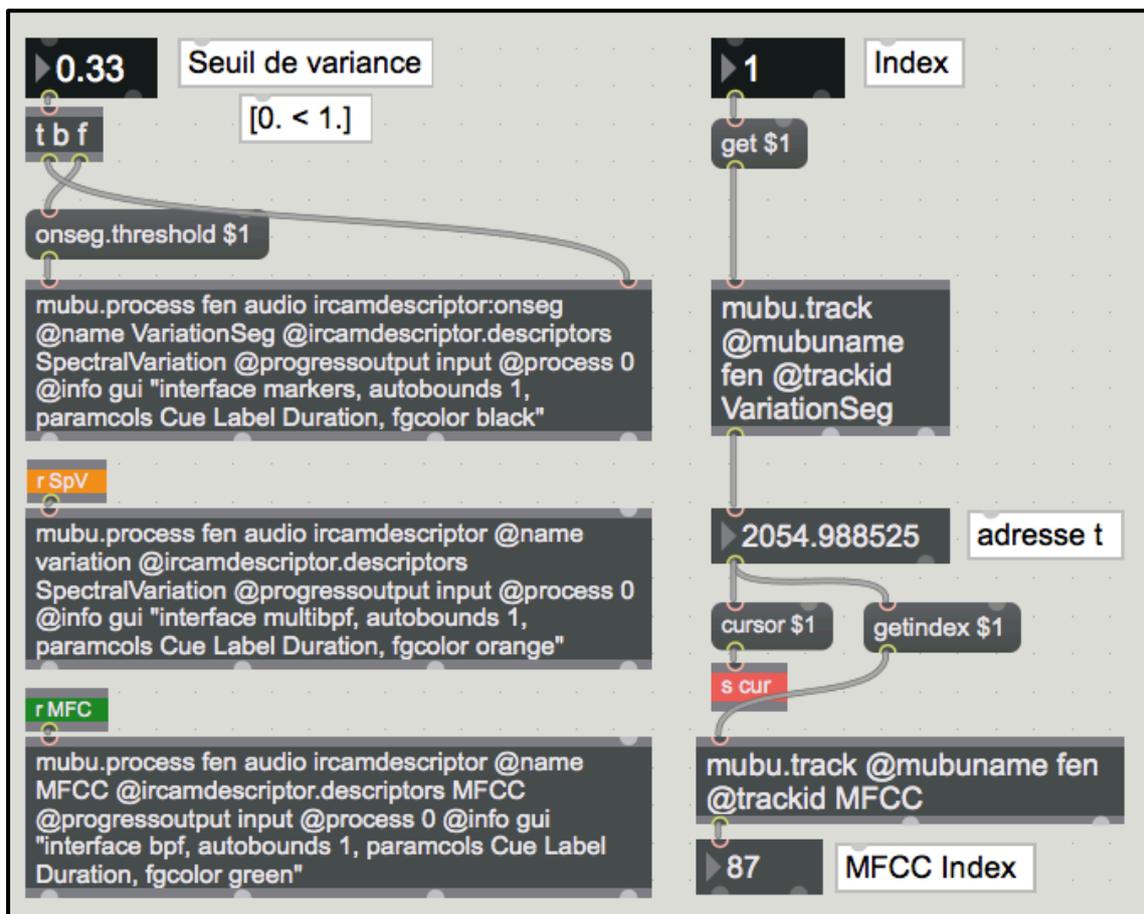


Figure VI.41 Détail des objets Max/MSP de description acoustique, fondés sur les progiciels mubu, pipo, et sur la librairie ircamdescriptors

Enfin, avec l'association de ces deux modules que nous venons de présenter, nous avons constitué un outil d'analyse hétérophonique beaucoup plus spécifique quant au profil dynamique des événements analysés⁹²², susceptible de mieux cibler les points d'articulation au niveau micro dans le processus de représentation fréquentielle⁹²³.

⁹²² Le dispositif en question, FluxAnalyzer, est disponible sur le site suivant : <https://www.danielmancero.com/outils-d-analyse-audio>

⁹²³ Nous y reviendrons plus en détail au chapitre VI.4.4

VI.4 Écriture hétérophonique et représentation syntaxique des modes d'interaction spectromorphologique.

Durant le processus de composition et de développement informatique, nous nous sommes proposés d'aborder musicalement les diverses problématiques touchant tant aux préceptes de l'écologie sonore qu'aux enjeux de l'analyse musicale centrée sur le domaine des fréquences. Or, l'un des facteurs ayant le plus d'influence sur le modèle poétique que nous proposons n'a encore été abordé que de manière partielle. Partant du principe que l'écosystème sonore est un assemblage hétérophonique organisé en plages de fréquence complémentaires, nous prenons comme point de départ la théorie des niches pour représenter les divers modes de relation spectromorphologique en tant que modes syntaxiques restrictifs d'écriture musicale. Cela signifie que les techniques d'écriture musicale doivent tenir compte du principe d'organisation écologique selon lequel l'espace fréquentiel se structure de façon limitée dans l'espace de timbres.

Proposée par Bernie Krause (1993), la théorie de niches affirme que l'écosystème acoustique s'organise de manière structurée, dans une logique de complémentarité et d'exclusivité. Dans d'autres mots, cette théorie suggère que l'environnement sonore se départage en plages de fréquence spécifiques, propres à chaque espèce vivante et communicante⁹²⁴. Les postulats constitutifs de la théorie des niches orientent l'étude systémique des écosystèmes dans des termes de bandes de fréquence, notamment à partir de l'évaluation des phénomènes temporels de séparation acoustique (temporal bandwidth discrimination) au sein de tout macro-système caractéristique d'une aire biogéographique — ou biome. Cette théorie postule que les espèces communicantes produisent des signatures sonores spécifiques (sound signatures) dont l'interaction peut être compétitive ou coopérative selon que les bandes de fréquence occupées par chacune des dites signatures interfèrent ou non entre elles⁹²⁵. La question se pose alors de savoir comment assurer au mieux la mise en œuvre de ces principes dans le processus syntaxique d'écriture musicale instrumentale.

⁹²⁴ Cf. Krause, B., « The Niche Hypothesis: A virtual symphony of animal sounds, the origins of musical expression and the health of habitats », *The Soundscape Newsletter* 06., June, 1993. [Version en ligne] : <https://www.researchgate.net/publication/269278107>, site consulté le 14 janvier 2019

⁹²⁵ Krause, B., *The Niche Hypothesis...Op. Cit.*

VI.4.1 Une interprétation syntagmatique de la théorie des niches écologiques

Du point de vue syntaxique-musical, nous constatons que les modes d'interaction que propose cette théorie peuvent être représentés assez clairement, notamment dans le domaine des fréquences : essentiellement, le procédé de représentation des modes d'interaction que nous proposons consiste à démarquer les signatures sonores des éléments constitutifs — par exemple, en imposant l'utilisation d'un timbre musical spécifique pour chaque collection de fréquences obtenue lors du processus d'analyse synchronique, pour ensuite élaborer un plan d'interaction syntaxique qui soit en cohérence avec les modes relationnels spectromorphologiques. Conséquemment, le processus de représentation peut être abordé de manière à ce que toutes les interactions possibles entre les divers instruments soient représentées musicalement, compte tenu de la compatibilité des collections de fréquence.

Dans ce contexte, les modes d'interaction déterminent les règles d'écriture musicale 1) au niveau micro — consistant en la distribution synchronique des éléments qui déterminent le système hétérophonique dans un instant donné, et 2) au niveau macro — rapporté à l'organisation temporelle des collections à utiliser. Cela étant, les stratégies d'écriture musicale doivent tenir compte de la spécificité fonctionnelle de chaque famille typologique, en accord avec les modes relationnels et sur la base de critères musicaux de représentation rythmique et mélodique. Pour illustrer cette méthodologie de représentation des modes relationnels, nous présentons dans ce qui suit une synthèse du modèle employé pour l'écriture de l'œuvre « Épenthèse », pour harpe classique et clarinette basse.

VI.4.2 « Épenthèse » pour clarinette basse et harpe à pédales

La notion d'épenthèse faisant référence à l'apparition d'un phonème non étymologique à l'intérieur d'un mot, nous faisons usage allégorique de ce principe pour désigner le mécanisme à l'œuvre dans le processus compositionnel de cette pièce. Le principe en est d'émuler les modes de relation spectromorphologique par l'introduction de notes n'appartenant pas à une collection donnée dans le processus de son développement thématique, l'insertion pouvant être du type constructif — pour les cas de convergence, de réciprocité et de mutation, ou bien du type destructif, notamment pour les cas de compétition et d'inégalité, tout en respectant la plage fréquentielle correspondante. Par insertion du type constructif, nous faisons référence à l'assimilation et/ou à l'implantation d'un ensemble d'éléments syntaxiques externes à l'intérieur d'une collection donnée. En

revanche, lorsque l'insertion est du type destructif, la mise en rapport d'éléments d'origines diverses se traduit par le rejet de toute assimilation. Dans les deux cas, nous avons affaire à un mécanisme syntaxique d'engendrement hétérophonique fondé sur un système d'écriture instrumentale chromatique⁹²⁶.

Sur la base de l'analyse de l'œuvre « Island » de Barry Truax (présentée au chapitre IV.3.1.4 de ce mémoire), nous avons mis en place un système d'écriture musicale visant à fournir un plan et un modèle conceptuel des modes de relation spectromorphologique. Comme il ressort du tableau VI.5, le plan d'écriture est organisé en six parties, avec la finalité de mettre en relief la diversité des possibilités syntaxiques qu'offre ce modèle de représentation musicale.

Section	Matériaux de base	Mode relationnel	Mesures
A	Hx, X'', Ex	Compétition	1 - 12
	Hx, En	Inégalité	
B	X'', Hx	Convergence	13 - 23
C	X (Hx), An	Mutation	24 - 39
	N', An		
D	Zy, Hn	Inégalité	40 - 68
	Zy, En		
	En, Zy		
E	Zy, An	Réciprocité, puis inégalité	69 - 135
F	Hx, Hn (En)	Convergence	136 - 174
	Hx, N	Inégalité	
	N, Hn	Mutation	

Tableau VI.5 Plan d'écriture — « Épenthèse » pour harpe et clarinette basse

Dans le cadre de cette composition, nous avons eu recours à nos deux méthodes d'analyse harmonique — à savoir les méthodes de prospection diachronique et synchronique, respectivement. Cela nous a permis d'explorer en détail l'espace de timbres des événements prépondérants en fonction de leur phase temporelle (attaque, entretien ou chute). Ainsi, par exemple, les événements du type Hx — ceux évoquant un ruisseau d'eau — ont été instanciés selon l'aplatissement spectral (kurtosis), puis analysés selon la méthode synchronique, le but étant de souligner leur qualité de timbre en tant que condition

⁹²⁶ Il convient de préciser que les outils dont nous avons eu recours pour l'engendrement de collections hétérophoniques permettent aussi d'avoir un rendu micro-tonal. Cependant, nous avons privilégié l'utilisation d'un système chromatique à douze valeurs, par souci de simplicité.

de saillance⁹²⁷ (voir figures VI.42 et VI.43). Complémentairement, ces événements ont été analysés selon la méthode diachronique (figure VI.44), dans le but d'esquisser et de représenter leur facture et leur profil dynamique au niveau macro.



Figure VI.42 Analyse d'un événement « En » pendant l'attaque (instant 1) et dans le maintien (instant 2). Critère de segmentation : kurtosis (1/10)

Comme il ressort des figures VI.42 et VI.43, l'espace de timbres associé à un événement typologique donné est en constante évolution, mais il peut conserver certains éléments dans le temps. Alors, ces éléments peuvent être utilisés comme points de repère au niveau micro pour « condenser » l'espace fréquentiel d'une famille typologique dans le temps, ou bien ils peuvent être omis pour ne privilégier que la mutation de l'espace lors de sa représentation musicale.



Figure VI.43 Analyse d'un événement « En » pendant l'attaque (instant 1) et dans le maintien (instant 2). Critère de segmentation : kurtosis (1/10)

Par ailleurs, comme l'illustre la figure VI.44, nous pouvons observer que l'analyse harmonique-diachronique d'un événement typologique donné peut rendre compte de l'évolution de ce dernier dans le temps, au niveau macro. D'un point de vue syntaxique, cette caractérisation peut être utilisée pour représenter de manière mélodique le système hétérophonique en tant qu'espace opérationnel où les divers événements typologiques interagissent.

⁹²⁷ La représentation poétique de cette dimension a été mise en relief par la consolidation d'une collection à usage exclusif de la clarinette basse — c'est-à-dire par la restriction ou la conditionnalité de son usage en tant que collection de fréquences.

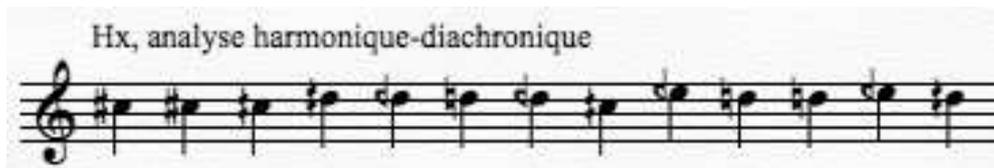


Figure VI.44 Analyse diachronique d'un événement « Hx ». Critère de segmentation : kurtosis (1/10)

Ces trois principes sont à la base de l'élaboration d'un ensemble « blocs sonores » capable de représenter le champ hétérophonique — compte tenu de leur évolution spectrale et temporelle.

Pour ce qui est des stratégies d'écriture de l'œuvre « Épenthèse », nous avons mis en forme quelques motifs musicaux⁹²⁸, chacun correspondant à un modèle unique de prospection de l'espace de timbres propre à chaque bloque sonore. Plus précisément, chaque modèle de prospection constitue un motif musical susceptible 1) de se transformer dans le temps (selon les phases temporelles) ; 2) d'interagir avec d'autres blocs, au moyen de l'inclusion d'épenthèses à l'intérieur de l'espace de timbres, et 3) de réagir aux modes relationnels — par adéquation aux changements dans l'espace de timbres, en fonction du champ déterminé par la/les typologie/s prédominante/s. Le processus d'écriture musicale a été déterminé par les modes d'interaction entre les divers blocs sonores (voir tableau VI.2), aussi bien que par la restriction temporelle dans l'exploitation desdits blocs sonores.

Pour illustrer cet aspect, il convient de consulter les conditions restrictives régissant la distribution des matériaux issus de l'analyse — notamment déterminant la distribution des plages de fréquence et l'utilisation des pédales de la harpe en fonction de la structure musicale de « Épenthèse »⁹²⁹. Dans ce qui suit, nous présentons quelques exemples de la manière dont ces conditions restrictives ont été mises en œuvre.

⁹²⁸ Par motif nous entendons une unité musicale, déterminée par une structure rythmique et conditionnée par une régularité de distribution intervallique.

⁹²⁹ Nous renvoyons le lecteur à l'annexe 10.9 de ce mémoire de thèse.

VI.4.3 Considérations de composition musicale soulevées par quelques aspects issus de la théorie de niches

Comment représenter syntaxiquement la distribution des signatures sources dans l'espace hétérophonique d'une CfPS sans réduire les spécificités indicielles et spatiales qui déterminent la complexité écosystémique du paysage sonore ? Pour répondre à cette question, il est indispensable de poser une série de critères qui nous permettront d'évaluer la pertinence d'une approche syntaxique de composition musicale axée sur la structure spectrale des événements saillants. Comme le signale Bernie Krause : « le concept de paysage sonore est composé de ce [qu'on] appelle des signatures sources, ce qui signifie que chaque type de son, quelle que soit son origine, contient sa propre signature (ou qualité), qui elle-même renferme un vaste stock d'informations⁹³⁰ ». Dans ce sens, nous avons formulé l'hypothèse qu'il est possible de reconstituer l'écosystème hétérophonique qui est à la base des CfPS au moyen d'une opération syntaxique centrée sur la composition fréquentielle des signatures sources, et délimitée par la distribution des plages spectrales dans le dispositif instrumental à utiliser⁹³¹.

Puisque, comme le signale Krause, « [une] signature individuelle est unique, tout comme le paysage sonore naturel dans son ensemble [...]»⁹³², il est clair que la complexité acoustique rapportée à la survenance systématisée des événements typologiquement équivalents n'est pas aisément déterminable du point de vue syntaxique. Autrement dit, la singularité des signatures sources constitue un facteur clé qui peut gêner les efforts visant à représenter l'hétérogénéité du paysage sonore selon leur caractérisation typologique. Or, la représentation systémique des signatures sources n'est pas forcément compromise dans le processus de modélisation syntaxique si l'on tient en compte que, comme le proposent Bernie Krause, Almo Farina et Stuart Gage⁹³³, les sons de l'environnement peuvent être classés dans deux grandes catégories, à savoir 1) les signaux actifs, « provenant généralement de sources biophoniques et antropophoniques », et 2) les éléments passifs « comme le vent et d'autres signaux liés à la météo [...]»⁹³⁴. Dans cette optique, il est clair que le système hétérophonique que nous visons à modéliser est déterminé par ces deux

⁹³⁰ Krause, B., *Chansons animales et cacophonie humaine...Op.Cit.*, p.14

⁹³¹ Cf. chapitre IV.4.3 de ce mémoire de thèse.

⁹³² Krause, B., *Chansons animales...Op.Cit.*, p.15

⁹³³ Farina, A., et Gage, S., (éds.) *Ecoacoustics : The Ecological Role of Sounds*, Hoboken, NJ: John Wiley and Sons Inc., 2017

⁹³⁴ Krause, B., *Chansons animales...Op.Cit.*, pp.17-18

propriétés, et donc, que notre modèle d'écriture et de représentation syntaxique doit prendre en considération l'attribut (actif ou passif) décrivant la potentialité relationnelle des événements caractéristiques.

Fort de ce qui précède, nous avons adapté nos dispositifs d'écriture musicale et de représentation syntaxique des modes relationnels, de façon à mettre en valeur la dynamique que comporte le système hétérophonique des CfPS. Plus particulièrement, nous avons mis en place un dispositif d'écriture musicale centré sur l'opposition dynamique des matériaux sonores. Ce dernier dispositif consiste à limiter l'espace fréquentiel qu'occupe chaque instrument, afin de mettre en exergue le caractère des collections typologiques — tantôt actif, tantôt passif —, selon leur capacité à se détacher de la plage fréquentielle qu'elles partagent. Pour illustrer cet aspect, le tableau VI.3 fournit des indications sur la distribution des plages de fréquence dans le processus d'écriture musicale : ce tableau indique la potentialité relationnelle des collections typologiques — exprimée sous forme de « relation d'inclusion » entre les espaces occupés par chacun des instruments, en même temps qu'il rend compte de l'attribut décrivant la prépondérance des familles typologiques actives.

Mesures	Relation d'inclusion	Groupe actif	Groupe passif
1 - 5	Harpe \subset Cl.	En	Hx
6 - 23	Cl. \supseteq Harpe	X''	Hx
23 - 39	Cl. \subset Harpe	Hx	An
40 - 68	Harpe \supseteq Cl.	—	—
69 - 174	Harpe \subset Cl.	En	Hx

Tableau VI.6 Modèle de partitionnement des plages de fréquence. Schéma de distribution des collections typologiques en fonction de l'instrumentarium choisi

Examinons cela plus en détail. Selon la nomenclature employée, un instrument peut être inclus dans l'espace fréquentiel d'un autre instrument si les collections typologiques représentées entretiennent une telle relation de conditionnement. Ainsi, $a \subset b$ implique que l'instrument a inclut strictement l'instrument b, particulièrement en termes de registre instrumental. Complémentairement, l'expression $a \supseteq b$ signifie que l'espace fréquentiel de l'instrument a est une extension de l'espace de l'instrument b, ce qui suppose un détachement du registre instrumental partagé et, d'une certaine manière, une condition de saillance syntaxique déterminée par l'étendue fréquentielle et par le registre des instruments.

Complémentairement, nous avançons un modèle de représentation poïétique qui prend en considération d'autres stratégies de modélisation poïétique, eu égard aux formes d'interaction avancées par la théorie des niches. Plus particulièrement, ce modèle repose sur une suite de cinq trajectoires de prospection de l'espace de timbres, dont la mise en relation permet de reconstruire les modes de relation spectromorphologique. Puisque l'hétérophonie résulte « de la superposition [...] d'un nombre donné de structures parallèles⁹³⁵ », l'utilisation de cette suite de trajectoires favorise la mise en relation des collections fréquentielles, tout en permettant en même temps de symboliser leur identité typologique et le rôle dynamique des modes de relation spectromorphologique.

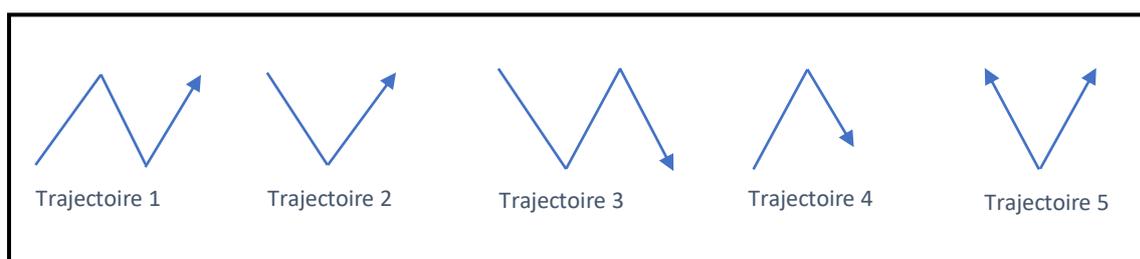


Figure VI.45 Suite de trajectoires déterminant le contour mélodique dans la prospection de l'espace de timbres

En vertu de ces critères, les modes relationnels peuvent être déployés sur le domaine syntaxique d'écriture musicale, comme le montre le tableau VI.7 ci-après.

En outre, comme il ressort des figures VI.46 et VI.47, le processus d'écriture de l'œuvre « Épenthèse⁹³⁶ » met en relation les trois considérations soulevées ci-haut, à savoir 1) le partitionnement des plages de fréquence — en fonction du registre instrumental établi ; 2) le caractère actif/passif des familles typologiques — selon la restriction et/ou le dépassement des registres instrumentaux établis, et 3) la représentation syntaxique des modes relationnels, au moyen d'une suite de trajectoires déterminant le contour mélodique de chaque unité musicale.

⁹³⁵ Dal Molin, P., « Sans cause extérieure apparente, ni affluents, ni glaciers, ni orages... La construction de l'hétérophonie dans les versets de rituel » In Lelou, J.-L (éd.) et al., Pierre Boulez. Techniques d'écriture et enjeux esthétiques, Op.Cit., p. 218

⁹³⁶ Voir l'annexe 10.8 de ce mémoire de thèse

Modes de relation spectromorphologique	Relation des trajectoires
<p>Interaction :</p> <p>Collaboration, égalité, coopérativité, mutation, convergence</p>	Trajets différents, même direction
<p>Interpolation :</p> <p>Changement, interruption, résistance</p>	Trajets similaires, direction opposée
<p>Réaction :</p> <p>Inégalité, compétition, déplacement</p>	Trajets différents, direction opposée

Tableau VI.7 Modèle de représentation syntaxique des modes relationnels

Afin d'illustrer la façon dont ces considérations ont été intégrées lors du processus de composition, nous présentons une analyse détaillée de l'œuvre⁹³⁷. La nomenclature utilisée est la suivante :

- a) Le codage des trajectoires est annoté de manière à indiquer le contour mélodique employé — « t1 » pour trajectoire 1, « t2 » pour trajectoire 2, et ainsi de suite ;
- b) L'évolution des modes de relation spectromorphologique est indiquée par une reconfiguration de l'accordage de la harpe — représentée par le pictogramme du pédalier, comme il est d'usage, et
- c) La relation d'inclusion est signalée conformément au schéma figurant au tableau VI.6.

⁹³⁷ L'analyse complète de l'œuvre Épenthèse est disponible sur le site www.danielmancero.com/annexes-these

Épenthèse

pour harpe et clarinette

Daniel Mancero Baquerizo

$\text{♩} = 112$ t3 t5 t5

Bass Clarinet *p* *mp* *mf*

h ⊂ cl

Harp *mp* *mf*

t5 t4 t4 t5

B. Cl. *pp* *mp* *p* *f* *p* *f* *p*

t3 t4 t5 **cl ⊃ h**

Hp. *mp* *pp*

t5 t3 t5

B. Cl. *f* *p* *f* *p* *mf* *f* *mp* *f*

t4 t4

Hp. *f* *mp* *f*

t5 t5 t1 →

Figure VI.46 Analyse des critères syntaxiques de modélisation poétique —
 « Épenthèse » pour clarinette basse et harpe à pédales

VI.4.4 Phases temporelles et instanciation analytique

L'une des plus grandes difficultés lors de l'analyse acoustico-musicale des CfPS est le manque de documentation musicologique nous permettant d'accéder aux matériaux de base. Dans ce contexte, il est compliqué dans un premier temps de retracer la genèse et les stratégies de composition des œuvres fondées sur le paysage sonore, sauf pour certaines exceptions spécifiées précédemment. De manière générale, l'étude que nous avons menée a fait ressortir des difficultés relevant de l'absence de précision dans l'échantillonnage des matériaux saillants. Cependant, les résultats obtenus lors de l'analyse de certains matériaux originaux⁹³⁸ nous ont permis de déterminer les mécanismes pouvant être mis en place pour opérer un étalonnage des matériaux saillants dans l'écoute.

Compte tenu des critères énoncés au chapitre VI.3.3, nous partons du principe que le profil dynamique des événements acoustiques ne peut être retracé fidèlement que si les critères de segmentation acoustique prennent en considération la variation spectrale de chaque événement sonore. Puis, sur la base des principes d'instanciation évoqués au chapitre V.5.2, nous inférons que la formalisation des événements sonores dans le domaine des fréquences doit se fonder sur une identification claire des phases temporelles caractéristiques. Fort de cela, nous établissons, en dernière instance, les paramètres d'instanciation, de décomposition harmonique et de représentation des matériaux issus de l'environnement sonore. Si nous partons du principe que toute condition de saillance au niveau local répond à des critères analytiques rapportés à l'enveloppe temporelle, à la facture, à la masse et à la récurrence, nous inférons que toute saillance peut être localisée avec certitude dans le flux audio⁹³⁹. Puis, si nous nous servons de ces mêmes critères d'analyse lors du processus de décomposition harmonique, nous pouvons cibler la structure harmonique instantanée — correspondant à la phase temporelle qui détermine chaque instant de saillance : nous avons donc affaire à une formalisation fréquentielle des matériaux saillants dans leur phase temporelle caractéristique.

Comme il ressort du tableau VI.8, on note une corrélation entre les conditions de saillance et les critères acoustiques d'articulation — qui est susceptible de constituer une

⁹³⁸ Nous faisons référence notamment à l'analyse des œuvres « Pendlersdrøm » et « Island » du compositeur Barry Truax, dont la documentation de base nous a été fournie par le compositeur lui-même.

⁹³⁹ Comme il a été dit précédemment, les conditions de saillance s'organisent sur deux niveaux de complexité : le niveau local — rapporté à la surface musicale, et le niveau subjectif ou global. Nous renvoyons le lecteur au chapitre III.6.2 de ce mémoire de thèse.

représentation symbolique de la phase temporelle caractéristique de chaque famille typomorphologique.

Phase temporelle		Attaque	Maintien	Relâchement
Conditions de saillance	Attaque	√	—	—
	Position métrique	√	—	—
	Sonie	√	√	—
	Timbre	√	√	√
	Registre	—	√	—
	Densité	√	√	—
	Durée	√	—	√

Tableau VI.8 Corrélation entre les conditions de saillance et la phase temporelle des événements saillants

Suivant cette logique, nous obtenons un modèle d’instanciation temporelle en fonction de la facture typomorphologique des événements saillants, comme l’illustre le tableau ci-dessous :

Facture sonore	Phase temporelle caractéristique	Méthode d’instanciation
Impulsion	Attaque	Simple [1 instant]
Facture itérative	Attaque - maintien	Composite [2 instants]
Facture continue	Attaque – maintien - relâchement	Composite [3 instants]
Facture imprévisible	Émergence - maintien	Composite [2 instants]

Tableau VI.9 Corrélation entre les conditions de saillance, la phase temporelle des événements sonores et la méthode d’instanciation proposée

Il s’en suit que 1) les mécanismes d’instanciation permettant la détection des événements sonores saillants doivent correspondre aux critères d’articulation sonore au niveau macro — décrits au chapitre IV.3, et 2) les dispositifs de formalisation temporelle doivent opérer

durant le temps de saillance, en accord avec les descriptions de variation spectrale. Cela nous mène à l'hypothèse que, compte tenu des difficultés rencontrées lors du processus de recensement des matériaux source, il est possible de représenter l'espace fréquentiel des matériaux saillants sans forcément y avoir recours⁹⁴⁰, à condition que soient respectés les critères acoustiques de segmentation et leur rapport avec les conditions de saillance.

Nonobstant, force est de constater que, pour ce qui est de la formalisation temporelle des événements sonores saillants, la succession des phases caractéristiques s'avère difficile à maîtriser, d'autant plus qu'elle sous-entend la dissipation continue d'une configuration typologique ayant lieu dans l'espace des fréquences — ce qui implique à son tour des problèmes de masquage fréquentiel. C'est pourquoi nous proposons dans ce qui suit de formaliser les événements caractéristiques à l'intérieur d'une plage temporelle définie par les points d'articulation repérés au niveau macro.

VI.4.5 « FluxAnalyzer » : dispositif d'instanciation à deux niveaux

Compte tenu de ce qui précède, nous avons considéré l'amélioration des dispositifs d'analyse présentés tout au long de ce mémoire de thèse, dans le but ultime de compiler les divers modules d'indexation dans une seule application informatique axée sur la description typomorphologique, l'analyse harmonique et la représentation fréquentielle des événements sonores saillants. Cela répond non seulement au besoin de disposer d'un meilleur outil destiné à l'étude des CfPS, mais aussi à la possibilité de développer un dispositif capable de guider l'analyste durant le processus de formalisation temporelle des événements saillants. À cette fin, l'outil⁹⁴¹ que nous avons développé dispose d'un module indépendant d'instanciation micro-temporelle susceptible de cibler les variations spectrales qui caractérisent la survenance des phases temporelles à l'intérieur d'un espace délimité par des variations macro-temporelles, comme l'illustre la figure VI.48.

⁹⁴⁰ Ce point est traité plus en détail au chapitre VI.5.1

⁹⁴¹ Il s'agit de l'application FluxAnalyzer, téléchargeable sur le lien suivant : www.danielmancero.com/outils-d-analyse-audio

Flux Analyzer 1.1

Dispositif d'analyse acoustico-musicale de compositions fondées sur le paysage sonore

Daniel Mancero B
CICM/Musidance – Université Paris 8
©2019

1 Module de segmentation acoustique

Méthode /3:

- I. Apaisement et brillance
- II. Distribution spectrale et symétrie spectrale
- III. Inharmonicité et amplitude

mode stand-alone:

opacity: corner_color: z: 2 X

Erreur AudioFile Erreur TestFile

Appuyez la souris

Segmentation selon la symétrie spectrale [seuil 0.5/10]

Points d'articulation (analyse macrotemporelle)

II. Symétrie et distribution spectrales

Symétrie spectrale	Distribution spectrale	Brillance	Minimiser
0.5 < 10.	0. < 10.	0. > 100	0.

Quantif. sp. Distribution sp. Brillance

2 0 0

Séances Perceives Index br. 0 0

Typologie: Adresse temporelle

0. 0. "

Adresse temporelle

0. 1.6602"

Adresse temporelle

2 Module d'analyse harmonique diachronique : Borycén

Module d'instanciation microtemporelle

Segmentation microtemporelle

Variance Spectrale

Activer le module de formalisation temporelle

< 0.5 0.5

Avancer à la phase suivante +1

Adresse temporelle

0. 1.6602"

coll. fréquences Bar-Percipi p. rotation

Passage progressif permettant de cibler les phases microtemporelles

Figure VI.48 Application « FluxAnalyzer 1.1 » — modules d'instanciation macro et microtemporelle

Plus précisément, l'application dispose de deux fenêtres de segmentation :

- a) Une première (en haut) — associée aux critères d'articulation musicale exposés au chapitre IV, est consacrée aux points d'articulation au niveau macro et permet d'identifier les variations rapportées aux conditions de saillance ;
- b) Une deuxième (en bas) — dont le rôle est d'obtenir une mesure de l'évolution spectrale, se fonde sur la base d'une reconnaissance des fluctuations spectrales⁹⁴².

Grâce à cet outil, nous sommes capable de retracer les changements micro-temporels ayant lieu dans le domaine des fréquences, et de ce fait, nous pouvons formaliser la composition harmonique qui définit chacun des événements qui structurent la CfPS, en accord avec leur/s phase/s temporelle/s caractéristique/s, comme l'illustrent les figures ci-dessous :



Figure VI.49 Analyse synchronique du fichier « Brakes943 » — Pendlerdrøm (Barry Truax). Sec 1.660 [Phase d'attaque]



Figure VI.50 Analyse synchronique du fichier « Brakes » — Pendlerdrøm (Barry Truax). Sec 2.357 [Phase d'entretien]

⁹⁴² Nous renvoyons le lecteur au chapitre VI.3.3

⁹⁴³ Cet échantillon correspond à l'événement de typologie N de la deuxième partie. Nous renvoyons le lecteur à l'annexe 2.4



Figure VI.51 Analyse synchronique du fichier « Brakes » — *Pendlerdrøm* (Barry Truax).
Sec 2.914 [Phase de relâchement]

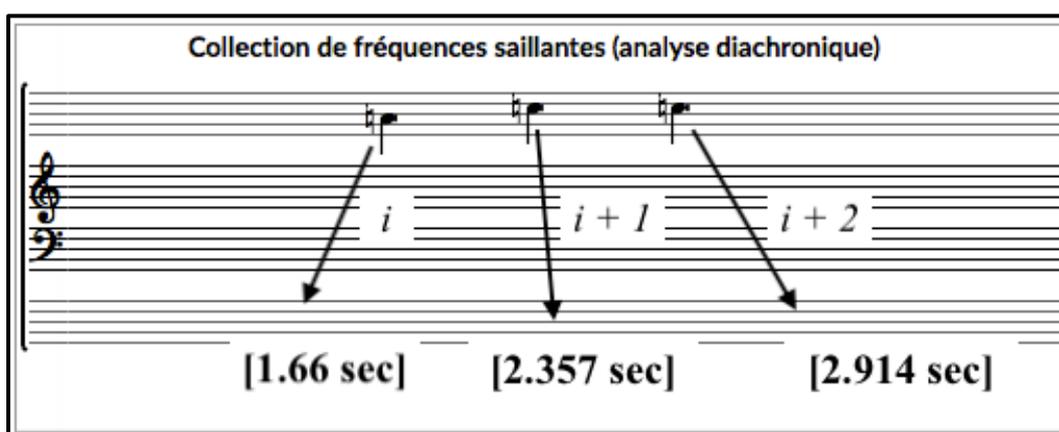


Figure VI.52 Analyse diachronique du fichier « Brakes » — *Pendlerdrøm* (Barry Truax).
Hauteur perçue lors du processus d'instanciation composite

Chacune des représentations figurant ci-dessus correspond à un instant essentiel de transition dans le domaine spectral, dans une succession dynamique. Or, il convient de préciser que la relevance de ces moments est en fonction de la facture de chaque événement saillant perçu. Ainsi, la pertinence dans l'utilisation de ce dispositif réside dans le rapport entre les critères de segmentation au niveau macro et la typomorphologie de l'événement analysé.

Ce dispositif d'instanciation micro-temporelle nous a permis de constater la pertinence et les inconvénients de chaque étape du processus d'analyse et de modélisation, en fonction de la nature et de la provenance des fichiers étudiés — selon qu'il s'agisse d'une analyse pratiquée sur l'œuvre musicale comme telle, ou bien d'une analyse autonome des échantillons sonores de base. Fort de ces constats, nous avons pu comparer les résultats entre quelques saillances repérées lors de l'écoute de « *Pendlerdrøm* » et les matériaux de base ayant servi à l'agencement sonore de cette CfPS. Comme il ressort des figures ci-

dessous, nous constatons que l'analyse réalisée sur le continuum sonore (figure VI.55) correspond bien à un couplage de deux matériaux saillants que nous avons repérés lors du processus de marquage, à savoir l'événement « Brakes » du type N dans sa phase d'attaque (figure VI.49), et l'événement « TrainPassLoop » du type W, dans leur phases d'attaque et d'entretien (figures VI.53 et VI.54).



Figure VI.53 Analyse synchronique du fichier « TrainPassLoop » — Pendlerdrøm (Barry Truax). Sec 0.8 [phase d'attaque]



Figure VI.54 Analyse synchronique du fichier « TrainPassLoop » — Pendlerdrøm (Barry Truax). Sec 1.12 [phase d'entretien]



Figure VI.55 Analyse synchronique d'un événement du type N [2'20.59'] — Pendlerdrøm (Barry Truax) [Phase d'attaque]

Quand bien même ces résultats seraient avérés (nous permettant d'avancer l'hypothèse selon laquelle la décomposition harmonique du champ hétérophonique équivaut à la somme des événements saillants isolés), nous devons toutefois être conscients des limitations de pareilles comparaisons. De surcroît, cette analyse fait ressortir certaines problématiques qui concernent l'étude musicale des CfPS, notamment en ce qui a trait à l'absence de traces de manipulation et de données sur le processus de composition musicale. La mise en place de cette application répond donc à des impératifs méthodologiques découlant directement de la démarche de recherche/création ; elle nous permet de mettre davantage à l'épreuve notre hypothèse fondamentale, à savoir que le caractère écologique des CfPS peut être entendu harmoniquement et modélisé poïétiquement, à l'aide d'une analyse au niveau fréquentiel — instanciée selon la structure d'articulation que l'étude gestaltiste du paysage sonore laisse distinguer⁹⁴⁴.

À l'évidence, ce dispositif ne constitue qu'un modeste complément du système de modélisation poïétique du champ hétérophonique : il favorise la représentation syntaxique-musicale de matériaux saillants dans le domaine des fréquences, tout en permettant de formaliser la/les phase/s temporelle/s des événements caractéristiques, au moyen d'une instanciation au niveau micro. Il convient de mentionner qu'il s'agit d'un dispositif assez limité quant à la séparation et à l'identification de sources sonores, son but principal étant :

- 1) de cibler des points d'articulation — au niveau macro et micro ;
- 2) de pratiquer une analyse par décomposition harmonique, et
- 3) de faire une représentation syntaxique-musicale des matériaux analysés.

Nonobstant ces limitations, le dispositif d'instanciation macro et micro temporelle que nous avons présenté ci-haut apporte déjà une contribution à l'identification des paramètres syntaxiques-musicaux susceptibles de pouvoir guider le processus de composition fondée sur le paysage sonore.

⁹⁴⁴ Nous renvoyons le lecteur au chapitre III.3.3 de ce mémoire de thèse.

Conclusion de la cinquième partie

Notre modèle du système hétérophonique repose sur la production de mécanismes d'écriture musicale visant à opérer une réduction syntaxique des matériaux sonores dans le domaine des fréquences, aux fins de faciliter la mise en œuvre d'un système de composition musicale qui soit, dans la mesure du possible, conforme aux exigences esthétiques et aux principes théoriques de l'écologie acoustique. Au cours de cette dernière partie, nous avons présenté les lignes directrices relatives aux critères et aux procédures d'écriture musicale, en concordance avec quelques estimations théoriques issues de l'analyse du répertoire des CfPS. Plus précisément, nous avons tenté de mettre l'accent sur certains aspects poïétiques dont l'importance est cruciale pour la réussite de ce processus de modélisation de l'espace hétérophonique des CfPS. Dans cet esprit, nous avons décrit en détail les étapes nécessaires pour la réalisation d'un système syntaxique de représentation musicale, notamment destiné à la reconstitution des événements sonores saillants dans le domaine des fréquences, compte tenu de leur évolution temporelle.

De ce fait, le modèle hétérophonique que nous proposons consiste à combiner diverses perspectives analytiques — typomorphologiques et spectromorphologiques, dans un champ opératoire défini par un ensemble de règles syntaxiques de composition musicale. Parmi elles, l'alternance et la superposition de collections typologiques de fréquence est reconnue comme une stratégie d'écriture musicale axée sur la distribution des matériaux sonores saillants ; l'élaboration d'une grille de distribution hétérophonique peut être considérée comme un mécanisme efficace de représentation du champ hétérophonique au niveau macro, alors que l'engendrement de collections hétérophoniques résulte en une représentation des familles typologiques, strictement dans le domaine des fréquences.

Dans la mesure où ces procédés ne donnent pas lieu à une caractérisation accomplie de l'espace hétérophonique, nous nous sommes aussi proposés de décrypter syntaxiquement les modes de relation spectromorphologique ayant lieu dans le répertoire étudié. Pour ce faire, nous avons eu recours à des techniques d'écriture musicale fondées sur la mise en relation d'ensembles cohérents discrets, plus particulièrement au moyen d'opérations poïétiques telles que la superposition de structures parallèles et l'élaboration de structures par agrégation de fréquences comme outils de prospection sonore (chapitre VI.1.3), et la multiplication de blocs sonores (chapitre VI.2.1).

Au cours de ce processus dialogique de recherche/création, nous avons pu cerner les avantages et les inconvénients de nos dispositifs d'analyse et de segmentation, ainsi que

nous avons pu évaluer la pertinence de notre modèle poïétique du champ hétérophonique — notamment en ce qui concerne la gestion de données à valeur syntaxique. Dans ce sens, nous avons abordé la question de savoir comment une notion subjective — à savoir, les modes de relation spectromorphologique — peut-elle devenir un objet opératoire dans un cadre d'écriture musicale. Ainsi, par exemple, nous avons présenté un recueil de collections de fréquence ayant pour but de retracer l'empreinte sonore des événements sonores saillants en fonction de leur phase temporelle (chapitre VI.3.1).

Toujours est-il que cette démarche poïétique reflète une dimension technique non négligeable de l'analyse musicale des CfPS : il s'agit des acquis essentiels et des méthodes de base du traitement du signal. À cet égard, nous avons pu réaliser des améliorations significatives dans le développement d'outils informatiques de description acoustique, de segmentation automatisée et de représentation de l'espace de timbres par décomposition harmonique. Tel est le cas notamment du dispositif d'instanciation à deux niveaux FluxAnalyzer 1.1, nous permettant de décrire, de segmenter et de prospector le contenu spectral d'un fichier audio, tant au niveau macro — ce dernier rapporté à la forme musicale et/ou aux points d'articulation acoustique, qu'au niveau micro — lié aux phases temporelles et aux critères de variation acoustique qui caractérisent la contexture et l'empreinte des événements sonores saillants.

Quand bien même chacune de nos cinq compositions correspond à une phase spécifique du modèle proposé, leur mise en œuvre permet d'identifier un enjeu important pour l'analyse des CfPS : bien qu'il s'agisse d'une forme de création définie comme étant axée sur les caractéristiques contextuelles du son⁹⁴⁵, elle peut être appréhendée comme une pratique poïétique dont les stratégies de composition et d'agencement sonore sont traduites en des attributs acoustiques discrets — possédant en commun un certain nombre de caractéristiques. Cela étant, ce processus de modélisation poïétique permettrait d'établir une base fiable pour l'analyse et la représentation des CfPS dans des domaines autres que celui des fréquences.

⁹⁴⁵ Cf. Schafer, M., *Our Sonic Environment... Op.Cit.*

Conclusion

Dans ce travail de thèse, nous avons tenté d'approfondir nos connaissances sur le répertoire des compositions fondées sur le paysage sonore, ou *soundscape compositions*, d'un point de vue musicologique. En accord avec nos observations sur les enjeux esthétiques au sein de l'écologie acoustico-sonore, nous pouvons définir la *CfPS* comme étant une forme de création qui s'inscrit dans la tradition de la musique électroacoustique et qui met en œuvre les principes esthétiques de l'écologie acoustico-sonore par l'élaboration d'un système opératoire d'agencement musical qui se fonde sur un petit nombre de paramètres acoustiques très spécifiques, ayant trait à la distribution de l'énergie dans le spectre sonore.

Contrairement à d'autres pratiques artistiques orientées par des enjeux écologiques — telles que les enregistrements sur place (*field recordings*) ou les promenades sonores (*soundwalks*), les compositions fondées sur le paysage sonore mettent en exergue l'importance de la dimension *poïétique* pour répondre à deux préoccupations essentielles concernant 1) la favorisation d'une pratique *d'écoute attentive* figurative (Marty 2012), axée sur la prédominance d'indices issus de l'environnement sonore ; 2) la *pertinence écologique* d'un ensemble donné d'événements sonores caractéristiques — en tant qu'objets d'appréciation esthétique, du point de vue musical. Cette particularité de notre objet d'étude explique la place accordée à l'étude des conduites d'écoute et des stratégies de composition dans le processus de modélisation musicale — cette dernière étant considérée comme l'aboutissant artistique d'une formalisation des matériaux pertinents dans le domaine des fréquences, et d'une caractérisation fonctionnelle des propriétés contextuelles du système complexe qu'est le paysage sonore.

Fort de ce qui précède, nous avons proposé une méthodologie visant à comprendre les enjeux musicaux de la composition fondée sur le paysage sonore, dans le but ultime d'en obtenir un modèle syntaxique d'écriture musicale, axé sur le domaine des fréquences. Dans ce contexte, notre démarche a été structurée autour de cinq objectifs complémentaires qui donnent forme à ce mémoire de thèse, à savoir :

A) Comprendre les particularités stylistiques et idiolectes du répertoire de *CfPS*, ainsi que les déterminants impliqués dans le processus d'écoute esthétique de l'environnement sonore — comme il ressort des annexes 1, 2 et 3 de ce mémoire de thèse ;

B) Déchiffrer les mécanismes permettant la construction de représentations auditives particulières pour le répertoire des *CfPS*, compte tenu du principe de double organisation (Petitot 1983) et du principe de hiérarchie (Narmour 1983) — comme l’illustrent les annexes 4, 5, 6 et 7 respectivement ;

C) Mettre en lumière les critères acoustico-musicaux d’agencement sonore et d’articulation musicale au sein dudit répertoire — comme il ressort de l’ensemble d’analyses exposées au chapitre IV.3 et détaillées sur le lien suivant : <https://www.danielmancero.com/analyses> ;

D) Dévoiler les spécificités acoustiques susceptibles d’assurer une bonne prospection de l’espace hétérophonique des *CfPS*, et

E) Élaborer un modèle syntaxique d’écriture musicale fondé sur le système hétérophonique du paysage sonore, compte tenu des conduites d’écoute, des modes de relation spectromorphologique et des stratégies de composition au sein des *CfPS* — comme l’illustre l’annexe 10 de ce mémoire de thèse.

Afin de comprendre les particularités de ce répertoire, nous avons fixé des objectifs spécifiques en tenant compte que le paysage sonore se définit comme un *écosystème* acoustico-sonore susceptible de conditionner les conduites d’écoute et de déterminer les stratégies de composition musicale. Cela étant, nous avons avancé l’hypothèse que les écosystèmes acoustiques peuvent être compris en tant que *champs hétérophoniques* d’interaction musicale — c’est-à-dire en tant que systèmes de répartition structurelle de hauteurs identiques, différenciée par des coordonnées temporelles et manifestée dans des intensités et dans des timbres distincts (Boulez 1987).

Dans une phase d’analyse préalable — centrée sur le recensement d’un corpus pour sa description et sa caractérisation, nous avons eu pour objectif de distinguer, de séparer et d’indexer les événements sonores saillants à l’écoute. Pour ce faire, notre méthodologie s’est articulée autour de la théorie de la forme — ou *Gestalt-théorie*, le but étant de discrétiser les matériaux sonores pour pouvoir étudier les relations paradigmatiques et syntagmatiques qui structurent le répertoire des *CfPS*. Dans cette perspective, notre démarche analytique est partie du principe que la construction de représentations auditives est déterminée par des éléments créant une discontinuité (Thom 1988, Miereanu 1998), et que, de ce fait, la perception musicale est affectée par le caractère saillant (Bayle 1989, 1993) de certains éléments présents dans le paysage sonore. Sur cette base, nous avons tenté une analyse du répertoire fondée sur la discrétisation et sur le découpage en *unités*

perceptives (Delalande 2013), avec pour objectif d’appréhender la complexité multidimensionnelle des événements sonores caractéristiques, sans pour autant négliger leur hétérogénéité.

Puis, nous avons associé un système descriptif d’indexation sonore (Schafer 2011) à un système de nomenclature typomorphologique (Schaeffer 1966), ce dernier étant rapporté aux qualités et aux caractéristiques acoustiques du paysage sonore⁹⁴⁶. Cette première phase nous a permis de dégager certains résultats liminaires concernant 1) la constitution typologique des matériaux de base pour la *CfPS* — dans le respect de leur hétérogénéité ; 2) la convenance du principe de double organisation (Réti 1951) — selon lequel la cohérence acoustique d’un système comme le paysage sonore dépend notamment des caractéristiques morphologiques de ses éléments d’articulation (Petitot 1989) ; 3) la pertinence de certaines dimensions acoustiques pour le repérage et la classification de familles typologiques, au sein du répertoire des *CfPS*.

Fort de ce qui précède, nous avons considéré pertinent d’aborder l’étude des *CfPS* en partant du principe que le paysage sonore peut être appréhendé en tant que système d’*objets et structures* (Schaeffer, 1966). Cela sous-entend la coexistence entre deux *qualités sonores autonomes* (Wyschnegradsky 1996), chacune étant associée à une temporalité qui détermine l’expérience phénoménologique des *CfPS*, soit au niveau de la macro-forme, soit au niveau micro des phénomènes sonores. Ce principe étant en cohérence avec les mécanismes de séparation auditive (Bregman 1990, McAdams 2015) exposés dans la première partie de ce travail, nous avons formulé l’hypothèse qu’il est possible de rendre intelligible la structure musicale des *CfPS* au moyen d’un processus d’identification et de classification typomorphologique des événements sonores saillants. Sur la base de ces prémisses, nous avons avancé une méthodologie d’analyse harmonique en deux temps : au niveau macro, le premier temps correspond à la décomposition harmonique et à la représentation du spectre acoustique dans le temps ; au niveau micro, le deuxième temps consiste en la désagrégation de l’espace de timbres en signaux élémentaires.

Sur la base de cette méthodologie, il a été possible d’instancier, de caractériser et de formaliser l’espace hétérophonique des *CfPS* dans la macro et la micro forme. Dans cette perspective, le modèle que nous avons développé se centre sur la prospection de l’espace hétérophonique du paysage sonore dans le domaine des fréquences, tout en favorisant

⁹⁴⁶ Cette première étape a fait l’objet d’un article intitulé « Composer à partir de la modélisation harmonique des soundscape compositions : quels enjeux pour l’analyse fonctionnelle des objets sonores ? », In *Actes des Journées d’Informatique Musicale JIM*, Paris, 2017.

l'interprétation poétique des modes de relation spectromorphologique par l'écriture musicale.

Compte tenu de ces premiers résultats — présentés aux chapitres III.2, III.3 et III.4, il s'est avéré nécessaire d'étendre le champ de recherche tant à des méthodes de description acoustique multidimensionnelle qu'à des stratégies de segmentation acoustique automatisée. Nous avons par conséquent développé une première série d'outils informatiques dont le rôle a été de fournir à notre recherche le support technique nécessaire à l'expérimentation de nouvelles procédures et de nouvelles techniques de travail. Tel est le cas des outils suivants : 1) « dispositif d'analyse et de localisation de pics d'amplitude » ; 2) « patch de calcul des pics de Dirac en corrélation avec l'adresse temporelle des saillances repérées », et 3) « outil de segmentation des objets sonores », réappropriation de la librairie MEAP — présentés tout au long du chapitre III.6 et détaillés dans l'annexe 4 et sur le site www.danielmancero.com/outils-d-analyse-audio.

En outre, nous avons présenté une méthodologie d'analyse fonctionnelle en vue de distinguer les spécificités acoustiques ayant un rôle prépondérant dans le processus d'agencement sonore et de composition fondée sur le paysage sonore. Pour ce faire, nous avons pris comme point de départ les travaux musicologiques de Fred Lerdahl, notamment ceux qui touchent les conditions de saillance musicale (Lerdahl 1989, 1998). Compte tenu du fait que, d'après Lerdahl, les conditions de saillance peuvent s'expliquer comme étant des conditionnements agissant computationnellement les uns sur les autres à manière de règles préférentielles (Lerdahl 1989), nous avons présenté un cadre conceptuel permettant de tisser un lien entre les conditions de saillance musicale et quelques descripteurs acoustiques — cela par le biais d'une analyse des critères d'analyse acoustique rapportés à ces conditionnements⁹⁴⁷, présentée au chapitre III.6. Sur la base de ce cadre conceptuel, il nous a été possible de mettre en évidence les spécificités acoustiques ayant une incidence directe tant sur le processus d'agencement sonore (au niveau macro) que sur l'agencement et les relations morphologiques entre des matériaux acoustiques ayant lieu au sein du paysage sonore.

Comme il ressort des chapitres IV.1, IV.2 et IV.3, ainsi que de l'annexe 5, nous avons rendu compte de sept descripteurs acoustiques fortement corrélés à des dimensions

⁹⁴⁷ La méthodologie et les résultats de cette analyse comparative ont fait l'objet d'un article en cours de publication, intitulé *Conditions de saillance et objectivité morphologique dans l'étude acoustico-musicale du paysage sonore*, Revue JIM - 2019

acoustiques pertinentes où les processus poïétiques d’articulation morphologique ont été expérimentalement constatés⁹⁴⁸, notamment :

- 1) **La valeur efficace d’amplitude (RMS)**, qui calcule la moyenne quadratique d’un signal instancié, obtenue par la racine carrée de la moyenne d’amplitude au carré ;
- 2) **La brillance spectrale**, étant un descripteur destiné à évaluer la répartition des fréquences dans le spectre pour en mesurer le centre de gravité ;
- 3) **L’acuité spectrale**, étant une dimension acoustique qui résulte du calcul des rapports entre les bandes critiques de fréquence et leur amplitude ;
- 4) **L’asymétrie spectrale**, valeur rapportée à l’estimation des moments de la distribution spectrale ;
- 5) **L’aplatissement du spectre (kurtosis)**, mesure désignant un coefficient de la platitude du spectre ;
- 6) **Le point de roll-off**, indice de répartition du spectre permettant de distinguer les signaux bruités des signaux harmoniques en fonction de la distribution spectrale ;
- 7) **L’inharmonicité spectrale**, coefficient qui mesure la divergence entre un son pondéré par le poids de ses composantes spectrales et un signal purement harmonique.

Dans ce contexte, nous avons développé un deuxième paquet d’outils informatiques ayant pour but d’évaluer plus précisément la correspondance existant entre la structure musicale des *CfPS* et les spécificités acoustiques détaillées ci-dessus, par le biais d’une analyse comparative des saillances acoustiques (documentée dans l’annexe 6). La mise en place de ces dispositifs nous a permis de repérer et d’estimer le rôle respectif de chaque particularité acoustique sur la distribution et la condition de saillance des matériaux précédemment indexés. En cohérence avec cette perspective, nous avons formulé l’hypothèse que l’expérience musicale des *CfPS* correspond à une *perception à double modalité* (Andean 2010) composée par une conduite d’écoute *narrative* — centrée sur la référentialité des matériaux —, et manifestée fonctionnellement dans une dimension syntaxique axée sur la qualité morphologique des événements sonores saillants. Fort de cela, nous avons développé quelques dispositifs d’analyse par décomposition harmonique qui sont à la base de notre travail de formalisation, dont notamment les logiciels *Diachronic_Harmonic_Analyzer*, *Synchronic_Harmonic_Analyzer* et *FluxAnalyzer*, disponibles sur le site www.danielmancero.com/outils-d-analyse-audio.

⁹⁴⁸ Nous renvoyons le lecteur à l’annexe 2 de ce mémoire de thèse

Enfin, ce travail propose un modèle d'écriture musicale fondé sur les caractéristiques et sur les spécificités du système hétérophonique qu'est le paysage sonore : le modèle que nous présentons est fondé sur l'établissement de mécanismes d'écriture musicale visant à opérer une réduction syntaxique des matériaux sonores saillants dans le domaine des fréquences, aux fins de faciliter la mise en œuvre d'un système syntaxique de composition musicale qui soit, dans la mesure du possible, susceptible de répondre aux exigences esthétiques et théoriques de l'écologie acoustique. Le modèle que nous avons mis en œuvre répond à un triple objectif : *primo*, comprendre les mécanismes particuliers et les règles selon lesquelles les compositeurs et designers acoustiques reconnaissent une qualité musicale aux éléments issus de l'environnement sonore ; *secundo*, mettre en lumière les stratégies de composition musicale fondée sur le paysage sonore au moyen desquelles les compositeurs confèrent un rôle opératoire auxdits éléments, et *tertio*, représenter les procédés opératoires applicables à la *CfPS*, notamment dans le cadre d'une démarche créative axée sur des procédés syntaxiques d'écriture et de formalisation musicale.

Dans cet esprit, nous avons présenté un petit nombre de pièces qui rendent compte des divers aspects de la recherche musicologique et du processus de modélisation musicale, tout en mettant en exergue l'hypothèse centrale de ce travail, à savoir que le caractère écologique des *CfPS* peut être formalisé et modélisé dans le domaine des fréquences en tant que système syntaxique d'agencement sonore. Ainsi par exemple, l'œuvre « chant elliptique n°2 » propose un modèle musical liminaire capable de représenter le paysage sonore en suivant de façon heuristique des règles syntaxiques prédéfinies. Cette première pièce ayant servi de base à l'élaboration d'une structure de base pour aborder la composition musicale, rend explicite un système d'écriture fondé sur la distribution asymétrique d'unités syntaxiques et sur la non-correspondance des octaves musicales — en accord avec la notion d'entourage onctive (Baboni 2007). De même, la pièce intitulée « la rugosité de la nuit » explore les possibilités d'engendrement de champs hétérophoniques par le biais d'un processus d'interpolation harmonique et de simulation de sources sonores : il s'agit d'une composition qui répond aux différentes caractéristiques de l'environnement sonore, en préalable à la mise au point de dispositifs et à l'analyse harmonique du répertoire choisi.

Complémentairement, nous avons présenté un modèle de représentation syntaxique des modes de relation spectromorphologique ayant lieu dans le répertoire des *CfPS*, dans le but de caractériser la nature hétérophonique du paysage sonore. Ainsi, grâce à des procédés de réduction syntaxique dans le domaine des fréquences, nous avons obtenu une

représentation « archétypique » simplifiée des typologies sonores caractéristiques — ce qui s’est traduit par la création de deux œuvres originales, à savoir « Turgescences » — dans le cadre du projet musique à l’encre fraîche, CDMC/Ariam, Île de France (Argenteuil, 2017) et « Estambre Urdido » — œuvre sélectionnée dans le cadre du « XIII Festival Ecuatoriano de Música Contemporánea » (Quito, 2017).

Ceci nous a amenés à imaginer un dispositif d’analyse et de modélisation beaucoup plus vaste, destiné à l’identification, à l’indexation et à la caractérisation des événements sonores saillants pour leur représentation dans le domaine des fréquences. Dans ce sens, nous avons mis en place :

- a) un système d’écriture musicale visant à fournir un modèle conceptuel pour la représentation syntaxique des modes de relation spectromorphologique, qui s’est consolidé dans l’écriture de l’œuvre « Épenthèse » pour clarinette basse et harpe à pédales ;
- b) un dispositif intégral de description acoustique, de segmentation automatisée et de caractérisation harmonique des événements sonores saillants — sur le plan synchronique et diachronique — qui a donné lieu à la création du logiciel « FluxAnalyzer », téléchargeable sur le site www.danielmancero.com/outils-d-analyse-audio .

Bien que ces réalisations aient été satisfaisantes dans l’ensemble, il convient cependant de noter qu’elles accordent une importance toute particulière à la modélisation des fonctionnalités spécifiques liées au champ des fréquences : il en est ainsi car, comme il a été annoncé dans l’introduction, notre hypothèse de départ est que l’environnement sonore peut être appréhendé en tant qu’écosystème acoustique organisé et structuré cognitivement, susceptible d’être perçu esthétiquement dans le domaine des fréquences selon la qualité morphologique des matériaux qui le structurent. Cela dit, et compte tenu du fait que le continuum se *manifeste* par la possibilité de *couper* l’espace suivant certaines lois (Boulez 1987), nous avons constaté que le ciblage et la définition dans le paysage sonore d’unités morphologiques saillantes s’est avéré être une méthode très efficace dans la caractérisation et la spécification des unités qui guident l’écoute. Plus précisément, nous avons observé que la description typomorphologique des événements sonores favorise la connaissance musicale du fonctionnement du système hétérophonique qui caractérise le répertoire des *CfPS*, du point de vue opératoire. De même, nous constatons que l’accent mis sur la composition fréquentielle des événements structurant le paysage sonore a contribué à l’élaboration d’un modèle syntaxique assez précis au moyen duquel il a été possible de

découvrir et d'apprécier, au moins partiellement, le fonctionnement de quelques dispositifs fondamentaux de composition musicale fondée sur le paysage sonore.

Ce travail de thèse nous a permis de montrer que le caractère esthétique des *CfPS* se fonde sur des principes clairs aisément identifiables, situés en dehors du champ théorique de l'écologie acoustique : nous avons ainsi constaté qu'il existe des spécificités sur le plan acoustique qui rendent compte tant des choix opérés par les designers acoustiques, que des stratégies de composition au sein de la *CfPS* — comme il ressort du chapitre IV.3. De même, nous avons tenté de montrer la portée de ces implications dans le domaine de l'écriture musicale, permettant ainsi à l'analyste de naviguer facilement dans un univers hautement contraint où la qualité esthétique des relations et des interactions entre les événements sonores et leur déploiement dans l'espace et dans le temps est représenté en fonction de leur empreinte spectrale. Cette empreinte est d'autant plus essentielle dans la structuration de tout écosystème acoustique (Krause 1993), que nous avons opté pour un modèle qui considère les mécanismes de composition fondée sur le paysage sonore comme des systèmes d'exploration de l'espace acoustique, limités au champ fréquentiel.

Cependant, le modèle reste encore largement perfectible, notamment sur le plan de la représentation syntaxique du paysage sonore. Comme continuation de ce travail, nous envisageons de nous employer à développer d'autres dispositifs d'analyse et de représentation musicale nous permettant de caractériser le paysage sonore de manière plus fine, notamment en ce qui concerne l'organisation rythmique des événements sonores — tant au niveau macro, touchant au système hétérophonique d'interaction, qu'au niveau micro, relatif à la corrélation de phase entre lesdits événements. Cela supposera sans doute de s'employer à la mise au point de nouveaux outils informatiques ayant pour but de prospecter et de représenter le paysage sonore dans l'espace des phases temporelles. De même, cela nécessitera d'établir de nouvelles méthodes pour réconcilier la cartographie typomorphologique proposée — décrite dans l'espace de timbres, et le système syntaxique d'écriture musicale, notamment sous forme de système de classification organologique.

Une étude plus approfondie des formes d'organisation musicale ayant lieu dans le paysage sonore s'avère nécessaire. Elle entraîne la nécessité de constituer d'autres dispositifs susceptibles de retracer individuellement l'évolution temporelle des événements sonores caractéristiques. Dans cette perspective, nous espérons que cette recherche permettra d'affiner les connaissances sur les enjeux esthétiques au sein de l'écologie acoustico-sonore, visant à une étude beaucoup plus large et plus approfondie des stratégies de composition musicale fondée sur le paysage sonore.

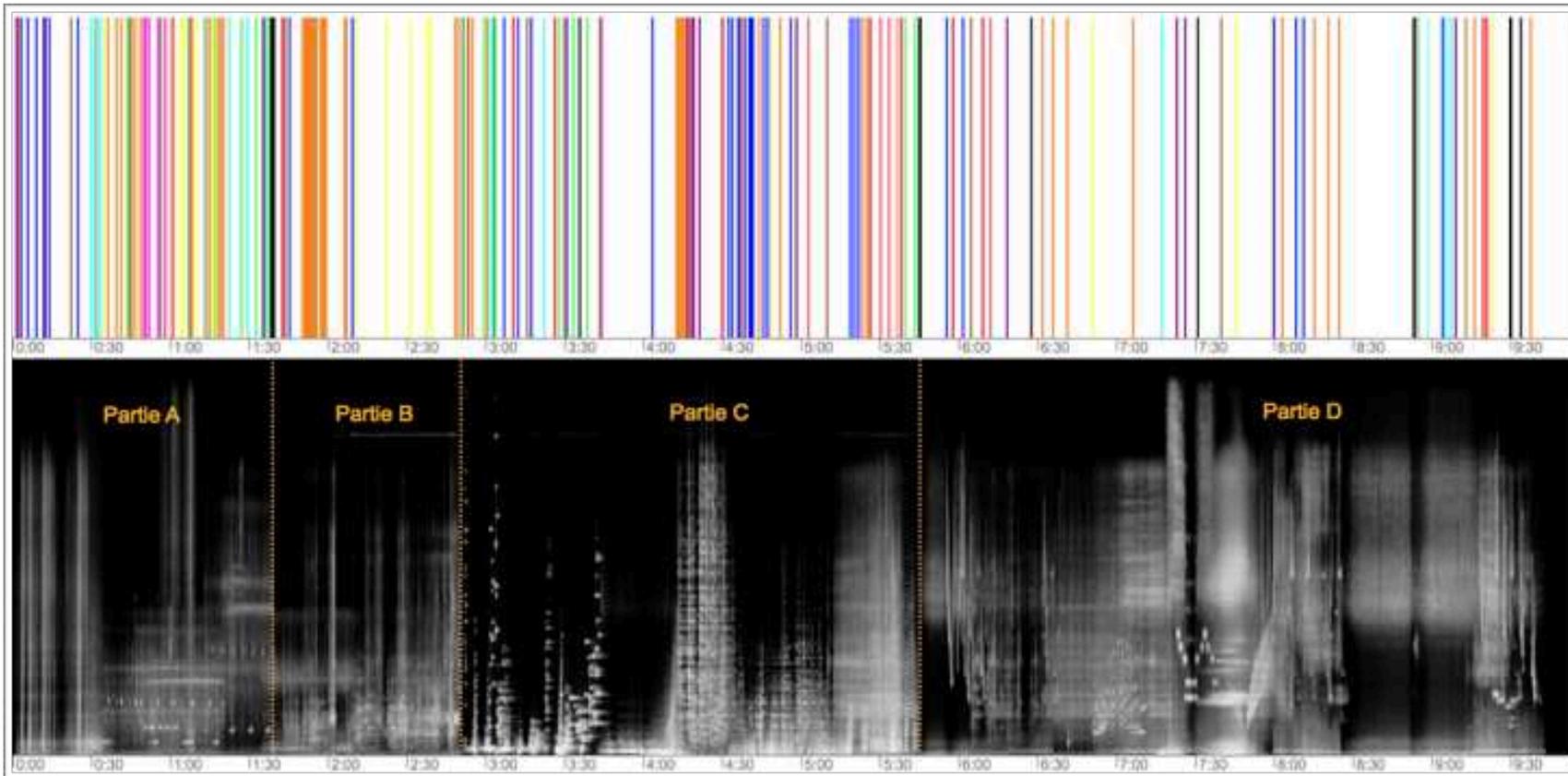
Enfin, nous espérons que ce travail offrira des pistes pour beaucoup d'autres artistes intéressés par la recherche musicologique, par la composition fondée sur le paysage sonore et par l'écologie sonore.

Annexes

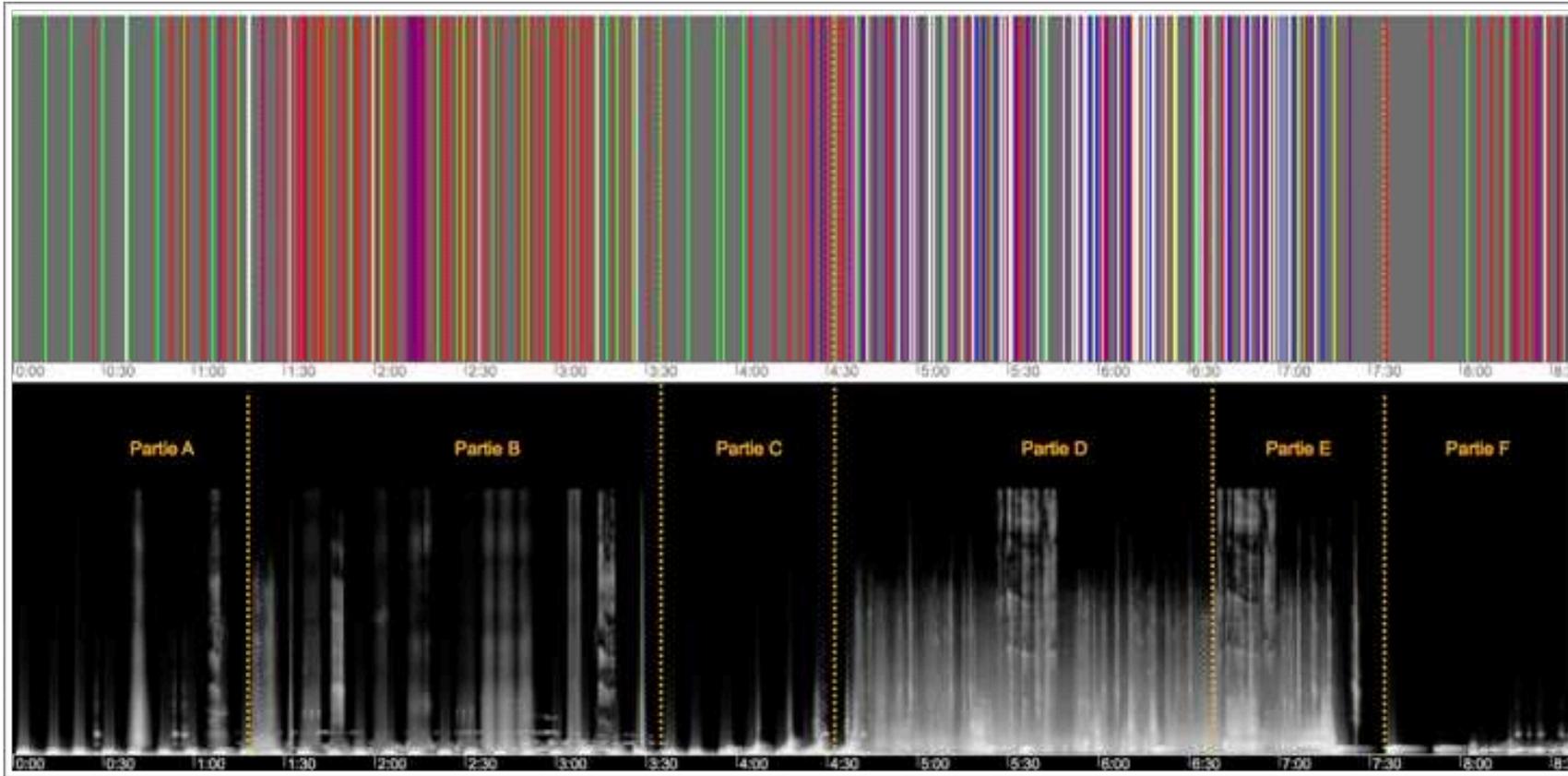
Annexe 1

Douze analyses typologiques / structurelles de la CfPS

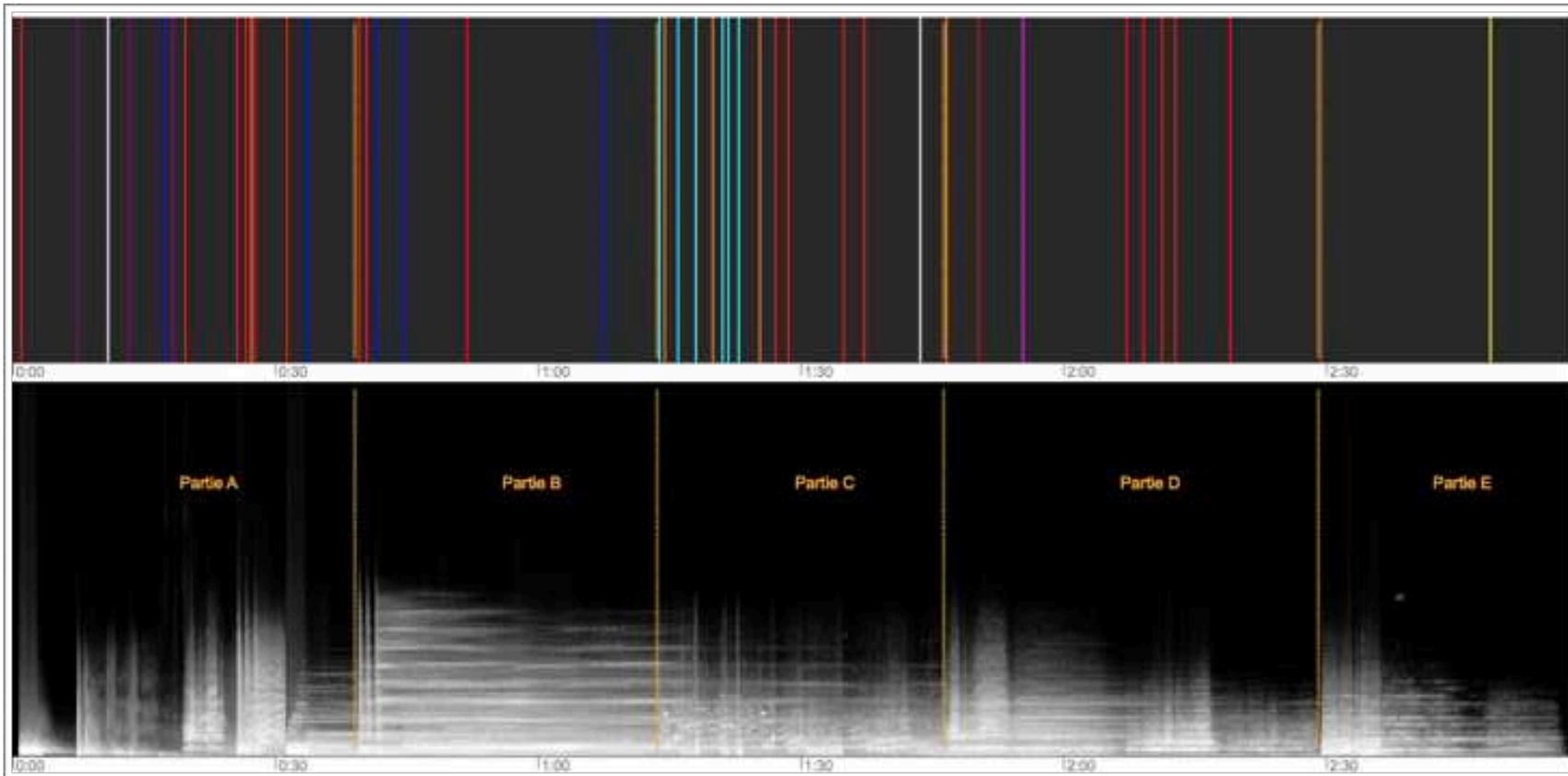
1.1 Analyse structurelle Sud - I — Jean Claude Risset (1985)



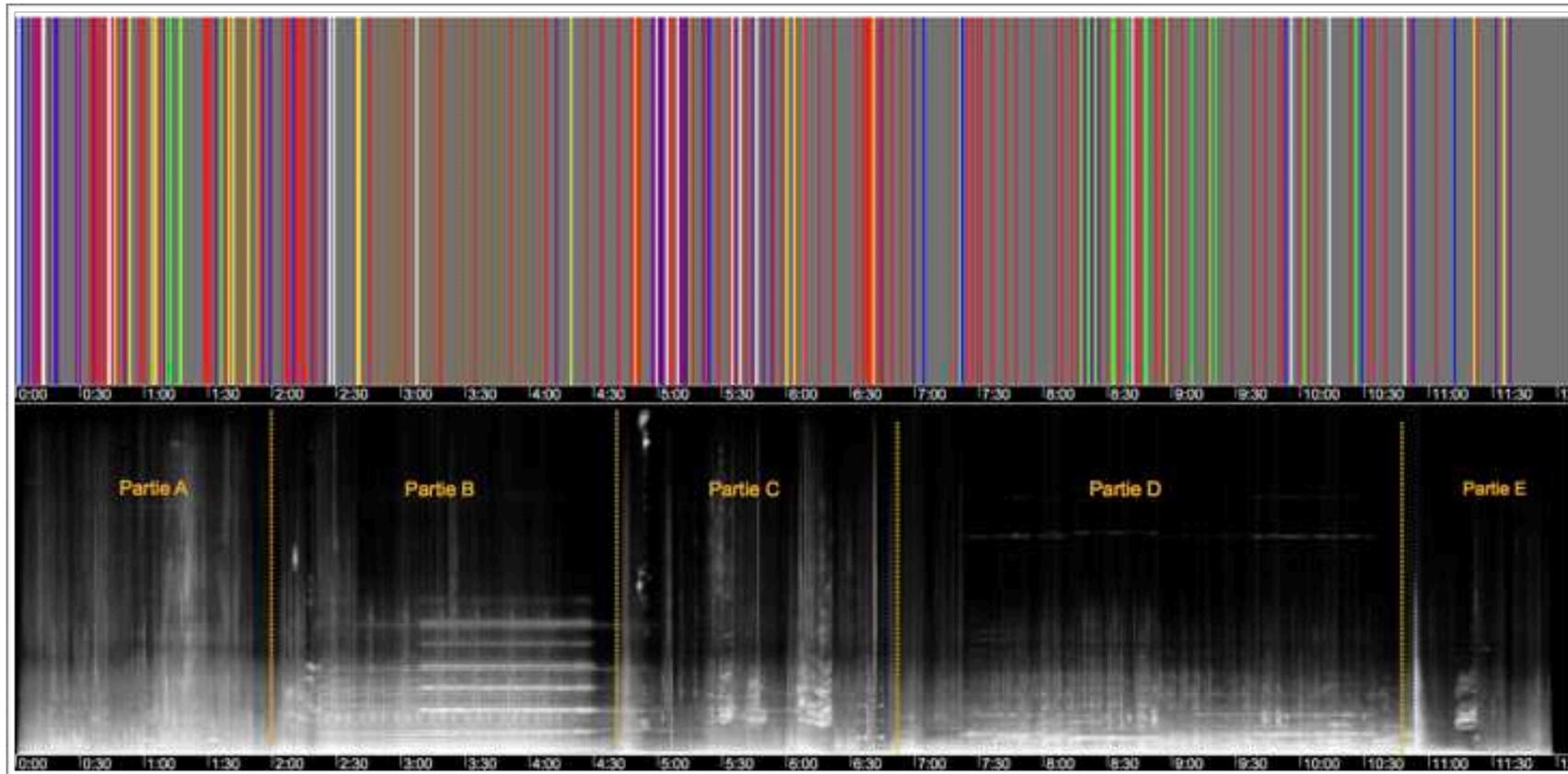
1.2 Analyse structurelle
Beneath the Forest Floor — Hildegard Westerkamp
(1996)



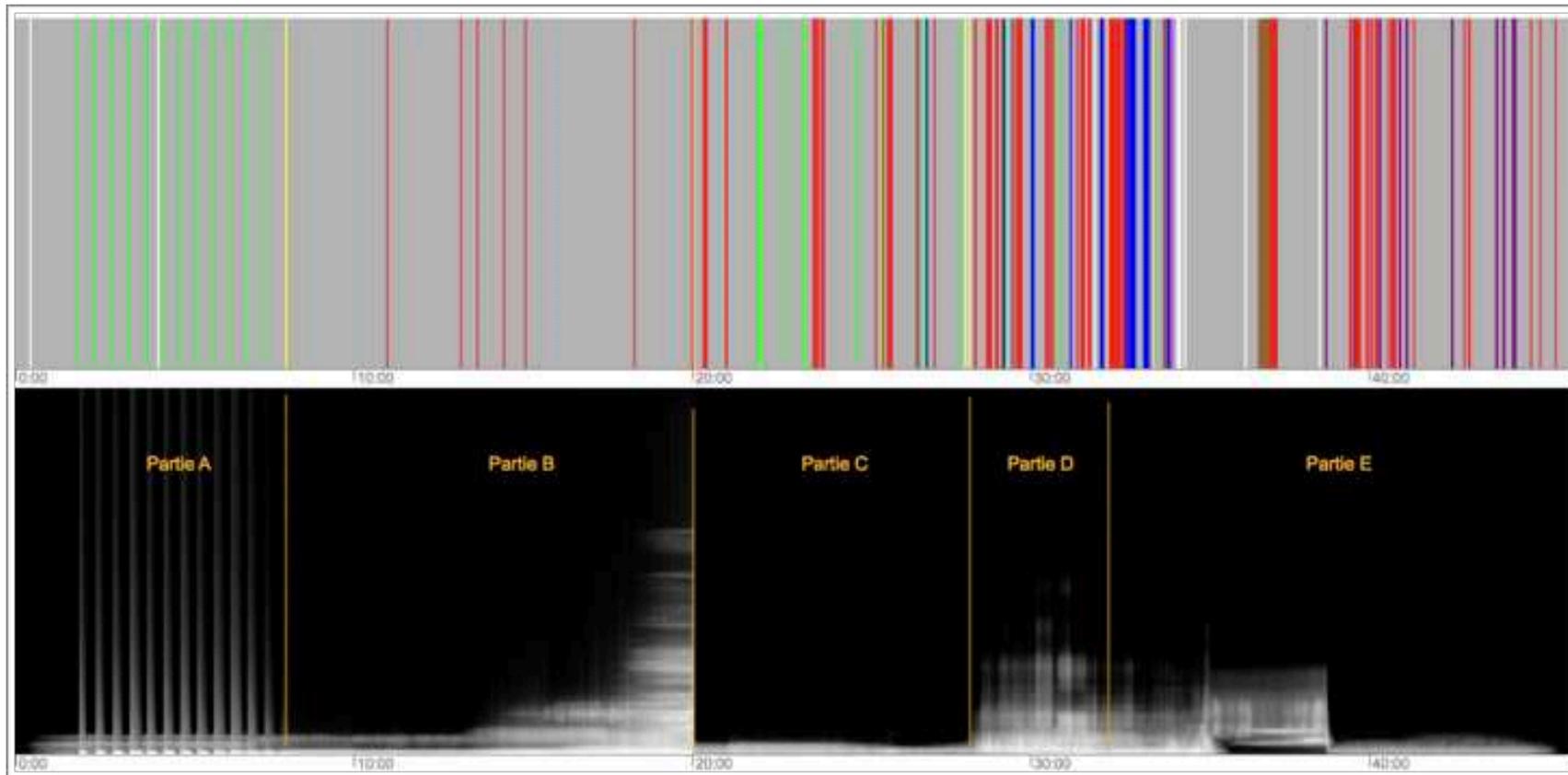
1.3 Analyse structurelle
Pacific Fanfare — Barry Truax
(1996)



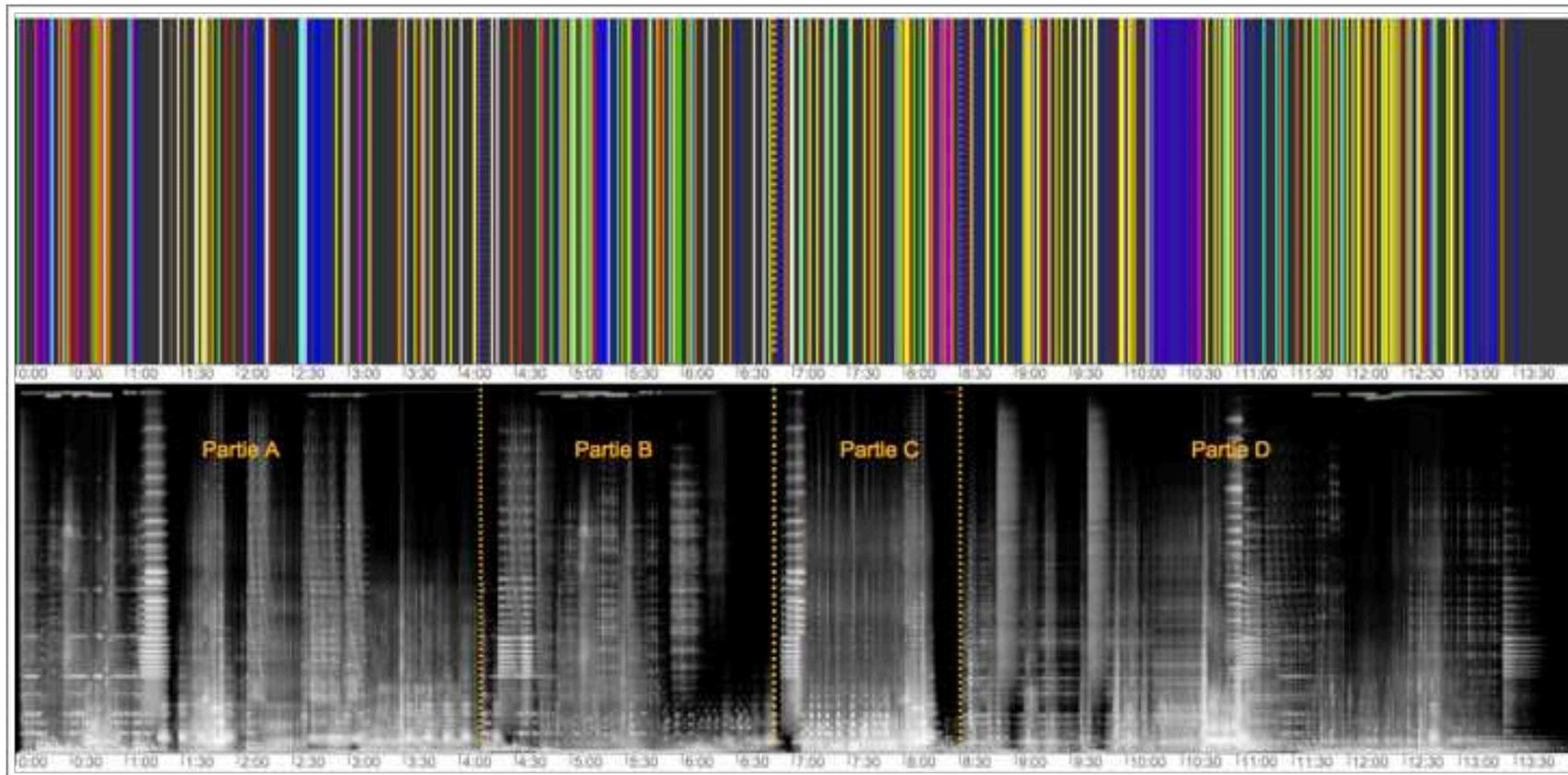
1.4 Analyse structurelle Pendlerdrøm— Barry Truax (1997)



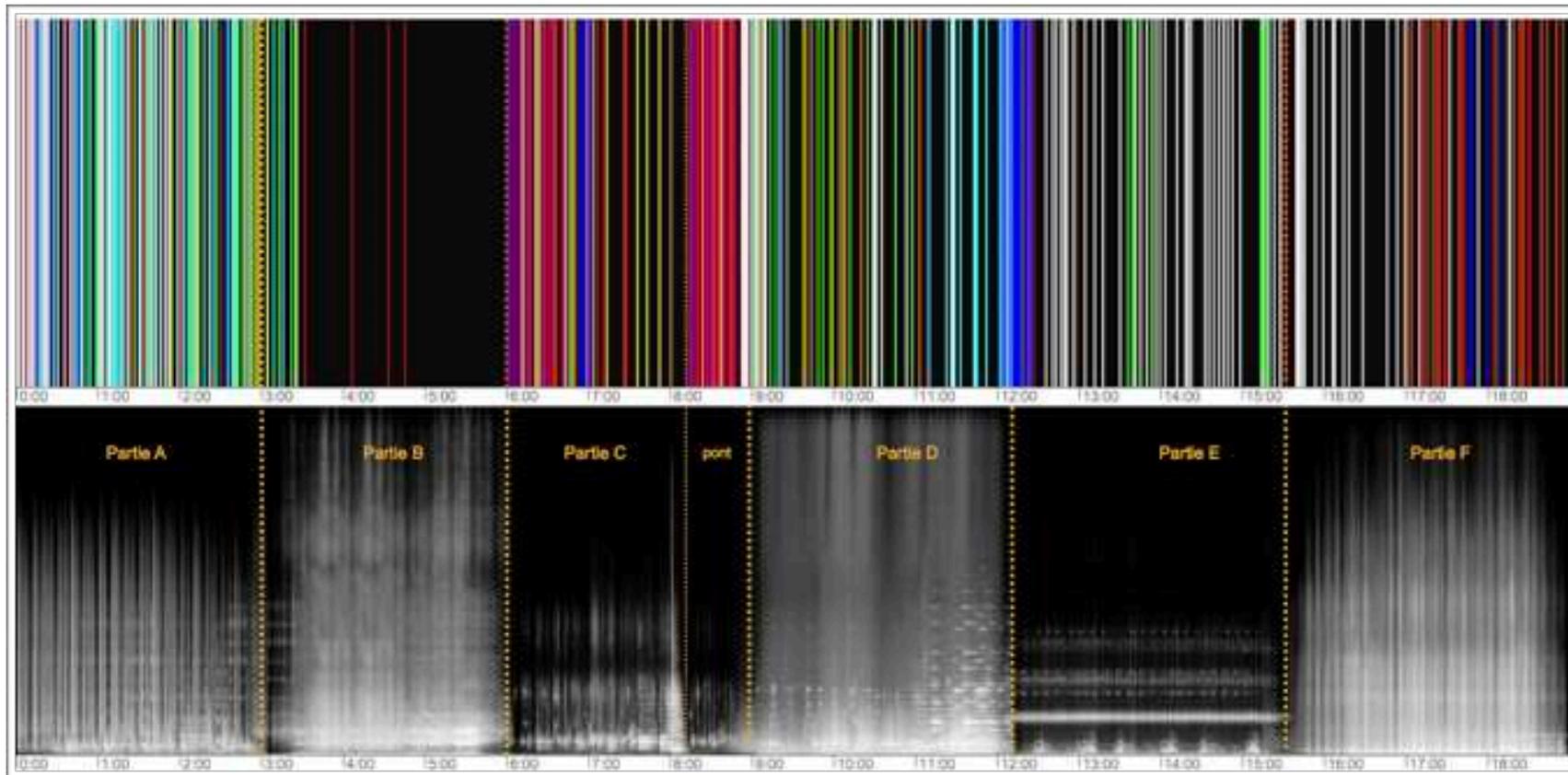
1.5 Analyse structurelle
Untitled Music For Geography — Francisco López
(1997)



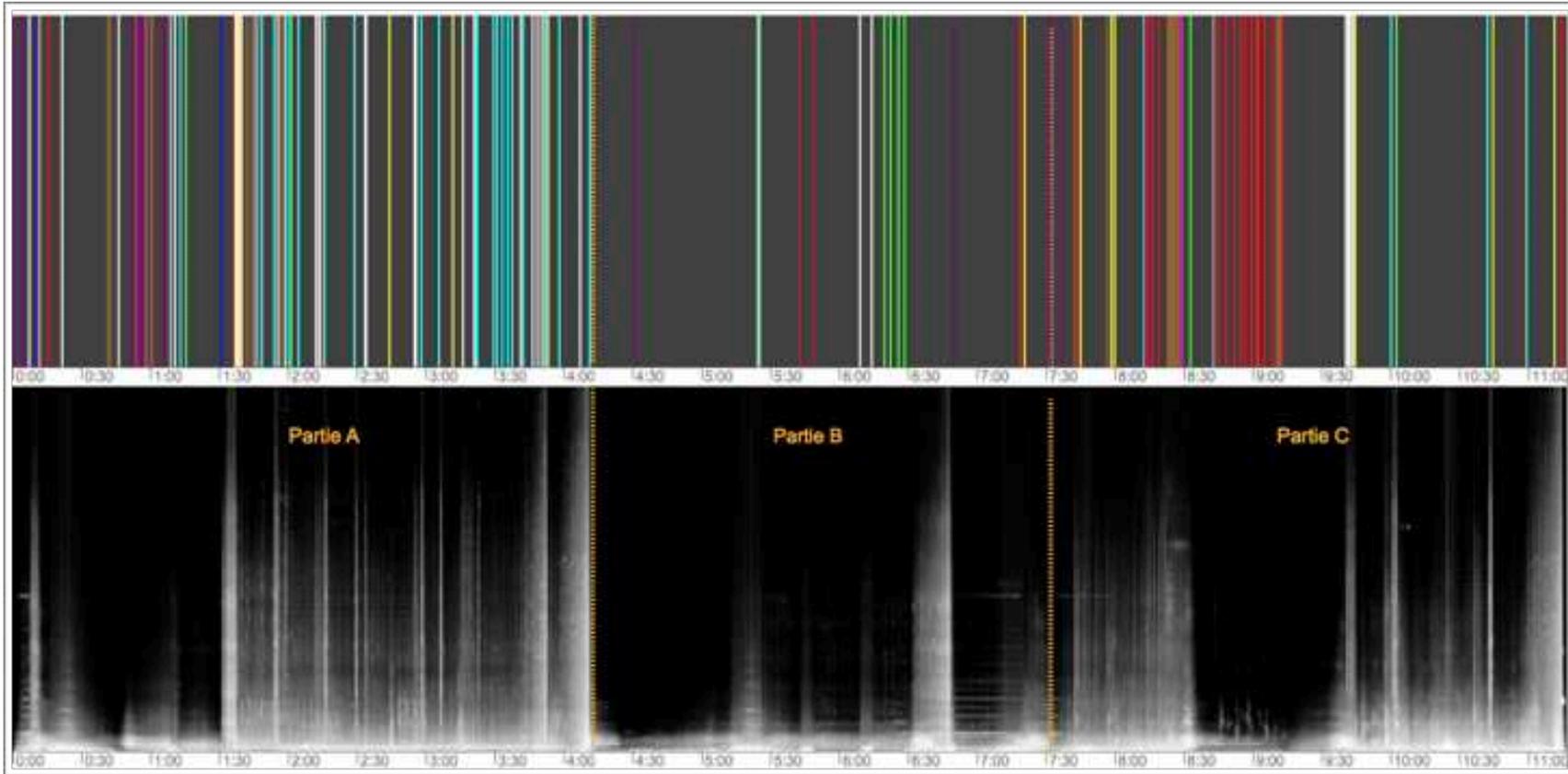
1.6 Analyse structurelle
Gently Penetrating Beneath the Sounding Surfaces of Another Place — Hildegard Westerkamp
(1998)



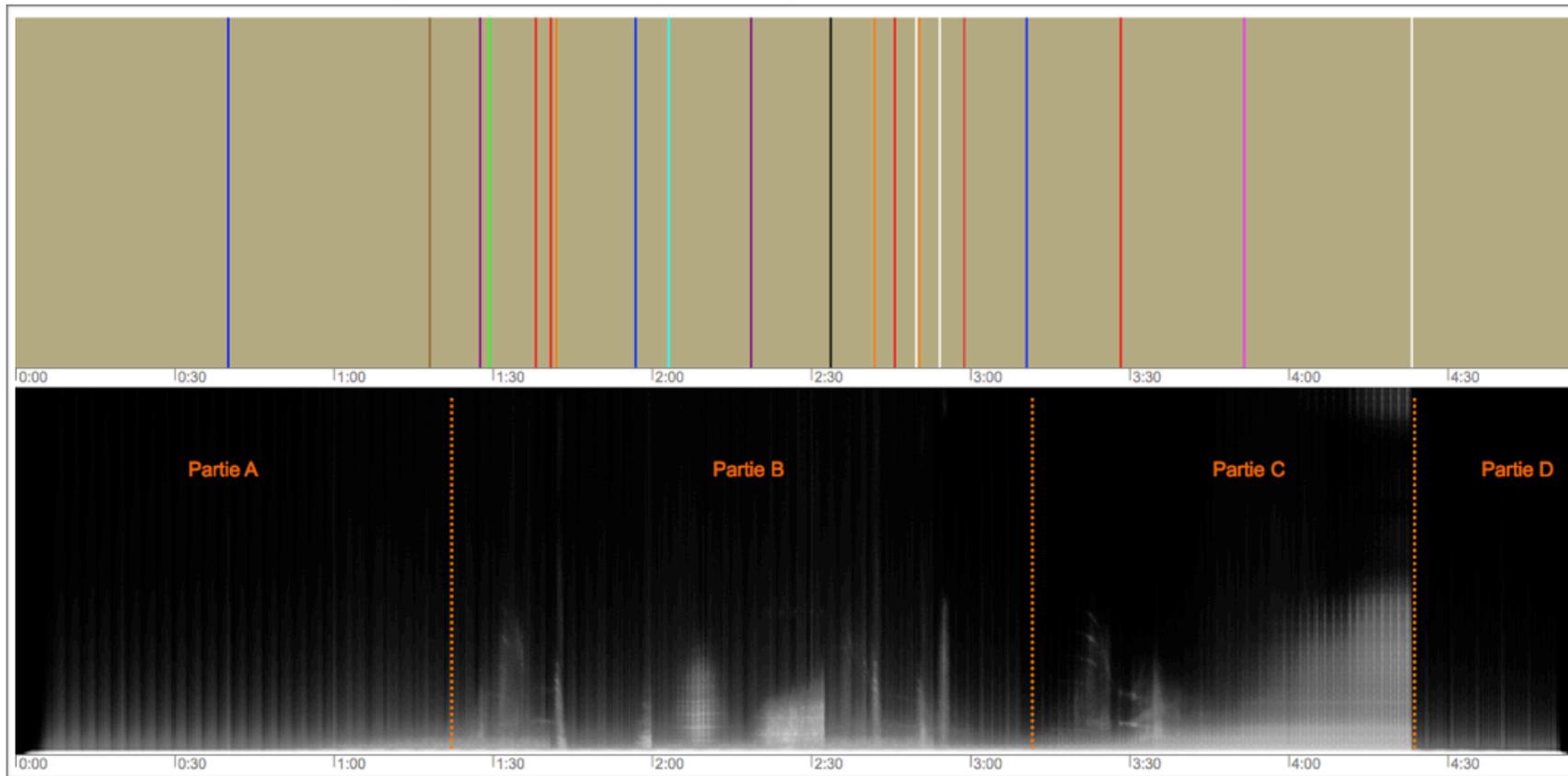
**1.7 Analyse structurelle
Island — Barry Truax
(2000)**



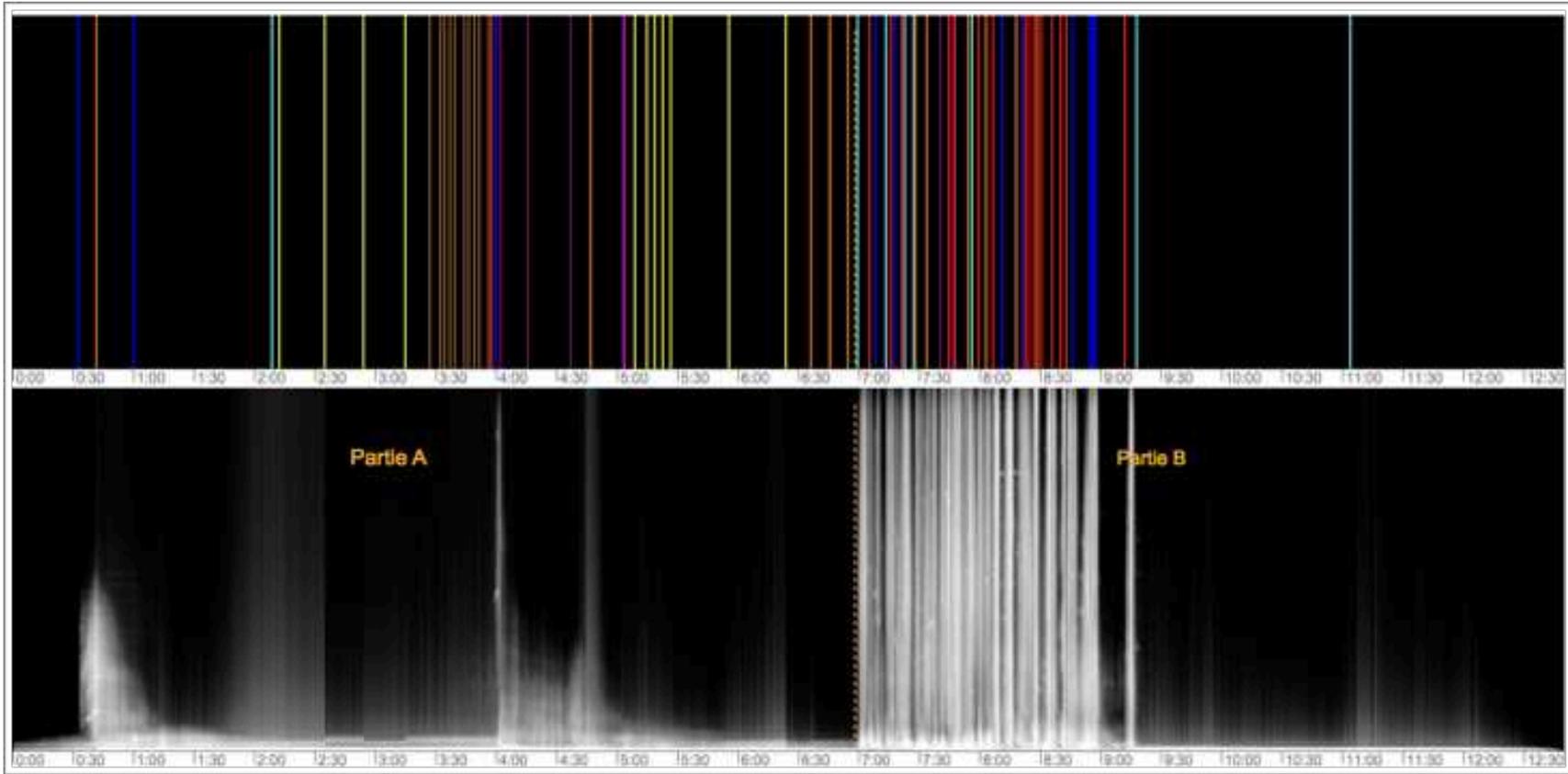
1.8 Analyse structurelle
Metrophonie — Damián Keller
(2005)



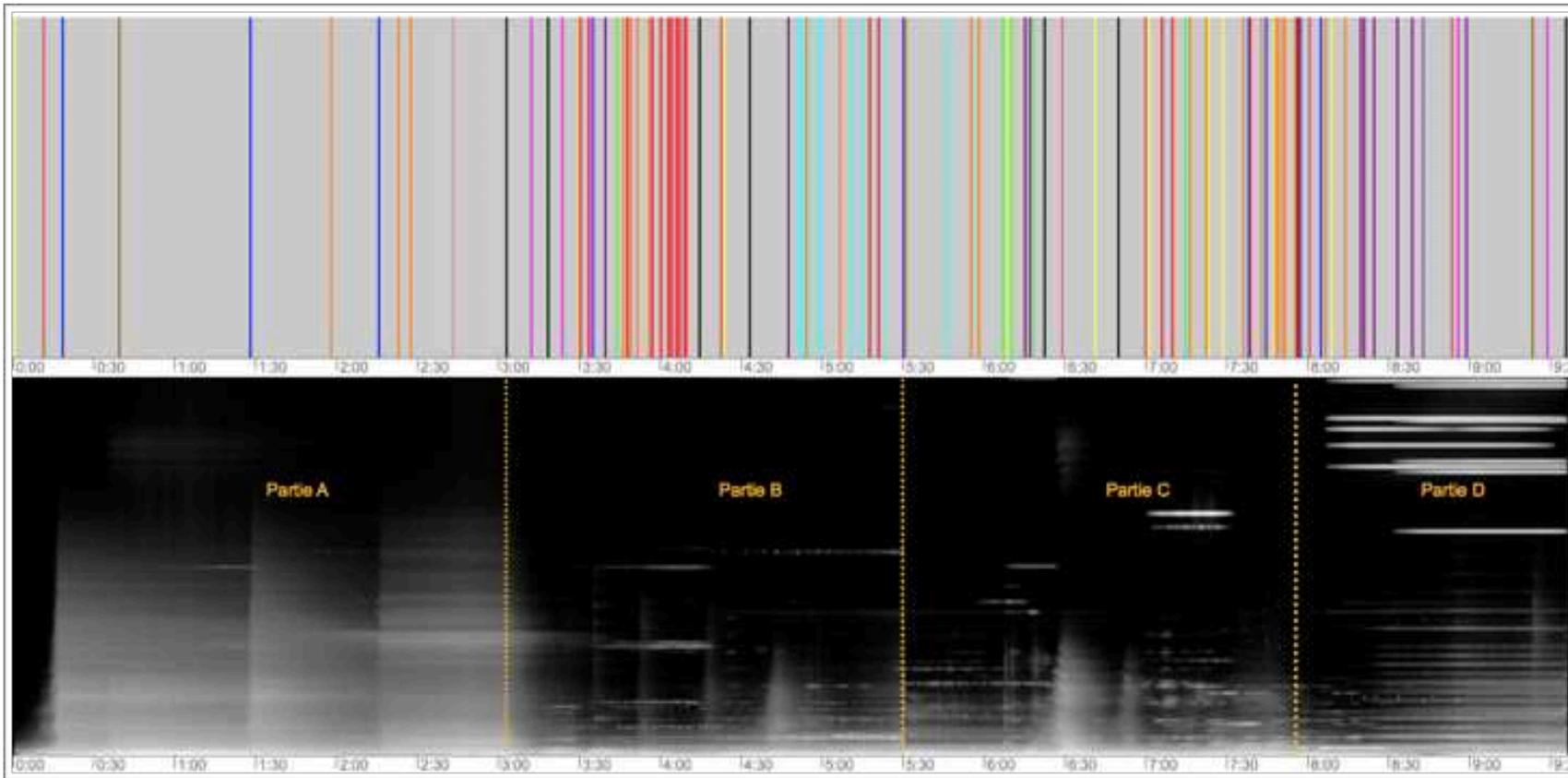
1.9 Analyse structurelle
Double Glazed — Camilla Hannan
(2007)



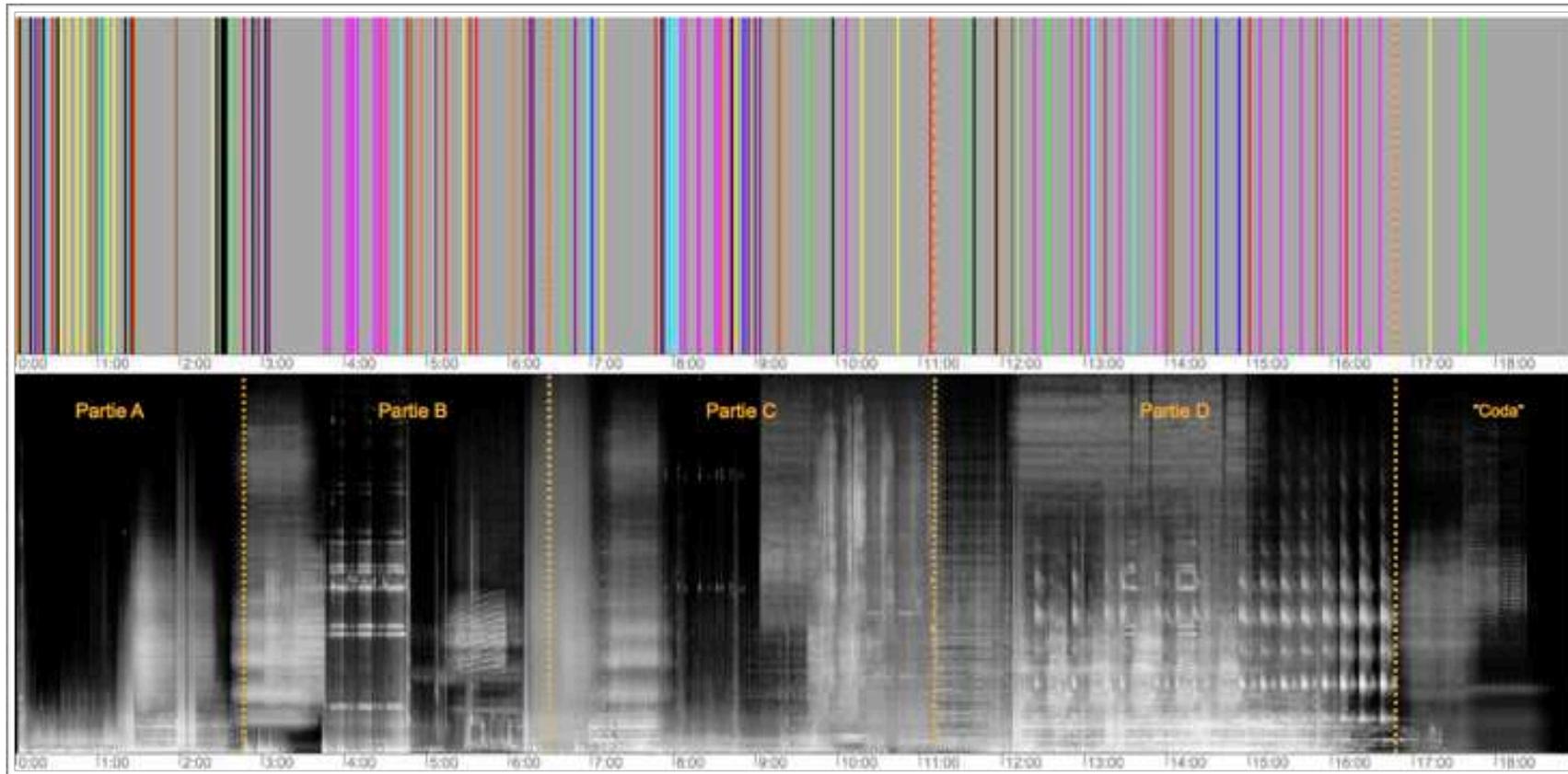
1.10 Analyse structurelle
Untitled #203 — Francisco López
(2007)



1.11 Analyse structurelle
Airport Symphony, A Brief Life —
Christopher Charles
(2007)



1.12 Analyse structurale
Nous les défunts — Yannick Dauby
(2016)



Annexe 2

Analyse typologique-descriptive de douze CfPS représentatives

Annexe 2.1 Sud (partie 1) — Jean Claude Risset (1985)

Partie A [00'00'' — 01'40'']			
Type	#	Description	Couleur
X	5	Déferlement — hauteur complexe et facture tenue	Bleu
An (φ)	1	Bruit métallique peu claire	Rouge
Tn	2	Vagues semi-résonantes. Va-et-vient calme	Bleu
X'	3	Coup sec — masse complexe	Marron
φ	1	Coup « boisé ». Peut-être, il s'agit d'un son parasite issu du processus d'enregistrement	Violet
Ex	3	Résonance : masse d'eau à l'intérieur d'un corps concave (bruit de piscine près d'un « trou de débordement »)	Cyan
Zn	3	Hurllement d'oiseau — son constant	Jaune
N	14	Sifflement d'oiseau — hauteur définie et facture tenue/formée	Orange
X''	5	Chant de loriot	Vert
En	1	Grincement de bois	Marron
N''	4	Chant d'oiseau — son continu, tonique-itératif de hauteur définie	Magenta
An	2	Chants clairs d'oiseau remplissant l'espace sonore — accumulation	Jaune
N''	4	Chant répétitif d'oiseau — modulation de fréquence légère	Cyan
Hx	1	Courant d'air — émergence qui marque la scission entre la première et deuxième parties	Noir

Partie B [01'40'' — 02'53'']			
Type	#	Description	Couleur
Tn/Tx	1	Chant de cigales — texture semi-variable, semi-homogène (stratifiée)	Violet
Ax	1	Son de synthèse qui émule un chant d'oiseau — de hauteur complexe et de facture imprévisible, c'est un son qui résonne dans une plage fréquentielle assez localisée mais non pas définie	Rouge

Zx	2	Son de synthèse : « frappes de machine à écrire sur une plaque de papier résonant et élastique » — son homogène itératif, de hauteur complexe et facture nulle	Marron
N	2	Son nasal type klaxon — hauteur définie et facture tenue/formée	Bleu
N	17	Masse aérienne de hauteur définie et facture tenue/formée — son attaqué qui se met à chanter (comme une sorte de sifflet)	Orange
N'	1	Coup résonant — 'impulsion tonique'	Violet
N'	2	Fragment du matériau N	Orange
X''	5	« Corps élastique qui s'étire » — texture en transformation en itération (formée—> chaotique)	Jaune
N	1	« N (son complet) » : son N présenté en entier (3 fonctions structurales)	Orange
N	1	« N court » — fragment assez tenu du matériau N	Orange

Partie C [02'53''— 05'45'']			
Type	#	Description	Couleur
N'	3	Son tenu attaqué — échantillons de masse tonique	Noir
Ex	2	Son « vitré » continu — échantillons de masse complexe	Cyan
N accord	3	Corps du type N	Rouge
Tn	3	Masse semi-variable, plutôt stratifiée	Orange
En	6	Échantillons de masse tonique — timbre complexe et hauteur claire	Vert
Ay	4	Accumulation d'impulsions variées	Bleu
Zn...	1	Succession de sons homogènes-itératifs toniques	Marron
An	1	Accumulation tonique de hauteur définie	Cyan
Zx	1	Son homogène-itératif — complexe de facture nulle	Marron
X	1	Masse tonique - complexe et continue	Magenta
Ax	1	Accumulation complexe	Bleu
X''	14	Itération formée de masse complexe	Orange / violet

Y' (φ)	1	Coup aigu, riche en fréquences (presque du bruit blanc)	Rouge
N	5	Piano préparé — son feutré de hauteur définie	Bleu
Tn	5	Son oscillant — homogène / stratifié	Bleu
En	1	Son dont la résonance a été coupée par manipulation électroacoustique	Bleu
Tn	?	Piano émulant un coup de vagues semi-résonantes	Jaune
Tn	1	Masse boisée de sons attaqués	Marron
W	2	Grosse masse à partir d'un traitement axé sur le timbre du piano	Bleu
E	1	Accumulation d'échantillons (mise en boucle) — masse et facture imprévisibles	Bleu
N (φ)	2	Fragment : jeu bref au piano — insistance sur des nœuds	Bleu
X'	2	Son attaqué de cloches — peu répétitif, homogène	Orange
N (accord tenu)	1	Accord : espèce d'organe qui regroupe d'autres événements sous forme de « grand accord »	Rouge
Hn	3	Son proche à celui d'une moto — hauteur définie	Rouge
Ey	1	Accumulation : facture imprévisible et masse semi-variable (presque du type Ay, c'est-à-dire d'impulsions variées)	Vert
Hx	1	Son de facture nulle et hauteur complexe	Vert

Partie D [05'45 — 08'43'']			
Type	#	Description	Couleur
Ey	2	« Cigales » — masse semi-variable, facture imprévisible	Noir
E	2	Échantillons de masse — facture et masse imprévisibles	Bleu
N	3	Pic résonant	Rouge
A	1	Accumulation de masse — facture et masse imprévisibles	Marron
Ex	1	Échantillons de masse complexe et de facture imprévisible	Violet
Ax	9	Accumulation : Variation (chant d'oiseau présenté dans la partie A) — accumulation complexe de facture imprévisible	Orange
An	1	Masse hétérophonique de chants d'oiseau : reprise du même événement typologique apparu dans la partie A	Jaune
An	1	Masse hétérophonique de chants d'oiseau dont l'une des « voix » s'avère prépondérante	Orange

A	1	Sorte de tonnerre + avion qui passe (flanger) — Accumulation imprévisible	Cyan
An	1	Cigales — accumulation tonique de facture imprévisible	Violet
φ	1	Coup « boisé »	Violet
T	1	Trame complexe qui réunit, sous forme de <u>sonorité</u> <u>maîtresse</u> , divers « sources » sonores	Noir
A	1	« Son d'aboïement » qui émerge de la trame principale « T »	Jaune
P	5	« Grillons » : ostinato percussive d'une série d'impulsions du type maraca	Bleu
P / T	2	Ostinato saillant émergeant	Bleu

Partie E (coda) [08'53'' — 09'53'']			
Type	#	Description	Couleur
An	3	Accumulation du type N	Orange
P	1	Pédale d'une série d'impulsions « grillons »	Bleu
N''	5	Bourdon	Cyan
Ax	1	Accumulation complexe (emballage d'un bonbon)	Violet
N	2	Pic résonant	Rouge
N''	1	Petit objet homogène itératif tonique qui se met à chanter	Jaune
A	2	Accumulation imprévisible — petit son aigu « flangé »	Noir
Ax	1	Accumulation de fréquences aiguës	Orange

Annexe 2.2 Beneath the Forest Floor — Hildegard Westerkamp (1996)

Partie A [0'00 — 01'18'']			
Saillance	#	Observations	Couleur
Zx	9	Ronflement : son dit « a »	Vert
Y	5	Chant d'oiseau : son dit « b »	Rouge
Yx	2	Ruisseau d'eau	Noir
Hn	5	Sifflement quasi pur : son dit « d »	Bleu
N'	5+	Gazouillement de petits oiseaux	Magenta
A	1	Chant de mouettes	Marron
P	1	Pédale : petit fredonnement	Orange

Partie B [01'18'' — 03'35'']			
Saillance	#	Observations	Couleur
Tn	3	Arbres penchés par le vent : grésillement boisé	Jaune
A	1	Chant de mouettes	Marron
Hn	42+	Sifflement quasi pur	Bleu
Yx	1	Ruisseau d'eau	Noir
N	3	Chant d'oiseau « à une note » — chant formé et très clair	Orange
N'	3	Gazouillement de petits oiseaux	Magenta
N''	2	Chant rapide/ impétueux (alouette ?)	Rouge
Zx	8	Ronflement	Vert
W	3	Vent	Blanc
N'	9	Chant d'un petit oiseau — son court	Magenta
N'	10+	Chant d'oiseau (foulque ?)	Violet
X''	3	Grand oiseau (pépiement de corbeau ?)	Violet
N''	4	Son dit « g » : abeille ou bourdon	Cyan
Y''	2	Petit oiseau ; cri de moineau	Orange
An	1	Gazouillement - masse très saillante	Bleu

Partie C (Pont) [03'35''— 04'33'']			
Saillance	#	Observations	Couleur
Hn	1	Sifflement quasi pur	Bleu
Zx → Y''x	11	Ronflement (morphing)	Vert/cyan
Ax	3	Sonorité très profonde. Meuglement de vache ?	Rouge
X''	2	Canard - son entrecoupé caractéristique	Violet

Partie D [04'33''— 06'37'']			
Saillance	#	Observations	Couleur
Y''x	1	Ronflement transformé	Cyan
Ax	7	Sonorité très profonde (meuglement de vache)	Rouge
X''	2	Cri de corbeau	Noir
Tn	24	Arbres penchés par le vent : grésillement boisé	Jaune
φ	21	Sont très court (chant de cigogne)	Violet
An	10	Grincement de masse fixe	Marron
W	3	Vent	Blanc
Y''	6	Grognement mou : pigeon	Rouge
Ay	2	Grognement au ralenti	Bleu
An	5	Gazouillement d'oiseaux	Bleu
T	1	Son réverbéré du vent/bruit	Cyan
Zy	4	Son traité : « pigeon transposé vers le grave »	Blanc
N'	1	Grincement aigu	Marron

Partie E [06'37''— 07'35'']			
Saillance	Occurrences	Observations	Couleur
Tn	8	Grincement aigu (arbre)	Jaune
An	6	Gazouillement d'oiseaux	Bleu
An	4	Grincement — masse fixe	Marron

Zy	1	Son traité : « pigeon transposé vers le grave »	Blanc
Ax	1	Sonorité très profonde (meuglement de vache)	Rouge
φ	3	Sont très court (chant de cigogne ?)	Violet
Y''	2	Cris de pigeon	Violet
W	1	Son très saillant (sanglier ?)	Rouge
φ	3	« grains » toujours <i>accordés</i> à la sonorité de fond (field-recording noise)	Violet
Ey	2	« Son central » occupant une grande plage fréquentielle (objet saillant de par son amplitude)	Bleu
Ay	1	Continuum < >	Bleu
Y'	1	Chant d'oiseau qui passe — son clôturant ce pont	Marron

Partie F [07'35'' — 08'40'']			
Saillance	Occurrences	Observations	Couleur
Ey	3	Ronflement très résonant (harpe éolienne ?)	Noir
Zx	3	Ronflement — masse complexe	Vert
Hx	6	Son synthétique contenant divers fréquences (« accord »)	Bleu
X''	8	Chant de corbeaux	Noir
A	2	Masse résonante de facture imprévisible — transformation de Ey	Cyan

Commentaires : Sur la base d'une caractérisation typologique des éléments sonores qui constituent l'œuvre, on infère une structure en six parties. Cette description coïncide avec celle proposée par Duhautpas et Solomos. Cependant, la nôtre propose une subdivision différente, axée sur l'apparition de matériaux morphologiquement divergentes.

Annexe 2.3 Pacific Fanfare — Barry Truax (1996)

Partie A [00'00''— 00'38'']			
Type	#	Description	Couleur
N	5	1- Sonnerie grand bateau 2-4 klaxon bateau	Jaune
N'	1	Marmite aiguë battue trois fois	Rose
Y'	2	Tonnerre	Violet
Hx	1	Masse d'eau en mouvement	Blanc
Ax	1	Bruit « texturé » de fond	Bleu
Tx	3	Sonnerie du train	Cyan
En	2	Relâchement du son N (traité)	Bleu
X	1	Son de cloches	Orange

Partie B [00'38''— 01'14'']			
Type	#	Description	Couleur
X	2	Jeu de cloches	Rouge
Ay	1	Résonance stable	Bleu
Ey	1	Texture résonante (on dirait une ampoule au néon)	Bleu

Partie C [01'14''— 01'46'']			
Type	#	Description	Couleur
Ay	2	Résonance stable	Bleu
T	1	Masse stable, bruitée	Blanc
Ey	5	Son résonant : texture du type « néon »	Cyan
N	3	Sonnerie harmonique : « annonce sonore »	Orange
Tx	4	Son ascendant : « voiture de formula 1 »	Vert

Partie D [01'46''— 02'29'']			
Type	#	Description	Couleur
Y''	1	Sonnerie de bateau transformée	Orange
Tn/Tx	1	Granulation du son Y'' : même source ; manipulation au niveau de la masse et de la facture	Vert
P	1	Pédale de la sonnerie de bateau (Y'')	Magenta
N	9	Son soufflé (type trompe) Masse harmonique Y'' ==> N	Rouge

Partie E [02'29''— 02'58'']			
Type	#	Description	Couleur
Y''	1	Klaxon de bateau transformée	Orange
Tn	4	Klaxon initial : jeu d'inversions d'un accord (de mi bémol majeur). Le spectre a été manipulé dans le but d'être harmonique	Vert
N	1	Résonance métallique quasi imperceptible	Rouge

Annexe 2.4 Pendlerdrom — Barry Truax (1997)

Partie A [0'00''— 02'00'']			
Type	#	Description	Couleur
A	3	Sac plastique froissé	Bleu
Tn	8	Tissu frotté / frein à air comprimé	Blanc
X'	6	Bruit de pas (net)	Violet
Yx	3	Annonce par haut-parleur	Jaune
N'	3	Tasse battue avec une cuillère	Violet
Φ	7	Claquement	Bleu clair
Y	9	Masse de voix plutôt discernables : un enfant et sa mère ; des annonces par haut-parleur	Jaune
Tx	1	Masse résonante (freinage)	Cyan
K	1	Quelqu'un se mouche	Marron

E	2	Quelqu'un crache	Marron
N''	3	Sonnerie d'alarme (synthèse sinus)	Rouge
X''	3	Vibration métallique d'un chariot qui passe	Vert
N''	2	Résonances métalliques diverses (chariot)	Rouge
N''	1	Transformation des bruits de pas	Jaune

Partie B [02'00'' — 04'30'']			
Type	#	Description	Couleur
W	1	Passage du train (fracas lourd)	Orange
N	14	Grincement aigu bien défini (facture diverse)	Rouge
Tn	26	Clapotis (perçu depuis le quai)	Marron
(X)	1	Grincement complexe	Cyan
Ex	(Fond)	Masse aérienne d'amplitude variable	Bleu
Φ	9	Claquement d'un objet qui tombe	Violet

Partie C [04'30'' — 06'52'']			
Type	#	Description	Couleur
(W) *	2	Bruit du moteur résonant dans l'aigu	Bleu
Yn	4	Masse de grincements "mélodiques"	Orange
Φ	16	Claquements divers et variés	Violet
Tn	4	Frein à air comprimé	Blanc
En	1	Sifflet	Bleu
Tn	3	Clapotis	Marron
X	1	Coupe de porte	Marron
Zx	1	Bruit d'un pas sur une flaque d'eau	Cyan
N	3	Masse de grincements "mélodiques"	Orange
N	6	Sonneries d'annonce	Vert
Y	8	Voix discernables	Jaune
(W) *	2	Variation : bruit du moteur résonant dans l'aigu	Rouge

Partie D [06'52''— 10'47'']			
Type	#	Description	Couleur
F	1	Fragment	Violet
En	5	Résonance métallique (sur une corde)	Bleu
Tn	1	Frein d'air transformé	Cyan
Zn	2	Masse synthétisée harmonique dont les pics saillants forment une pseudo-mélodie fondée sur les sonneries d'annonce	Magenta
N	37	Pics résonants issus de la masse Zn (magenta)	Rouge
Hn	1	Maintenance : résonance homogène	Orange
Yx	1	Annonce par haut-parleur	Jaune
Tn	1	Frein d'air	Blanc
Yn	1	Masse de grincements "mélodiques"	Orange
N''	1	Sonnerie alarme	Rouge
X'/X''	9	Bruit de pas (continuum)	Violet

Partie E [10'47''— 12'07'']			
Type	#	Description	Couleur
(Tn)*(En)	1	Masse harmonique attaquée	Bleu
Φ	1	Petit claquement	Violet
Yn	1	Masse de grincements "mélodiques"	Orange
N''	1	Sonnerie alarme	Rouge
X'/X''	9	Bruit de pas (continuum)	Violet
T	1	Brouhaha	Jaune

Annexe 2.5 Untitled Music for Geography — Francisco López (1997)

Partie A [0'00''— 08'00'']			
Type	#	Description	Couleur
Hn	1	Masse très complexe présentant des pics résonants cycliques. Il s'agit d'un son qui s'installe dans le fond du paysage sonore	Blanc
K	12	Infrason	Vert

Partie B [08'00''— 20'02'']			
Type	#	Description	Couleur
T	1	Trame très similaire à celle du début (Hn). Cependant, elle est plus serré dans son spectre et ne présente pas de résonances. Il s'agit aussi d'un son installé au fond du paysage sonore	Blanc
W	5	Couche du bruit général, de masse imprévisible	Blanc
A	1	Bruit général présentant d'autres caractéristiques au niveau spectral : épanouissement vers l'aigu (on dirait une raréfaction de l'espace sonore)	Bleu
Tn	1	Son complexe hétérogène : résonance qui occupe une plage fréquentielle plus aiguë	Jaune
E	1	Masse de facture imprévisible : peut-être, il s'agit d'un paysage ralenti de la forêt tropicale. <u>Masse très saillante</u>	Bleu

Partie C [20'02'' —28'12'']			
Type	#	Description	Couleur
Hx	1	Masse qui se complexifie peu à peu, présentant quelques résonances aperiodiques. À nouveau, il s'agit d'un son qui détermine le fond sonore. Ce son se prolonge même durant la partie suivante	Blanc
Hn	36	Échantillons d'un chant d'oiseau au ralenti. Au début, cela s'entend comme une émergence dans une nouvelle plage fréquentielle	Vert
T	1	« Canon d'oiseaux » — trame complexe présentant quelques résonances	Cyan

Zx	6+	« Frottement d'air à l'intérieur d'un tube »	Marron
Zn	3	Même source (son Zx), avec une masse moins complexe. Son très similaire à Hn	Bleu
Y	1	Fréquence périodique issue du son Zx/Zn	Rouge
X	1	« Hélices d'hélicoptère en mouvement » — son qui se prolonge au-delà de cette partie	Noir

Partie D [28'12'' — 32'19'']			
Type	#	Description	Couleur
Hx	2	Masse qui se complexifie peu à peu, présentant quelques résonances aperiodiques. Sonorité qui s'installe dans le fond du paysage sonore	Blanc
X	1	« Hélices d'hélicoptère en mouvement » — son qui se prolonge au-delà de cette partie	Noir
Tx	14	Son de tonnerre	Jaune
N''	-	Continuum de tambours	Magenta
Ex		Son électrique réverbérant	Cyan
Ay	5	Bruit granulaire réverbéré	Bleu
W	2	Couche du bruit — de masse imprévisible	Blanc
Yx	11	Fracas court et sec au registre grave : son de tonnerre (manipulé)	Rouge

Partie E [32'19'' — 45'53'']			
Type	#	Description	Couleur
Tx	12	Son de tonnerre	Jaune
Yx	19	Fracas court et sec au registre grave : son de tonnerre manipulé	Rouge
Y''x	1	Bruit granulaire complexe itératif	Vert
Ay	9+	Bruit granulaire réverbéré	Bleu
E	11	Bruit sourd (un peu saturé) et résonant	Vert
Ex	3	Son électrique réverbérant	Cyan

X'	20+	« Son d'aboïement » — son attaqué, de masse complexe	Marron
F	1	Claquement sec	Violet
Hn	10+	« Coup sur une boîte en bois » : son tempéré assez résonant. Cette morphologique découle de la <u>masse Hx</u> qui s'est installée dans le fond depuis la partie D	Jaune
Y'	1	Claquement réverbéré en sforzando	Violet
Y	22	« Chant d'oiseau » : fréquence quasi pure	Rouge

Commentaires : Cette composition est organisée en six parties, toutes construites sur la base d'un « drone hétérophonique » qui varie entre deux typologies sonores, à savoir “Hn” et “Hx”. Ces typologies correspondent à des événements homogènes ayant une fonction tonique : Hn, en raison de son hauteur définie ; Hx de par son hauteur complexe.

*Annexe 2.6 Gently Penetrating Beneath the Sounding Surfaces of Another Place —
Hildegard Westerkamp (1998)*

Partie A [0'00''— 04'11'']			
Type	#	Source (reconnaissance)	Couleur
N	7	Son de petites cloches	Orange
N-var	2	Son de petites cloches + piano	Orange
N	16	Jeu de sitar	Bleu
N	2	Klaxon	Rouge
Y''	1	Secouement d'un « shaker »	Vert
Y	4	« Chant shamanique »	Jaune
F	6	Coup	Violet
K	5	Hochet	Kaki
X	6	Cloches	Magenta
Ey	1	Moto	Cyan
Y'	2	Coup sur un couvercle	Violet
X''	1	Roue de calèche	Vert
Ax	2	Frottement (balai sur plaque métallique)	Cyan
X'	1	Coup sec & grave	Violet
Y	9	Voix (à la crié)	Jaune
N	2	Sonnette vélo	Blanc
Hx	7	Oiseau + traitement “time-stretching”	Blanc
Hx	2	Accordéon inversé	Vert
Zx	5	Coups itératifs (bâton en bois)	Blanc
Y	2	Son inversé d'un Hi-Hat	Bleu
Zx	5	« Machine à coudre » — boucle sonore	Bleu
N>X	7	« Sitar convolué »	Bleu

Partie B [04'11''— 06'53'']			
Type	#	Source (reconnaissance)	Couleur
En	1	Masse cloche/piano. Facture longue	Orange

Tn	1	“Toile sur cloches + flanger”+piano	Blanc
X	3	Klaxon aphonique	Rouge
X	2	Cloches	Magenta
N	5	Sitar (marqueur sonore)	Bleu
Hx	4	Oiseau +“time-stretching”	Blanc
N	5	Klaxon « nettoyé »	Vert
K	3	Hochet	Kaki
Ax	4	Frottement (balai sur plaque métallique)	Cyan
An	6	Accumulation : pièces sur bol de métal	Bleu
Ey	2	Moto (au fond)	Cyan
Y	10	Voix à la crié	Jaune
Y’	4	Coup aigu sur un couvercle métallique	Vert
Y’	3	Coup sur un couvercle (ayant un timbre différent)	Violet
F	2	Coup sec non résonant	Violet
N	5	Klaxon	Rouge
X	1	« Klaxon aphonique »	Rouge
Y	5	Bruit d’une balançoire	Orange
N aussi noté N(Y)	4	« Voix stabilisée » (via p-stretching)	Jaune
Zy	1	Shaker : geste plus lent de secouement	Blanc
Hx	4	Chant d’oiseau + time-stretching	Blanc
Ey	1	Gouttes réverbérées + flanger : échantillons de masse variable	Bleu

Partie C [06’53’’— 08’31’’]			
Type	#	Source (reconnaissance)	Couleur
N	1	Jeu de sitar	Bleu
N-var	1	Petites cloches + piano	Orange
Tn	1	« Sourdine de toile sur cloches » + piano : trame passée par un flanger	Blanc
Y	9	Voix d’enfant	Jaune

Y	2	Chant b : chant enregistré & diffusé par des haut-parleurs	Cyan
Y	1	Chant c : chant enregistré & diffusé par des haut-parleurs	Cyan
Y	1	Voix lointaines	Marron
F	1	Coup	Violet
Ey	1	Moto	Cyan
Y (v)	2	Voix d'enfant (petite variation)	Jaune
An	1	Pièces sautillant dans un bol de métal	Bleu
Y	4	Chant « shaman »	Jaune
Y''	1	« Shaker »	Vert
X	2	Klaxon aphonique	Rouge
Hx	2	Accordéon inversé	Vert
Hx	2	Oiseau +“time-stretching”	Blanc
N	1	Petites cloches	Orange
X	4	Ensemble de cloches de différentes tailles	Magenta
Y	2	Balançoire	Orange

Annexe 2.7 Island — Barry Truax (2000)

Partie A [0'00''— 03'00'']			
Typologie	#	Description	Couleur
Hx	(>) 40	Ruisseau. Corps homogène, masse complexe qui s'installe progressivement au fond du paysage	Blanc
N	11	Son de synthétise (son tonique). Objet omniprésent	Rouge
En	6	« Frottement sur le bord d'un verre ». Son granulé. Cet événement se décompose en Ex et X'', au fur et à mesure du temps	Bleu

Ex	22	Son granulé (petit grain). On dirait une « goutte d’huile sur plaque brûlante » qui résonne (f0). Cet événement est utilisé de manière plutôt harmonique : lors de sa manipulation dans le domaine du pitch, le son se départage — comme 7ème mineur et comme 8ve de la fondamentale (dont la typologie correspond à N).	Cyan
X’’	13	« Goutte d’huile sur plaque brûlante ». Le grain devient peu à peu une texture complexe-itérative	Vert

Partie B [03’00’’— 06’00’’]			
Typologie	#	Description	Couleur
Ax	5	Masse d’eau (Hx) possédant des résonances (accumulations)	Jaune
Hn	2	Masse semi-harmonique composée d’objets du type Hn	Blanc
Hx	4	Masse inharmonique	Blanc
X’’	1	Masse désagrégée qui donne l’impression de “résoudre” la tension accumulée	Vert

Partie C [06’00’’— 08’13’’]			
Typologie	#	Description	Couleur
Ax	2	Ruisseau d’eau	Jaune
X’	22	Goutte d’eau — registre grave, masse réverbérante	Violet
X’ (var)	11	Goutte d’eau — registre aigu, masse plus homogène (sonorité plus sèche)	Violet
An	10	Son dont la facture est dilatée par sa résonance	Jaune
N’	5	Même source « An » mais sous forme de note attaquée	Rouge
Y’’	1	Masse : grosses gouttes amplifiées (sfz)	Vert
Ex	6	Son synthétique résonant	Bleu
Ay	2	Masse “An” anharmonique (très bruité)	Jaune
N	4	Son de corde par synthèse (type karplus)	Rouge
Y’’ (marron)	1	Grosses gouttes dans leur phase d’attaque. Son très réverbéré	Marron

Pont [08'13''— 09'00'']			
Typologie	#	Description	Couleur
N	19	« Goutte accordée »	Rouge
N'		Pincement de N	Violet
X'	11	Goutte d'eau. X' (b) = "pincement électrique"	Violet
Ax	1	Son attaqué. "Col legno" sur la masse de X'	Jaune
An	3	Goutte accordée "frotté avec le pouce"	Jaune
Ay	1	Entassement de bulles du type y	Bleu
Zy	4	« Grincement du bois ». Matériau qui sert comme pont sonore pour passer à la partie suivante	Blanc
F	4	Fragment de X'	Violet

Partie D [09'00— 12'10'']			
Typologie	#	Description	Couleur
T	5	Bruit de fond continu qui émerge de temps en temps.	Blanc
Zy	16	Grincement (bois)	Blanc
Hx	6	Masse bruitée du « vent (résonant).	Vert
Hx—>Hn	3	Même masse (Hx), moins bruitée et plus résonante	Vert
Hn	6	Masse résonante	Vert
Hn—>En	1	Masse harmonique ayant un timbre harmonique et une facture granulée	Cyan
En	6	Masse composée (notamment durant 11'40''). Sonorité prégnante	Cyan
X''	5	Chant d'oiseau	Orange
Y''	1	Itération sonore qui ralentit (on dirait par « time-stretching » de X'')	Orange
Zn	1	« Aboiement au ralenti »	Marron
Ey	1	Vibration d'air	Bleu
F	4	Fragment assez court	Violet
An	4	« Cigale synthétique » — matériau caractéristique de la partie qui suit	Bleu

Y'	1	Cri d'un « cochon d'Inde » + Oiseau	Violet
-----------	---	-------------------------------------	--------

Partie E [12'10''— 15'30'']			
Typologie	#	Description	Couleur
An	14+	Matériau de base constituant le fond « harmonique » de toute cette partie	Bleu
Zy	20	Coups / grincements de bois	Blanc
Hn	6	Masse résonnante (tunnel)	Marron
Hx	2	Bruit ambiant filtré et résonnant	Blanc

Partie F [15'30''— 19'00'']			
Typologie	Occurrences	Description	Couleur
T	20	Son de la mer (choc de vagues)	Blanc
Hn	17 *	« Résonance métallique »	Marron
N	15	Son grave synthétisé	Rouge
Hn+N	4 *	« Son convolué »	Bleu

Annexe 2.8 Metrophonie — Damián Keller (2005)

Partie A [0'00''— 04'11'']			
Typologie	#	Observations	Couleur
N	1	« Bruit de moteur »	Violet
Hn	1	Matière résonnante et granulée	Blanc
A	1	« Matière qui se désagrège »	Bleu
T	2	Résonance du vent	Blanc
T (large)	3	Résonance du vent en croissante (dont la dernière apparition déclenche le début d'un pont vers la partie B)	Blanc
Y' (1)	3	Bruit de pas	Marron

Y' (2)	5	Son rond métallique	Marron
W	3	Grosse masse, très grave	Rouge
Tn/Xn	1	Sorte de « courant stratifié » d'air	Vert
K	18	Matière granulaire de durée déterminée	Cyan
K (Grosse masse)	3	Masse granulaire	Cyan
K_2 (m. Désagrégée)	1	Masse granulaire désagrégée	Cyan
F	8	Fragments (coups fins)	Violet
F_2	6	Fragments plus légers, toujours <i>ppp</i>	Marron
Hx	6	Frein par pression d'air	Gris
Zx	20	Corps semi-métallique qui rebondit	Blanc
Y	4	Voix humaine qui sort du fond	Jaune
N	3	Klaxons	Rouge

Partie B [04'11''- 07'31'']			
Typologie	Occurrences	Observations	Couleur
T	5	Masse résonante. Plutôt un continuum qu'une saillance précise	Blanc
Tn/Tx	4	Courant stratifié	Vert
Y	1	Longue note dans l'aigu	Rouge
Y'	2	Bruit grave (sourd et court) : on dirait le « bruit qui fait le passage d'un train sur les jonctions de la voie »	Marron
W	3	Grosse masse sonore dans le grave	Blanc
K	1	Masse saturée	Cyan
F(K)	1	Résonance (par filtrage)	Cyan

Partie C [07'31''— 11'17'']			
Typologie	#	Observations	Couleur
N	2	Son de moteur (relâchement)	Violet
N	1	Klaxons	Rouge
Y'	11	Bruit de pas	Marron

Y	3	Annonce (sonnerie) ; résonance très aiguë du freinage	Rouge
Y (voix)	5	Diverses voix qui saillissent du fond	Jaune
Yx	11+	« Lamentation » : voix au ralenti	Magenta
F(K)	1	Résonance (par filtrage)	Cyan
Yx	4	« Toux »	Marron
T	4	Passage d'un gros objet (masse saturé)	Blanc
K	3	Accumulation de grains	Cyan
X	3	Masse croissante	Blanc
W	1	Gros coup. Son assez sourd	Rouge
H	1	« Bruit rose filtré »	Blanc

Annexe 2.9 Double Glazed — Camille Hannan (2007)

Partie A [0'00''— 01'24'']			
Type	#	Description	Couleur
W	1	Avion en vol. Son très grave, de masse imprévisible et de facture tenue formée. Continuum pendant toute la pièce	Bleu
W	1	Sonorité plus aiguë, de masse imprévisible	Marron

Partie B [01'24''— 03'14'']			
Type	#	Description	Couleur
W	–	Moteur d'avion en vol. Son très grave, de masse imprévisible ; de facture tenue et formée. Sonorité omniprésente	Bleu
X'	1	Saillance d'amplitude (saturation)	Violet
X		Avion qui passe	Vert
N	3	Résonance formée de hauteur définie (interrompue)	Rouge
K	1	« Bruit de câblage » (canal droit)	Cyan
Y	3	Résonance semi-variable (interrompue)	Orange

Ex	1	« Échantillons de masse aérienne ». Hauteur complexe. Le son se ferme drastiquement, sans que sa résonance soit coupée.	Bleu
Zy	1	Va-et-vient : facture nulle et masse semi-variable. « Geste » itératif	Cyan
Y	1	Masse semi-variable d'un « moteur à hélice ». Le son « passe » et se clôt sans que sa résonance soit coupée.	Violet
Tn/Tx	2	Trame stratifié, hauteur complexe	Noir
T	1	Trame tenue-formée de masse semi-variable (morphing)	Bleu

Partie C [03'14''— 04'25'']			
Type	#	Description	Couleur
T → Y	1	« Va-et-vient » : masse fixe	Bleu
W	–	Moteur d'avion en vol. Son très grave de masse imprévisible. Facture tenue et formée.	Bleu
Tn/Tx	1	Bruit d'avion en « va-et-vient »	Noir
Zy	1	Résonance (par filtrage de bande)	Bleu
Hx	1	Texture rythmique de hauteur complexe. Son homogène complexe	Magenta
T	1	Moteur d'avion filtré, privilégiant le registre bas	Blanc

Partie D [04'25''— 04'53'']			
Type	#	Description	Couleur
W	1	Moteur d'avion en vol. Son très grave, de masse imprévisible. Son de facture tenue et formée.	Bleu

Annexe 2.10 Untitled #203 — Francisco López (2007)

Partie A [0'00''— 07'00'']			
Type	#	Description	Couleur
E	3	« Ronflement grave et éloigné », caractérisé par le filtrage naturel issu du reflet sonore des avions [« Matériau A »]	Noir
Ex (1)	1	« Démarrage du moteur ». Masse de fréquences en glissando vers l'aigu	Bleu
Ex (2)	1	Avion qui passe de près	Vert
E	1	Bruit résonant dans le medium/grave	Bleu
W	1	« Mallet feutré qui frappe une grosse-caisse » Son attaqué dans le grave	Orange
Y''	1	Accumulation rythmique de facture imprévisible	Cyan
Ey (1 et 2)	2	Nœuds du type « homogène itératif variable » avec un petit pic résonant	Jaune
Hx	10	« Souffle »	Marron
N	1	Fréquence « formée » en provenance de Ex	Rouge
X	2	« Petit avion à hélice » qui émerge. Ça commence comme une « note synthétisée » qui se complexifie au fur et à mesure du temps	Violet
Hx	1	« Petit avion à hélice » caractérisé par la présence d'une masse aérienne plus dense (soufflée)	Pourpre
Zx	1	Hélicoptère : son homogène itératif de masse complexe	Magenta
En	5	« Cri d'un animal nocturne » (criquet)	Jaune
Ey	1	Masse ayant des fréquences stationnaires résonantes	Jaune
Ey (2)	1	Masse filtrée (cut-off high)	Jaune
W	3	Grosse masse très grave (quoique discrète de par son amplitude)	Orange

Partie B [07'00''— 12'51'']			
Type	#	Description	Couleur
T	6	Trame mixte de masse imprévisible. On dirait, une variation du son « W » (changement de plage fréquentielle)	Cyan
Ex	8	Avion qui passe	Bleu
Tn	15	(Avion) Trame complexe, masse semi-variable et facture nulle	Rouge

En	6	Échantillons de masse métallique (résonance du moteur) à une fréquence centrale plutôt définie	Orange
Hx	2	« Souffle »	Pourpre
E	1	Ronflement grave et éloigné, ayant un filtrage naturel (celui du reflet sonore des avions). [« Matériau A »]	Noir
Y''	1	Accumulation « rythmique » de facture imprévisible	Cyan

Annexe 2.11 Airport Symphony, 1 Brief Life —Christopher Charles (2007)

Partie A [0'00'' – 03'12'']			
Typologie	#	Description	Couleur
T	1	« Rumeur d'un moteur d'avion, perçue de l'intérieur » : Trame de facture nulle et de masse imprévisible	Jaune
Hx	3	Son très riche de hauteur complexe et facture nulle	Bleu
W	1	Masse imprévisible de facture formée	Marron
N	3	Résonances : facture tenue/formée et hauteur définie	Orange
Hx	3	« Accord homogène et complexe »	Bleu

Partie B [03'12'' – 05'30'']			
Type	#	Description	Couleur
(Hx)	2	« Bruit du vent »	Noir
N	3	On dirait, « presque une onde sinusoïdale », de hauteur définie et de facture formée	Magenta
F	1	« Coup sec ». Fragment assez court	Jaune
N'	12	« Cloches ». Impulsion feutrée. Coup/impulsion tonique	Rouge
E	1	« Glitches » Échantillons issus d'une excitation métallique	Bleu

Zn	1	« Ambiance sonore dehors l'avion ». « Son de claves » (son homogène-itératif-tonique)	Cyan
An	1	« Soufflet ». Résonance aérienne ; accumulation tonique	Vert
Hn	2	« Cigales » Couche de sons résonnants	Violet
N	6	Saillance de facture tenue/formée et de hauteur très définie	Orange
X	1	Superposition de divers sons à hauteur définie, de facture similaire et de masse différente	Jaune
T	1	Trame mixte imprévisible	Noir
Ex	3	« Rugosité » composée de glitches	Cyan
Ax	4	« Clôture de la rugosité Ex ». Accumulation complexe	Cyan
Hn	1	« Masse soufflée » résonante	Rouge

Partie C [05'30''— 07'55'']			
Type	#	Description	Couleur
Hn	1	Son homogène tonique de hauteur définie. Changement d'atmosphère	Bleu
N	7+	Son qui varie entre périodique et irrégulier. Trame décomposée en occurrences de pics N	Orange
Ex	1	Agrégat ayant quelques caractéristiques de l'événement Zn de la partie 2, qui devient au fur et à mesure un ensemble d'occurrences de masse définie et de facture tenue-formée	Cyan
X	6+	« Son sinusoïdal doublé à l'octave »	Jaune
An	3	Son « soufflé et strié » de hauteur définie et masse complexe	Vert
Hn	2	(Même son soufflé), mais plus massif, plus grave et plus rugueux	Violet
T	2	« Moteur d'avion » Trame de masse imprévisible	Noir
X	4+	« Agrégat tempéré ». Transition de X vers la formation d'un « accord »	Jaune-rouge-jaune
X''	1	Itération d'un son de hauteur définie	Vert
N'	2	Impulsion aiguë	Bleu
N''	3+	Masse conformée par une itération rapide de sons attaqués	Orange

Partie D [07'55''— 09'38'']			
Type	#	Description	Couleur
N'	1	Impulsion aiguë	Bleu
X	2	« Moteur d'avion ». Trame filtrée qui donne une masse tonique harmonique	Rouge
X	1	« Moteur ré synthétisé ». Masse plus stable	Bleu
Hn	3	« Son rugueux » de hauteur définie/homogène	Violet
Hn	2	« Son rugueux amputé » de sa phase formantique	Magenta
F	1	Phase d'attaque du son rugueux Hn	Violet
E	1	Masse imprévisible de texture complexe	Vert
Hn	1	Masse résonante tonique de composition harmonique	Marron
W	1	Cluster	Magenta
Hx	1	Grincement	Noir

Commentaires : « Not 'Music for Airports' but 'Music of Airports' ». Olewnick, B.,
 Review de l'album Airport Symphony, [Site web] :
http://www.burkhardbeins.de/releases/airport_reviews.html, site visité le 16 juin 2017

Annexe 2.12 Nous, les défunts — Yannick Dauby (2016)

Partie A [0'00''— 02'47'']			
Typologie	#	Description	Couleur
N	2	Coup métallique (bol)	Orange
N''	2	Son hybride Oiseau/Klaxon spatialisé	Vert
T	3	Voiture qui passe. Son figé au fond	Noir
Hx	3	Son homogène complexe de hauteur complexe. Son résonnant d'un moteur qui accélère et qui passe	Noir
Y''	1	« Crapaud au ralenti »	Bleu
X	3	« Klaxon qui insiste »	Rouge

Ey	3	Motocyclette : texture vibratoire plutôt grave et serrée dans le spectre	Cyan
Y	6	Voix qui dit « y'a besoin de tout ça »	Jaune
K	4	Itération formée de masse imprévisible	Marron
Y (Yunzhi)	1	Violon chinois qui se confond avec le reste de matériaux	Orange
Ex	2	« Mini-paysage de cigales ». Échantillons de masse complexe	Vert
T (autre musique)	/	Musique diffusée par la radio	Vert clair
Y''	1	Feux d'artifice	Marron
X'	6+	Aboiement saillant sur un fond d'aboiements	Noir

Partie B [02'47''— 06'29'']			
Type	#	Description	Couleur
W	4	Bruit de tonnerre	Violet
Ex	/	« Mini-paysage de cigales ». Échantillons de masse complexe	Vert
N	2+	Cloches résonnantes	Magenta
N''	9	« Flux sonore issu d'un geste itératif d'attaque »	Magenta
Ey	2	« Motocyclette » : texture vibratoire plutôt grave et serrée dans le spectre	Cyan
Y (Yunzhi)	1	Musique de violon émerge en tant que sonorité maîtresse	Orange
X	2	Klaxon	Rouge
Y''	2	Feux d'artifice (continuum sonore)	Marron
Ex	3+	Mutation de X (klaxon)	Rouge
Y	1+	Chantonnement (fond)	Jaune
A	1	Pluie	Violet

Partie C [06'29''—11'11'']			
Type	#	Description	Couleur
A	/	Pluie	Violet

Ex	1	« Mini-paysage de cigales ». Échantillons de masse complexe	Vert
W	1	Bruit de tonnerre	Violet
En	1	Mélange de musiques (+tambours)	Cyan
X'	1	« Coups secs sur une vase »	Bleu
X	1	Claxon (court)	Rouge
T	1	Trame mixte de masse imprévisible. Facture nulle	Noir
X''	11+	« Pièce de monnaie virevoltant sur le pavement »	Magenta
E	4	Grincement aigu. On dirait une « cymbale excitée avec une super balle »	Cyan
F (X'')	1	Fragment de X'' (pièce de monnaie)	Magenta
N'	1	Grincement très résonant	Orange
Y'	1	Éternuement	Jaune
Ay	3	Morceau de bois qui tombent au sol. Accumulation d'impulsions variées	Violet
Ey	1	Motocyclette qui émerge de la trame du fond	Noir
T (pop music)	/	Collage d'un morceau de musique pop	Bleu
X'	1	Attaque d'un bol	Marron
T (Musique D)	/	Nouveau fragment musical	Orange
Hx	1	Ruisseau d'eau	Noir
N	1	Ambulance qui passe	Violet
T	1	Trame de voix chantées	Jaune
T	1	Chant d'oiseaux et sons synthétisés	Vert
En	/	Itération de cloches (reprise)	Magenta
Y''	/	Feux d'artifice	Marron
N''	1	Geste itératif d'attaque de cloches (sonorité aiguë)	Rouge

Partie D [11'11''— 16'47'']			
Type	#	Description	Couleur
T	/	Collage. Musique de casseroles et chant : il s'agit d'un micro paysage à l'intérieur de la composition, dont la condition de saillance correspond à la régularité et à unicité timbrique de ce matériau.	Cyan

Ey	2	Motocyclette	Noir
Ex	1	Échantillons de masse complexe. On dirait, une sonorité issue d'un processus de pitch-stretching	Vert
Y (Yunzhi)	/	« Musique de fond ». En raison de son extension, elle provoque / est à l'origine d'autres saillances.	Orange
N''	2	Tambour joué en accel.. [Saillance issue de la plage Yunzhi]	Bleu
Y''	5	Feux d'artifice (mis en avant lors du mixage)	Marron
En	/	« Cacophonie musicale ». Mélange de diverses musiques	Cyan
An	16	Accumulation tonique agitée. Son métallique. Saillance très marquée	Magenta
N'	2	Itération de coups sur un bol résonant (aigu)	Rouge
N'	2	Coup sec sur un corps résonant métallique	Rouge
X'	3	Frappe sur une casserole	Marron

Partie D (Coda) [16'47''— 18'56'']			
Type	#	Description	Couleur
Ex	3	« Mini-paysage de cigales ». Échantillons de masse complexe	Vert
N	/	Chant court	Jaune

Annexe 3

Listes bibliographiques et discographiques du répertoire de CfPS

Annexe 3.1 Liste d'ouvrages théoriques — recensement bibliographique des CfPS

Critère	Auteur	Ouvrage
Parcours personnel de Schafer	Murray Schafer	My Life on Earth and Elsewhere (2012)
État de l'art en écologie acoustique		Our Sonic Environment and The Soundscape. The Tuning of the World (1977)
État de l'art général sur les pratiques électroacoustiques	Leigh Landy	Understanding the Art of Sound Organization (2007)
Mise en question de la définition originale de la CfPS	Barry Truax	Sound in Context: Communication and Soundscape Research (1995)
Ouvrage séminal de l'écologie acoustique		Acoustic Communication (1984)
Concepts de base de la composition fondée sur le paysage sonore après les années 1970		Soundscape Composition as Global Music: electroacoustic music as soundscape (2008)
Réflexions sur le rôle des compositeurs vis-à-vis des enjeux de l'écologie acoustique		Music, Soundscape and Acoustic Sustainability. Moebius online journal (2012)
Paysage sonore réel / paysage sonore virtuel		Electroacoustic Music and the Digital Future (2002)
Distinction entre field-recording, ethnographie et CfPS	John Leveck Dever	Soundscape Composition: the convergence of ethnography and acousmatic music (2002)
Pratiques d'éco-composition et d'analyse éco-structuraliste	Timothy Opie & Andrew Brown	An introduction to Eco-Structuralism (2006)
Interactions distinctives et processus de manipulation au sein de la musique électroacoustique	John Young	The Interaction of Sound Identities in Electroacoustic Music (2002)
Réflexion sur l'équilibre entre l'écoute et la production sonore/musicale	Hildegard Westerkamp	Listening and soundmaking: a Study of Music as Environment (1988)
Réflexions sémiologiques sur l'environnement sonore	Hildegard Westerkamp	The Local the Global "Language" of Environmental Sound (2000)
Écologie acoustique et formes d' <i>Integral Art</i>	Thomas Gerwin	On Acoustic Ecology and "Integral Art" (1997)
Méthodologie d'étude des sonorités référentielles	Alex Bennett	Sounds and Structure of Electroacoustic Music: Investigating the Phenomenon of 'KeySounds' (2008)

Annexe 3.2 Liste d'ouvrages théoriques — recensement bibliographique des CfPS

Critère	Auteur	Ouvrage
Ensemble d'articles portant sur la notion d'espace dans la création sonore et musicale. État de l'art sur les pratiques artistiques en Australie	Fiona Richards	The Soundscapes from Australia. Music, Place and Spirituality (2007)
Composition du paysage sonore et les « signatures sources »	Bernie Krause	Chansons animales et cacophonie humaine (2016)
Définition de (ce qu'est et ce qui n'est pas un paysage sonore	Bryan Pijanowski	Soundscape science: a new frontier for socioecological research in terrestrial and aquatic environments (2014)
Analyse du paysage sonore	James O'Callaghan	Soundscape Elements in the Music of Denis Smalley: negotiating the abstract and the mimetic (2011)
Influence de l'environnement sonore dans les processus de création musicale	Nuno Peixoto de Pinho (<i>et al.</i>)	Composing with Soundscapes: An Approach based on Raw Data Reinterpretation (2014)
Réflexions sur la notion d'écologie et de contexte écologique dans la composition musicale	Tom Davis	Environments for sonic ecologies (2007)
État de l'art - musique fondée sur l'environnement et sur le paysage sonores	David Rothenberg, Marta Ulvaeus	Music and Nature (2001)
Contexte théorique des nouvelles approches dans la composition musicale et sonore au XXI ^e siècle	Robert Ashley	Music with Roots in the Aether (2000)
Soundscape Studies, environnement sonore et musique	Hollis Taylor & Andrew Hurley	Music and Environment: Registering Contemporary Convergences (<i>Journal</i>) (2015)

Annexe 3.3 Terminologie de recherche bibliographique

Termes de recherche	Termes de recherche dérivés		
Soundscape composition	Text sound composition	Poésie concrète	Poésie sonore
			Musique concrète
Sound art	Sound Artist	Arts sonores	—
Field recording	Street Music	Environmental Music	—
Soundscape	Landscape	Seascape	Tape Music
			Installation sonore
World Soundscape Project (WSP)	SFU	—	—
Computer Music	Musique mixte	Glitch Music	

Annexe 3.4 Liste liminaire de compositeurs fondés sur le paysage sonore

Compositeur	année	Compositeur	année
Pauline Oliveros	1961	Jodi Rose	1995
Henri Pousseur	1961	Francisco López	1997, 2007
Francis Dhomont	1963	Claude Schryer	1997
Sonic Arts Union*	1964	Steven Feld	2002
Annea Lockwood	1966-1967	Ana Lúcia Fontenele	2003
Howard Broomfield	1974	Eliane Radigue	2005
Peter Huse	1974	Jason Kahn	2007
John Oswald	1975	Marc Behrens	2007
Jean Piché	1977	Camila Hannan	2007
Makoto Shinohara	1979	Damián Keller	2007
Jean Claude Risset	1985	Christophe Charles	2007
Ame Eigenfeldt	1986	Beins Burkhard	2007
David Monacchi	1990-2002	Richard Chartier	2007
John Rimmer	1993	Matthew Burtner	2010
Martin Gotfrit	1995	Yannick Dauby	2014

Annexe 3.5 Liste d'œuvres de Barry Truax et de Hildegard Westerkamp

Barry Truax (Tape solo works)	Hildegard Westerkamp (compositions)
Aeolian voices (2013)	Once Upon A Time (2012)
Androgyny (1978)	MotherVoiceTalk (2008)
Arras (1980)	Für Dich/For You (2005)
Ascendance (1979)	Breaking News(2002)
Basilica (1992)	Attending to Sacred Matters (2002)
Beneath The Tor (2010)	Into the Labyrinth (2000)
The Blind Man (1979)	Gently Penetrating Beneath the Sounding Surfaces of Another Place (1998)
Chalice Well (2009)	Talking Rain (1997)
Earth and Steel (2013)	Dhvani (1996)
Fire Spirits (2010)	Sensitive Chaos (1995)
The Garden of Sonic Delights (2015-16)	From the India Sound Journal (1993)
Island (2000)	Beneath the Forest Floor (1992a)
La Sera di Benevento (1999)	Breathing Room (1990)
Pacific (1990)	Breathing Room 2 (1990)
Pacific Fanfare (1996)	The Deep Blue Sea (1989)
Pendlerdrøm (1997)	Kits Beach Soundwalk (1989)
Prospero's Voyage (2004)	Harbour Symphony [for 6 bathorns] (1988)
Riverrun (1986)	Music from the Zone of Silence: Desertwind * Meditation * The Truth is Acoustic (1988)
Sequence of Earlier Heaven (1998)	Moments of Laughter (1988)
Sequence of Later Heaven (1993)	Cricket voice (1987)
The Shaman Ascending (2004-2005)	Harbour Symphony [for 100 bathorns] (1986)
Solar Ellipse (1984-1985)	His Master's Voice (no date)
Sonic Landscape No. 3 (1975, rev.1977)	Cool Drool (1984)
Tapes of Gilgamesh (1972-1973)	A Walk through the City (1981)
Temple (2002)	Fantaisie for Horns I (1978)
Wave Edge (1983)	Familie mit Pfiff (1976)
—	Whisper Study (1975)

Annexe 3.6 Liste d'œuvres étudiées pendant le processus de sélection

Compositeur	Œuvre
Gotfrit Martin	Hut20 (1995)
Denis Smalley	Pentes (1974)
Arne Eigenfeldt	Waiting (1986)
Jean Piché	La ler à l'aube (1977)
John Oswald	Burrows (1974-75)
Bernard Parmeggiani	Espèces d'espaces (2002)
Peter Huse	Directions (1974)
Ulrich Krieger	Noise pollination (2007)
Jason Kahn	Transit (2007)
Yannick Dauby	Wâ jiè méng xūn (2017)
Burkhard Beins	Tarmac Berlin Edit (2007)
Richard Chartier	Retrieval path (2007)
Marc Behrens	3 Winged Zones (2007)
Jack Body	Music kanak anak (1978)
	Music Dari Jalan (1974)
François Bayle	L'oiseau chanteur (1963)
	Jeita (1970)
Jan Boerman	Komposite (1972)
Matthew Burtner	Coral attraction (2010)
John Cage	Imaginary Landscapes (1939)
Luc Ferrari	Petite symphonie intuitive pour un paysage de printemps (1977)
	Presque rien avec filles (1989)
Bengt Hambraeus	Tides (1974)
Anne Holmes	Wood on Wood on Water (1978)
Hugh Le Caine	Dripsody (2005)
Michael McNabb	Dream Song (1978)
Pauline Oliveros	Sound Patterns (1961)
	Deep listening (1989)

Henri Pousseur	Trois visages de Liège (1961)
Eliane Radigue	L'Île re-sonante (2005)
John Rimmer	Fleeting Images (1993)
Makoto Shinohara	City Visit (1979)
Toru Takemitsu	Water Music (1960)
	Static Relief (1956)
Edgar Varèse	Déserts (1953)
Francis Dhomont	Anti-chambre (2011)
Paul Lansky	Six fantasies on a Poem by Thomas Campion (1978)
Joel Stern	Terminal Dreamer (2007)
Christopher Willits	Plane (2007)
Keiichi Sugimoto	Tum (2007)
Tsunoda Toshiya	Peak to Peak (2007)
Fennesz	Verona (2007)
Tim Hecker	Blue Ember Breeze (2007)
Deupree Taylor	Fear of Flying (2007)
David Grubbs	The Chimney Swifts (2007)
Robert Ashley	The wolfman (1964)
Charles Amirkhanian	Just (1972)
	Heavy aspirations (1973)
Luciano Berio	Thema : Ommagio a Joyce (1958)

Annexe 4

Outils et dispositifs d'analyse et de segmentation pour l'étude musicale des CfPS

Annexe 4.1 Patch de calcul des pics de Dirac en corrélation avec l'adresse temporelle des saillances repérées

Patch de lecture comparative des saillances perçues et des pics de Dirac

Daniel Mancera B
CCM/Musdorse – Université Paris VIII
Avril - 2018

1 drop audio file force read

2 drop text file force read view text file

Forme d'onde

Signal enveloppé

Pics delta

calculer

buffer toujours le

coller

clear

saillance de la collection

3 # saillance 1

adresse (ms) 113176.519625

temps min sec msec 1 53 16

Saillances perçues

Index 39

adresse 68.3986

typologie N

temps min sec msec 1 8 38

Saillances d'amplitude

Annexe 4.2 Code java — module de lissage et d'atténuation des hautes fréquences

```
/*----- Adaptation/appropriation du code "Bufferlove" de Timothy Place
----- par Daniel Mancero B., Université Paris VIII
*/
var piste = Buffer("piste_x");
var enveloppe = Buffer("enveloppe");
var delta = Buffer("delta");

function bang() {
  var len = piste.length();
  enveloppe.send("setsize", len);

  // RMS enveloppe
  var feedback_coeff = 0.999;
  var feedback_sample = 0.0; //ceci est un filtre 1-pole passe-bas //

  for (var i=0; i<piste.framecount(); ++i) {
    var source_sample = piste.peek(1,i, 1); // channel 1, selon index, 1 sample //
    var squared = source_sample * source_sample;
    var moyenne = feedback_sample * feedback_coeff + squared * (1.0-feedback_coeff);
    var root = Math.sqrt(moyenne);

    enveloppe.poke(1, i, root);
    feedback_sample = moyenne;
  }
}
```

Annexe 4.3 Module de normalisation et d'analyse par calcul de pics d'amplitude

```
// ensuite nous faisons reset du feedback_sample :
var feedback_sample = 0.0;
// pour ensuite recopier le code tout en re-définissant la source par "enveloppe"
// (la méthode reste ".peek") : //
for (var i=0; i<piste.framecount(); ++i) {
  var source_sample = enveloppe.peek(1, i, 1); // channel 1, selon index, 1 sample //
  var squared = source_sample * source_sample;
  var moyenne = feedback_sample * feedback_coeff + squared * (1.0-feedback_coeff);
  var root = Math.sqrt(moyenne);

  enveloppe.poke(1, i, root);
  feedback_sample = moyenne; // cette répétition dans le code sert à adoucir
  // l'enveloppe que nous donnons à notre audio (voir ce qui se passe en
  // "refer enveloppe")//
}

// Analyse
delta.send("setsize", len);
var max = 0.0; // ceci sert à normaliser les valeurs. Voir "if (diff>max)"
for (var i=0; i<delta.framecount(); ++i) {
  var diff;

  if (i==0)
    diff = 0.0;
  else
    diff = enveloppe.peek(1, i, 1) - enveloppe.peek(1, i-1, 1);
  delta.poke(1, i, diff);

  if (diff > max)
    max = diff;
}

// normalisation :
var scale = 1.0/max;
for (var i=0; i<delta.framecount(); ++i) {
  delta.poke(1, i, delta.peek(1, i, 1)*scale);
}
```

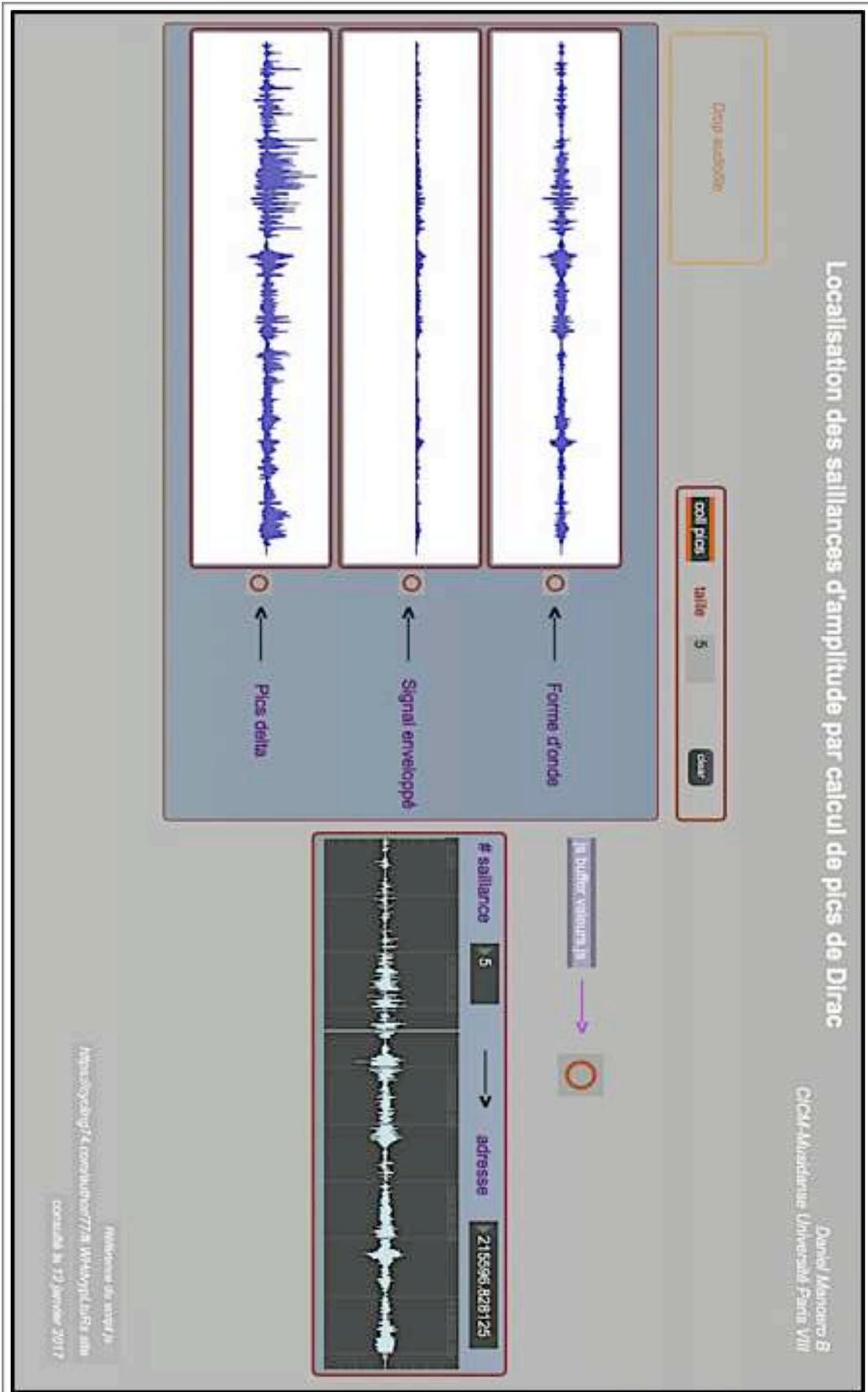
Annexe 4.4 Module de déclaration des variables d'analyse

```
// analyse de seuil :
var threshold = 0.75; // c'est une variable que l'on peut ajuster!***
var hyster = 0.25;
var triggered = false;
var attaques = new Array(); // voir push et array (méthodes)

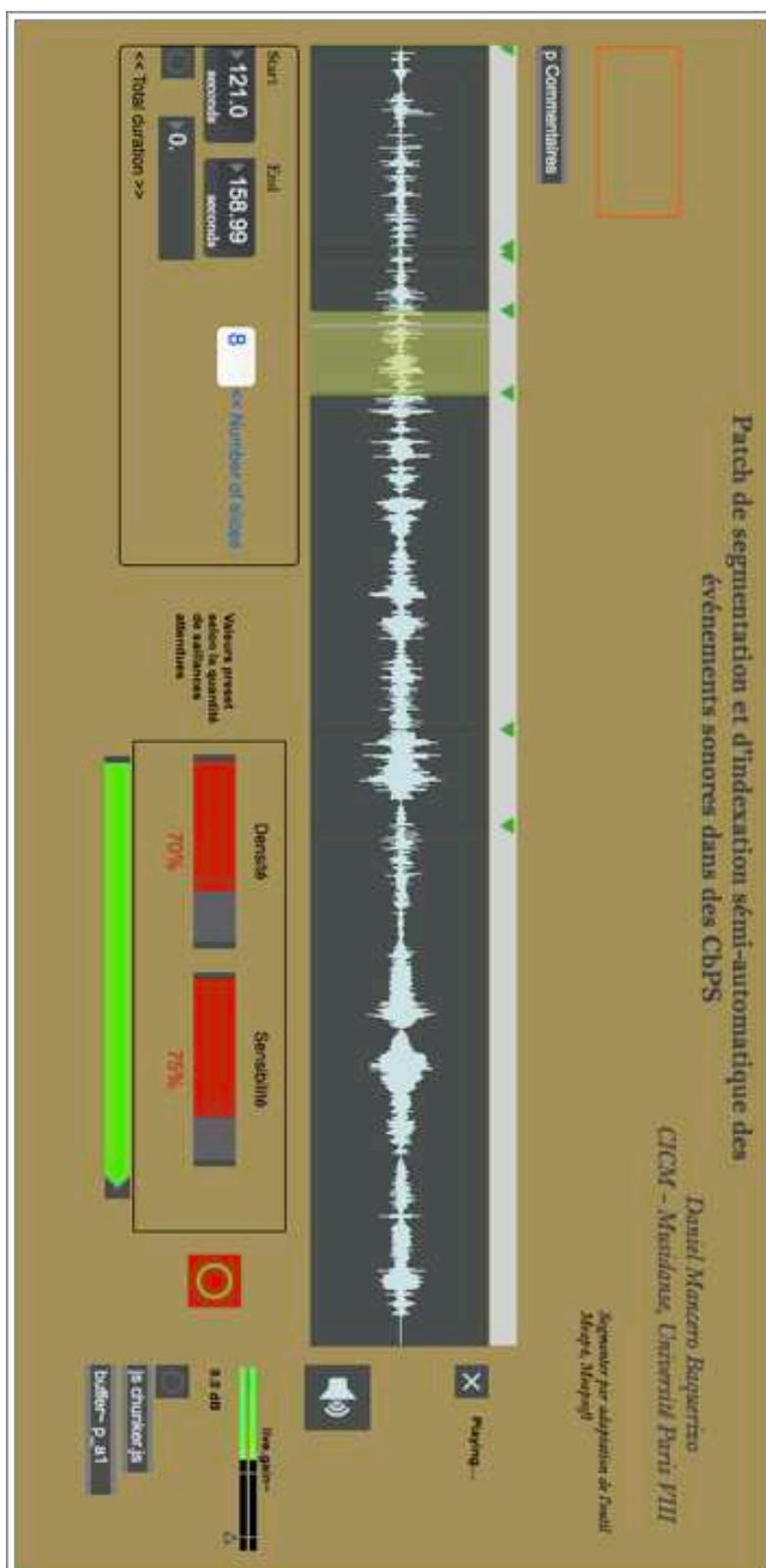
for (var i=0; i<delta.framecount(); ++i) {
  var val = delta.peek(1, i, 1);
  if (val > threshold && triggered == false) {
    attaques.push(i); // pour savoir où cela se passe-t-il
    triggered = true;
  }
  else if (val < hyster) {
    triggered = false;
  }
}

outlet(0, attaques);
}
```

Annexe 4.5 Dispositif (module) de localisation de pics d'amplitude



Annexe 4.6 Patch de segmentation des événements sonores selon leur densité et amplitude (adaptation de l'outil Meapsoft 4)⁹⁴⁹



⁹⁴⁹ Le dispositif **Patch de segmentation des objets sonores (meap)** peut être consulté sur le lien suivant : <https://www.danielmancero.com/patches-analyse>

Annexe 4.7 Liste détaillée des descripteurs LibXtract

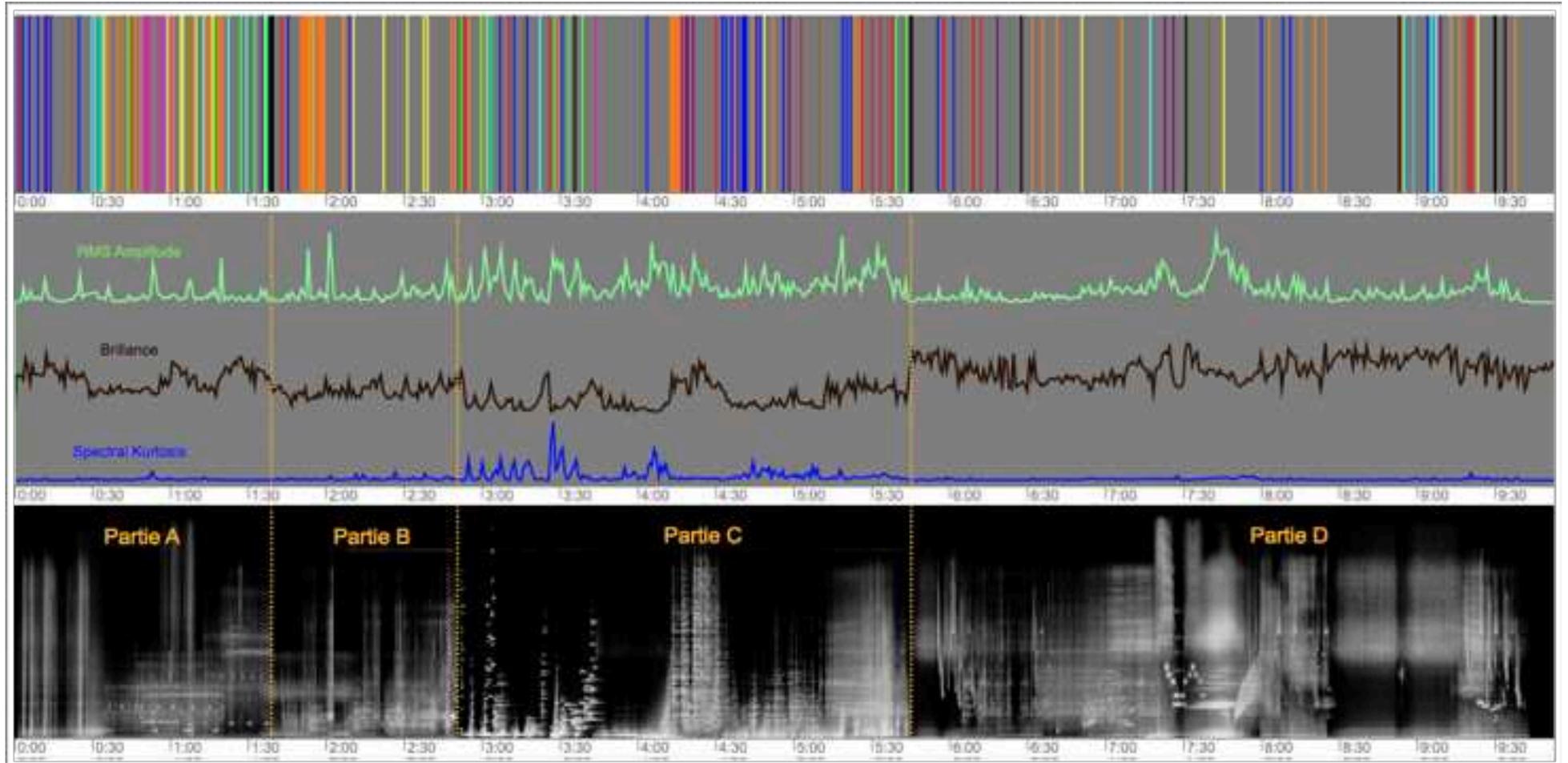
Descripteur acoustique	Dimension	Critère
Fundamental Frequency	Fréquentielle	Mesure la fréquence fondamentale des sons périodiques et plus ou moins harmoniques
Spectral Flatness	Masse spectrale	Mesure l'aplatissement de la masse spectrale
Kurtosis	(Multidimensionnelle) Distribution	Mesure la distribution de l'énergie
Loudness	Amplitude	Mesure l'intensité sonore du signal
Mean	Spectrale	Calcule la moyenne d'un vecteur d'énergie dans la dimension fréquentielle
Noisiness	Spectrale	Mesure le niveau de « turbulence »
Non-zero count	Fréquentielle	Calcule la périodicité du signal
RMS Amplitude	Énergie spectrale	Calcule l'amplitude relative (peak-to-peak amplitude)
Spectral Rolloff	Énergie spectrale	Calcul le seuil au-dessous duquel l'énergie est concentrée
Spectral Sharpness	Énergie spectrale	Mesure l'acuité spectrale
Skewness	(Multidimensionnelle) Distribution	Assymétrie dans la distribution de l'énergie
Spectral Smoothness	Harmonique	Régularité spectrale
Spectral Centroid	Énergie spectrale	Barycentre de l'énergie spectrale
Inharmonicity	Harmonique	Mesure la composition spectrale du son au niveau fréquentiel
Spectral kurtosis	Distribution de l'énergie spectrale	Mesure la distribution de l'énergie autour du barycentre spectral
Spectral Skewness	Distribution de l'énergie spectrale	Symétrie de la distribution de l'énergie spectrale

Spectral Slope	Fréquentielle	Pente rendant compte de la distribution de l'énergie dans le spectre
Spectral Standard Deviation	Fréquentielle	Mesure la déviation de l'énergie au niveau fréquentiel
Spectral Variance	Spectrale	Indique les moments de fluctuation spectrale par autocorrélation
Spectral Spread	Spectrale	Mesure la déviation de l'énergie au niveau spectral
Sum of Values	(Multidimensionnelle)	Calcule une valeur scalaire
Variance	(Multidimensionnelle)	Indique le niveau de changement
Zero Crossing Rate	Fréquentielle	Calcule la périodicité du signal

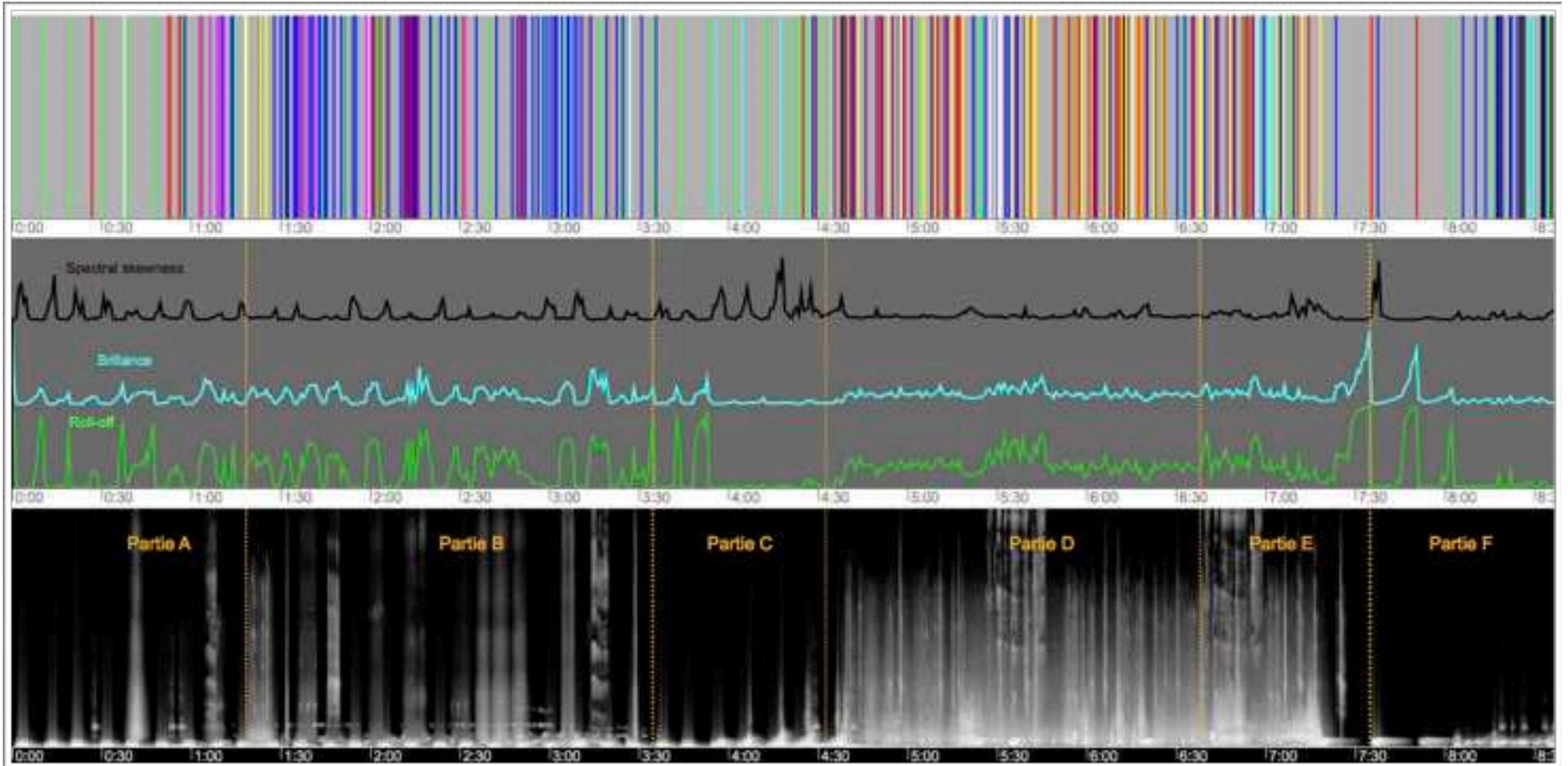
Annexe 5

*Douze analyses comparatives axées sur l'incidence des spécificités acoustiques
dans la structure musicale des CfPS*

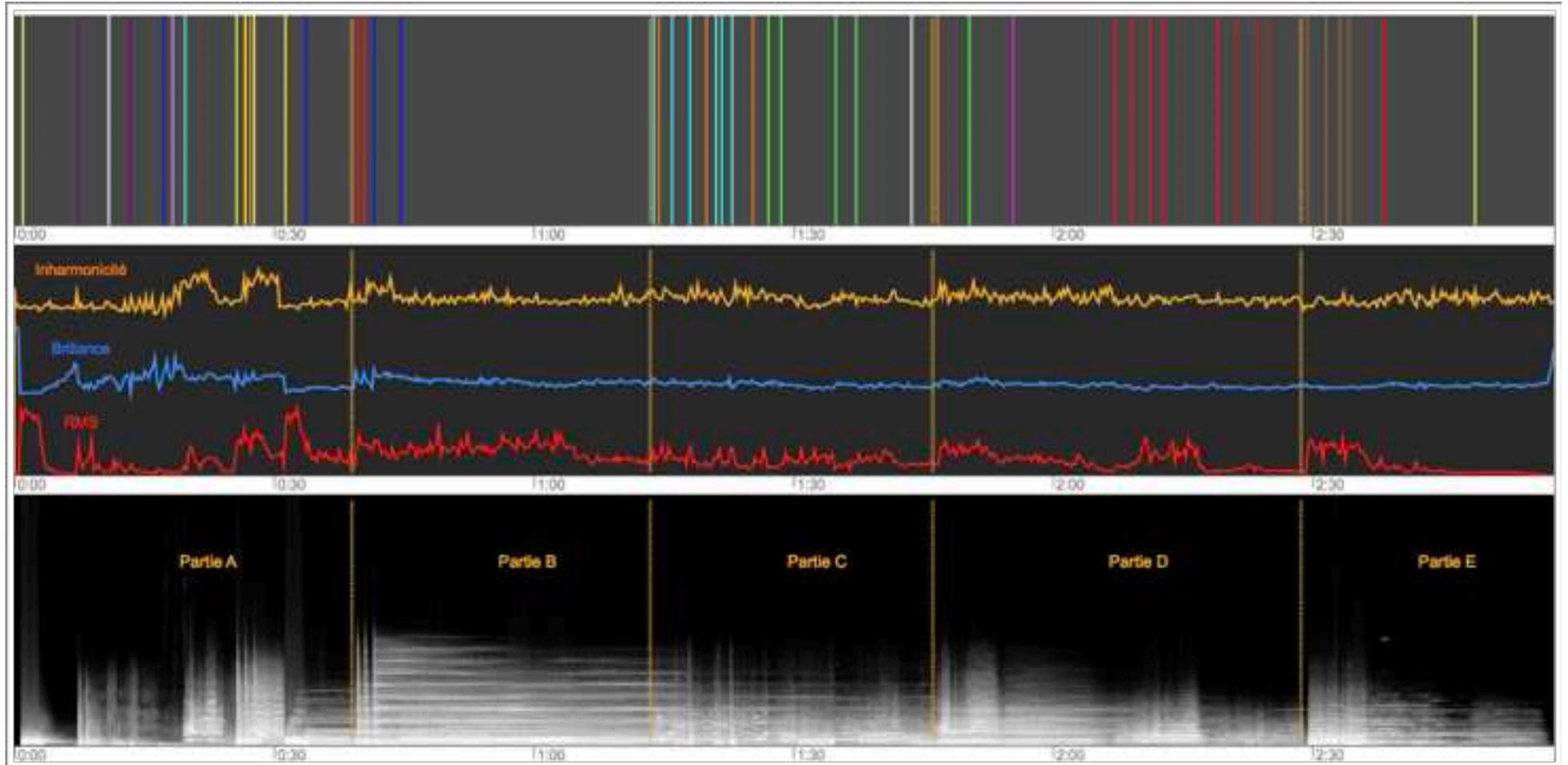
5.1 Description acoustique-structurelle
Sud- I — Jean Claude Risset (1985)



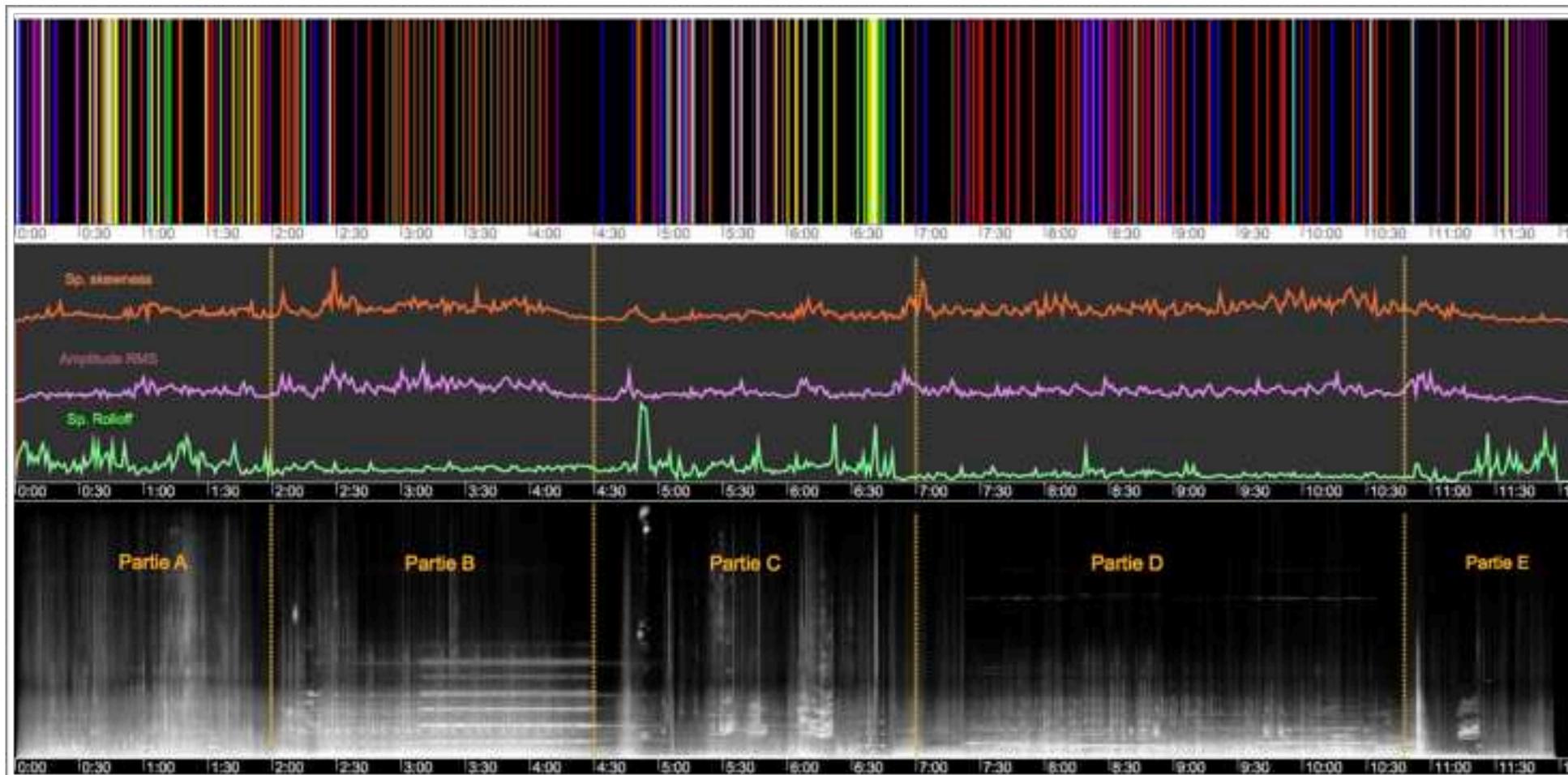
5.2 Description acoustique-structurelle
Beneath the Forest Floor — Hildegard Westerkamp (1996)



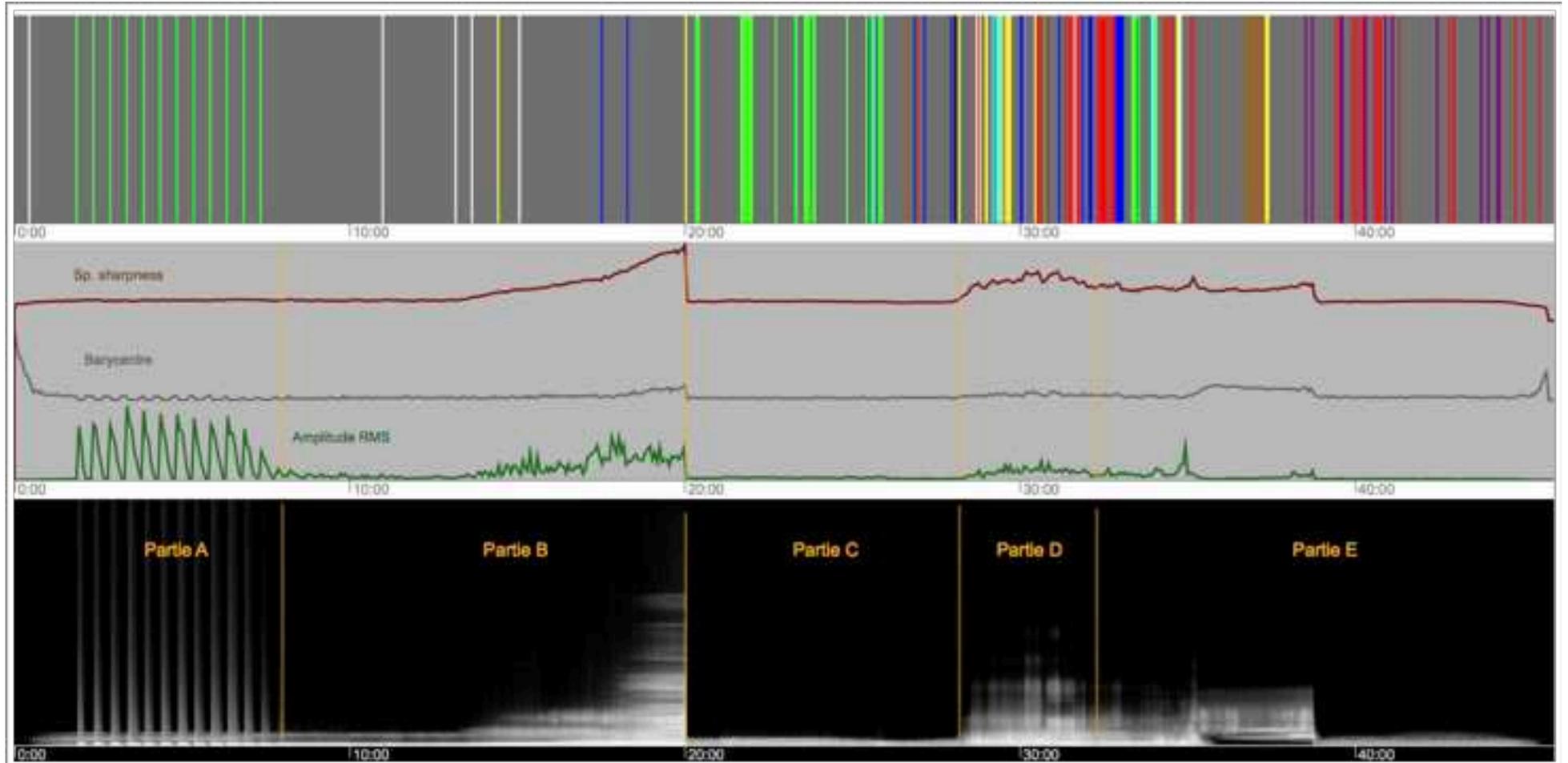
5.3 Description acoustique-structurelle
Pacific Fanfare — Barry Truax (1996)



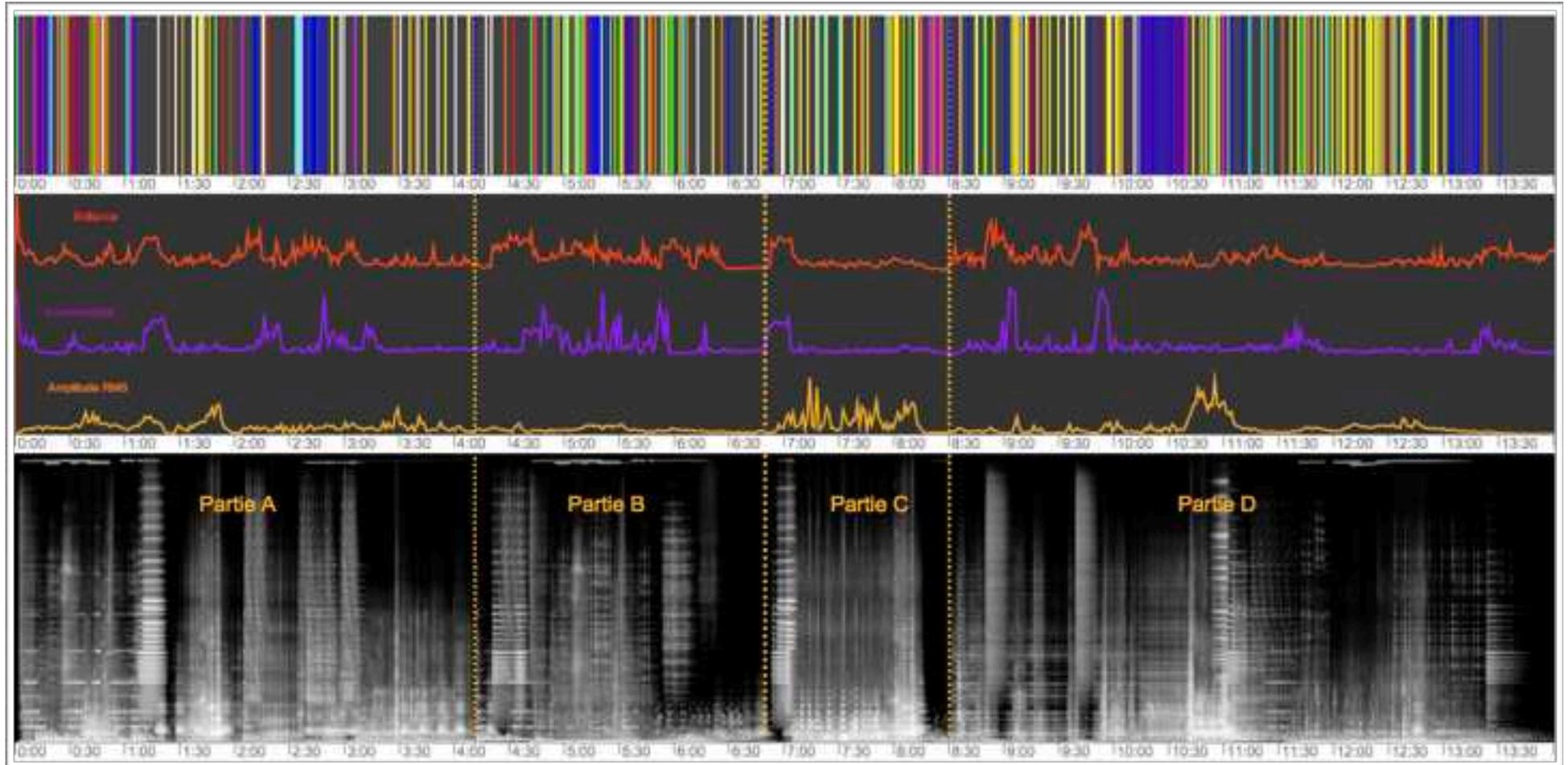
5.4 Description acoustique-structurelle
Pendlerdrøm — Barry Truax (1997)



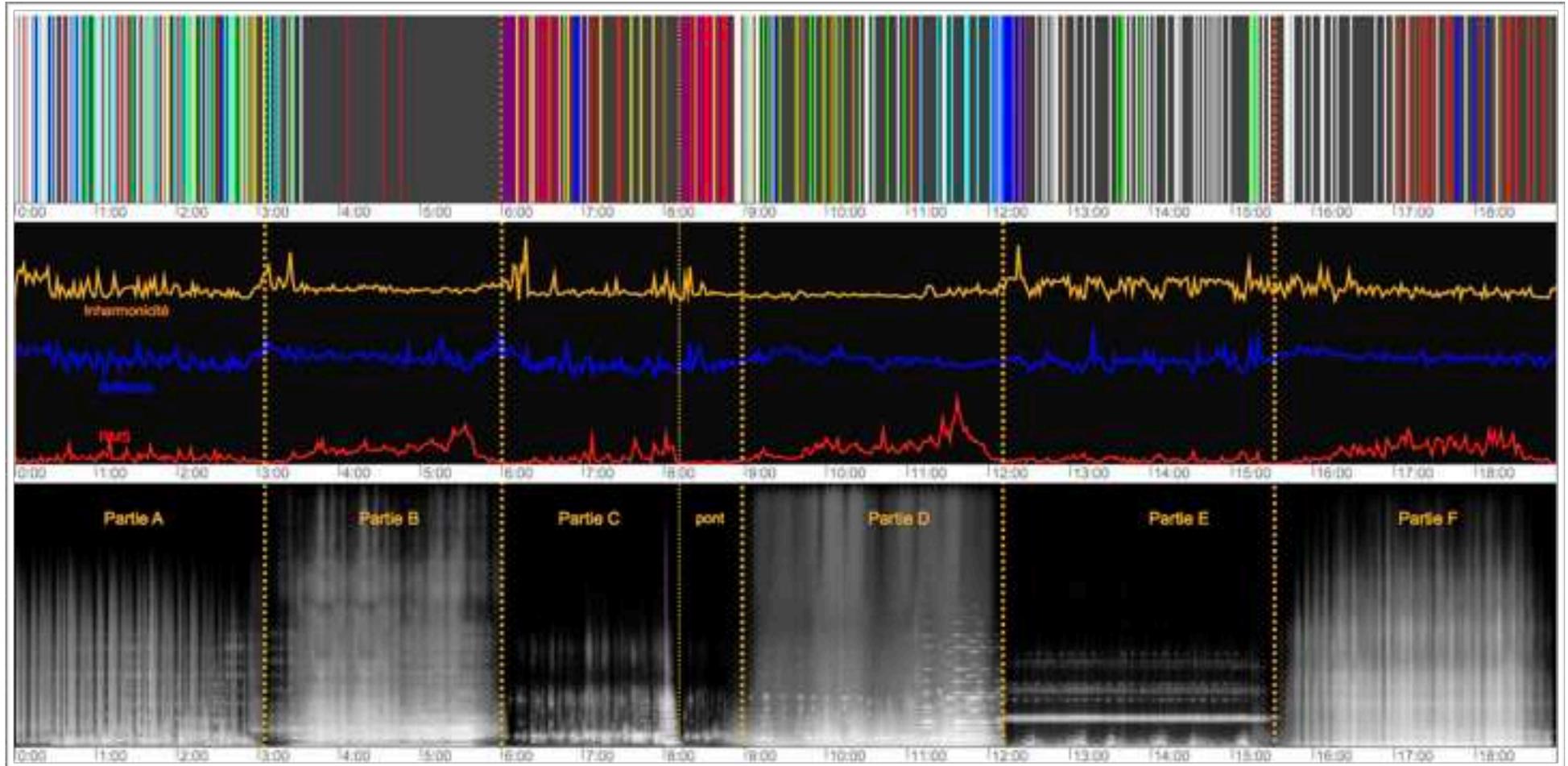
5.5 Description acoustique-structurelle
Untitled Music for Geography — Francisco López (1997)



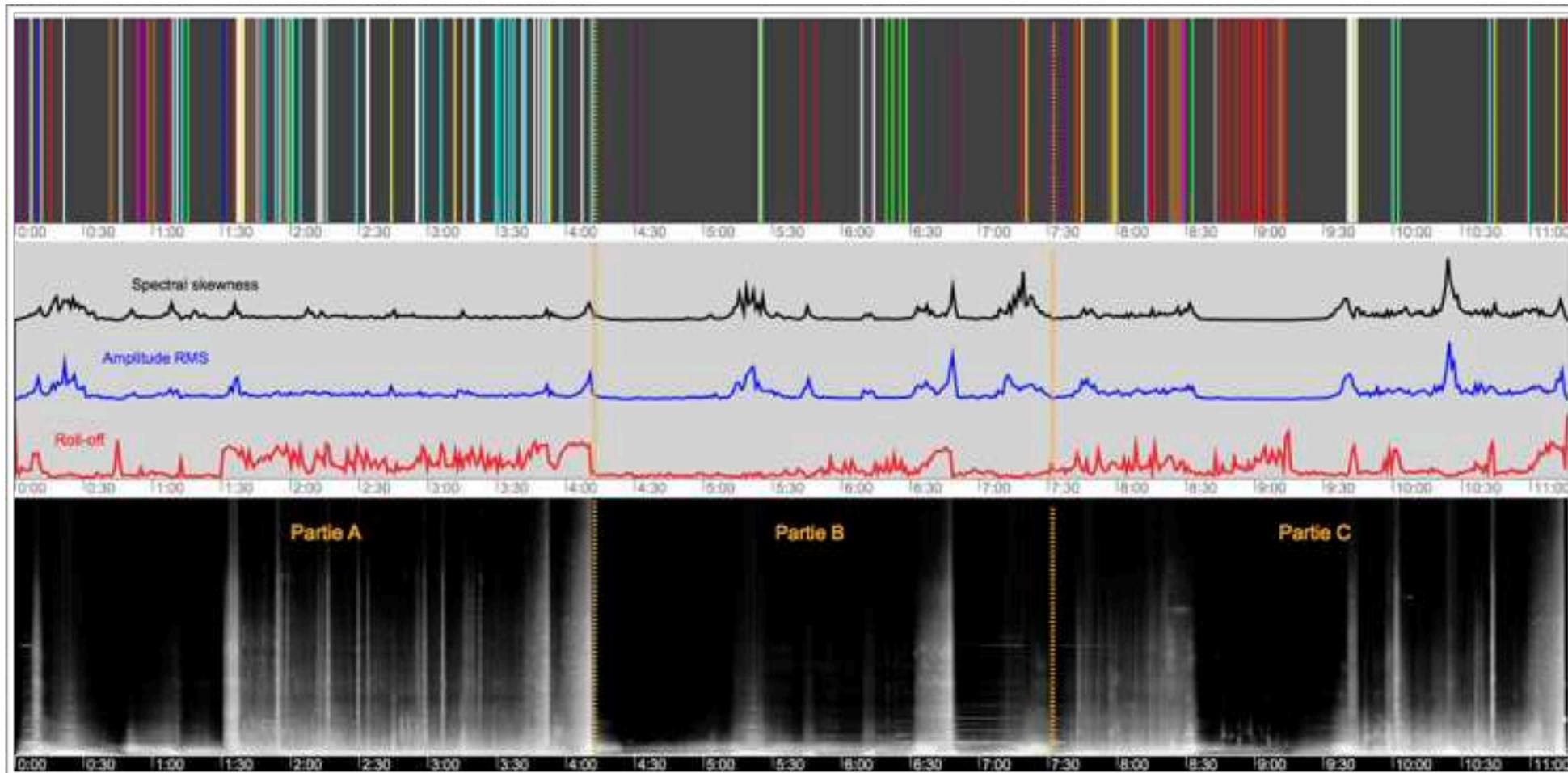
5.6 Description acoustique-structurelle
Gently Penetrating Beneath the Sounding Surfaces from Another Place — Hildegard
Westerkamp (1998)



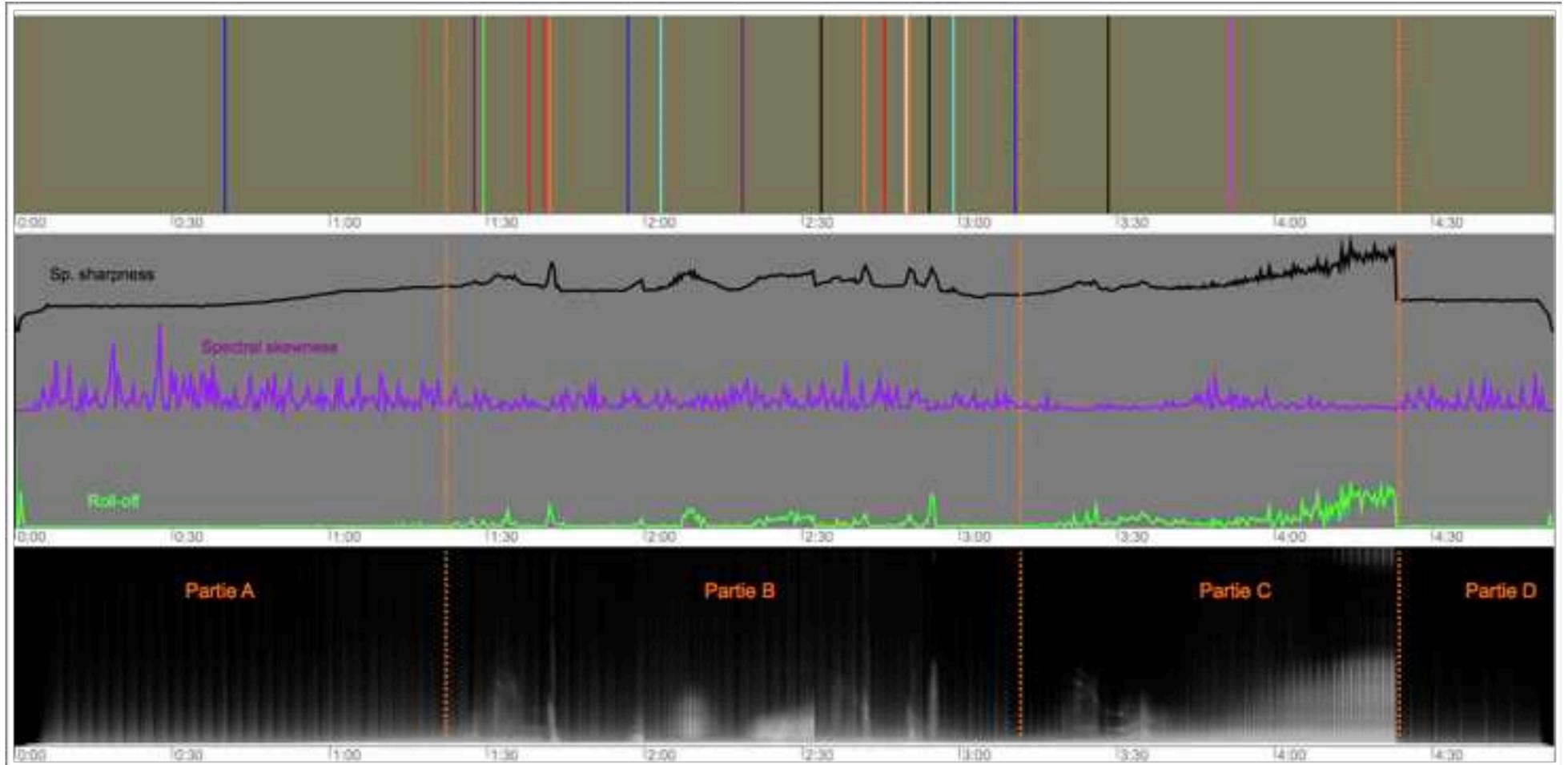
5.7 Description acoustique-structurelle
Island — Barry Truax (2000)



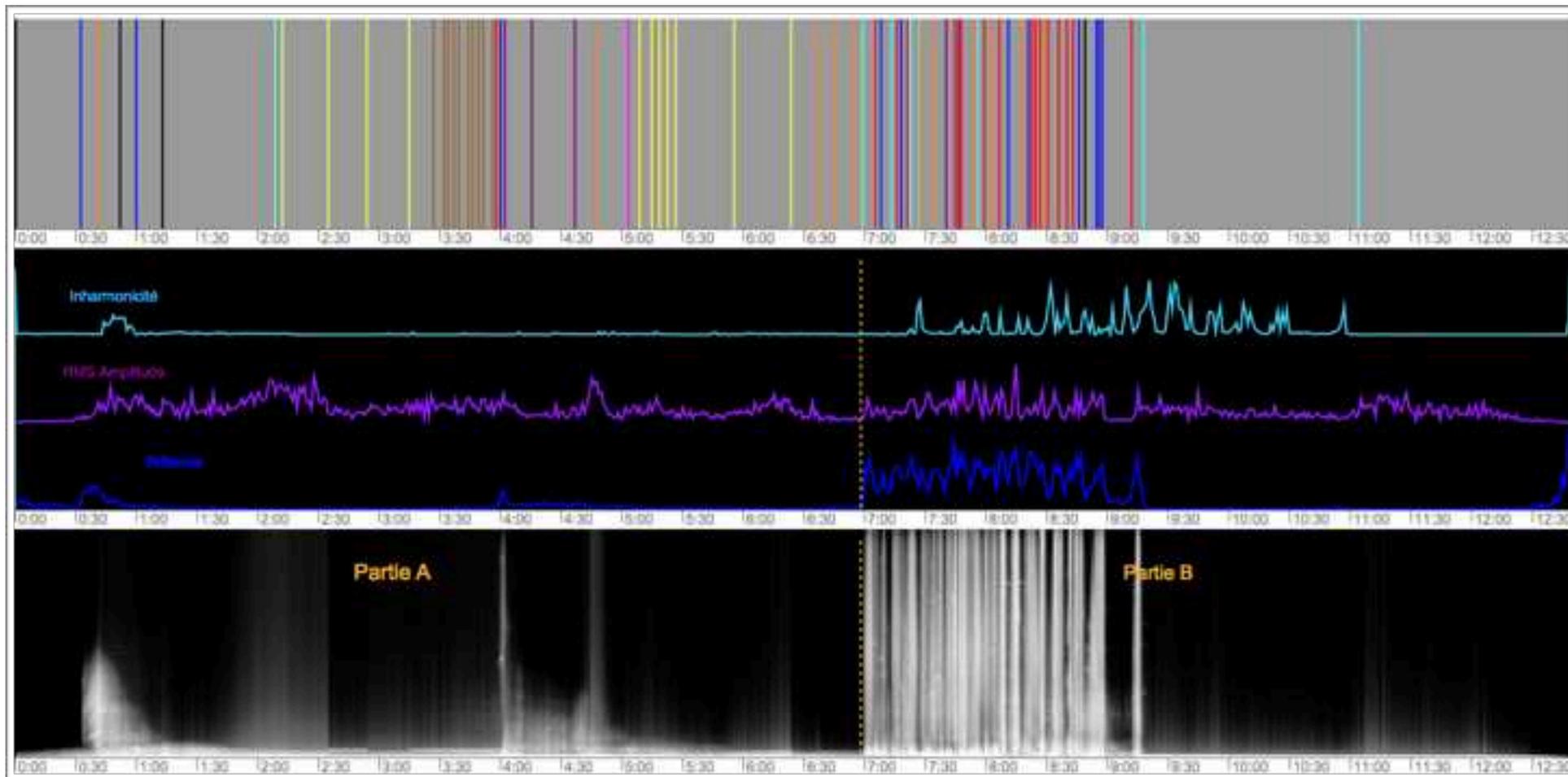
5.8 Description acoustique-structurelle
Metrophonie — Damián Keller (2005)



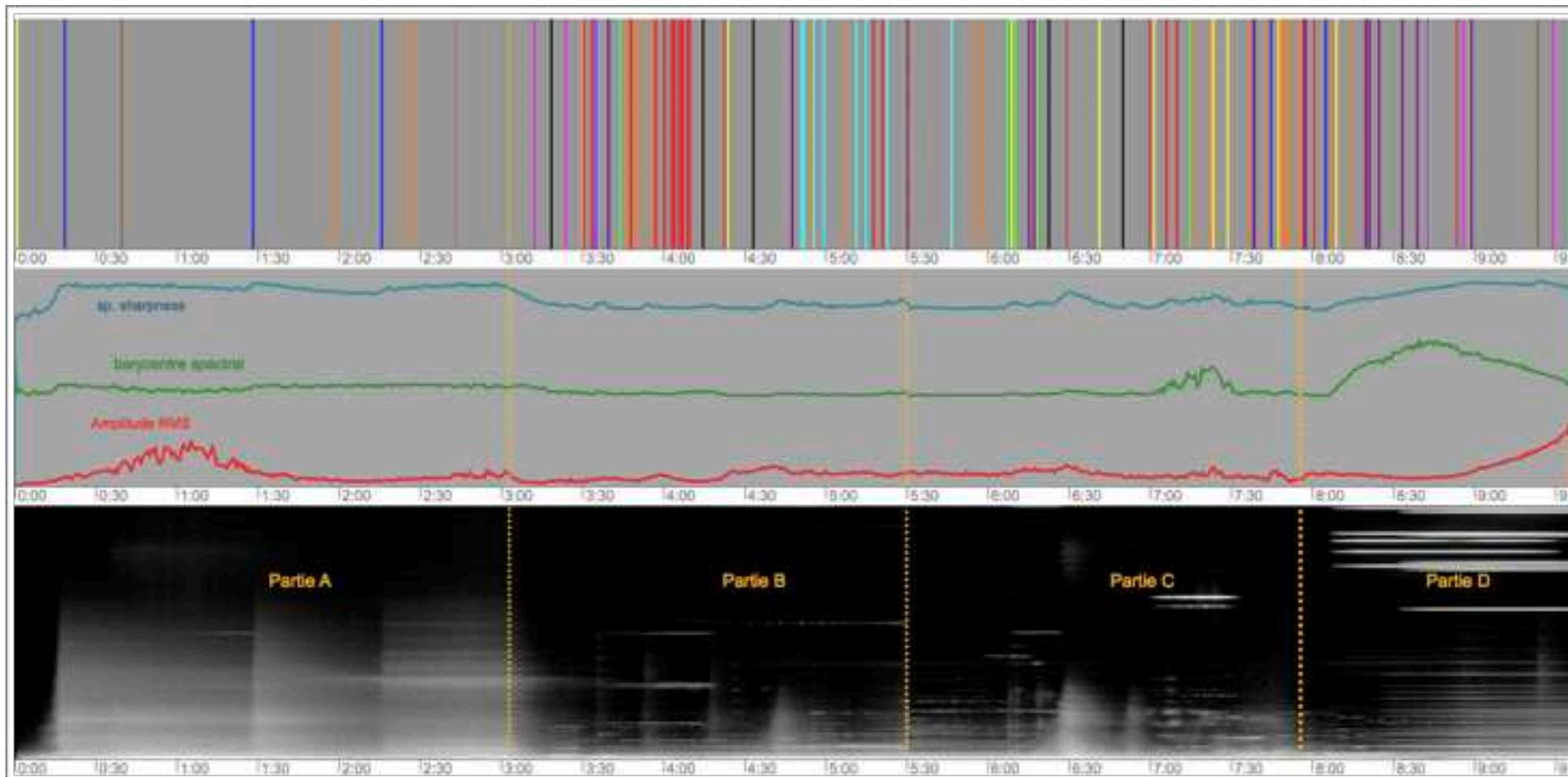
5.9 Description acoustique-structurelle
Double Glazed — Camilla Hannan (2007)



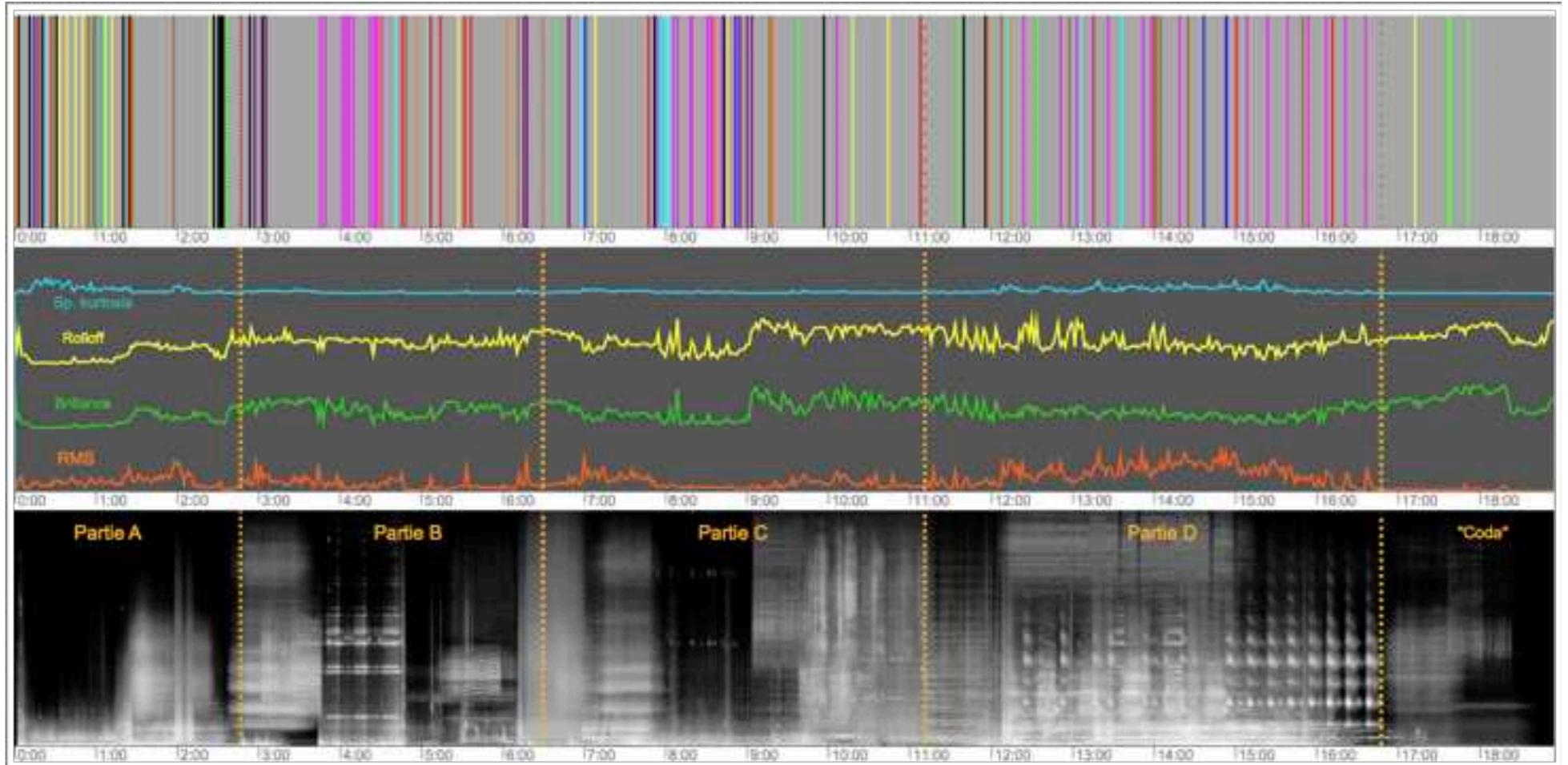
5.10 Description acoustique-structurelle
Untitled #203 — Francisco López (2007)



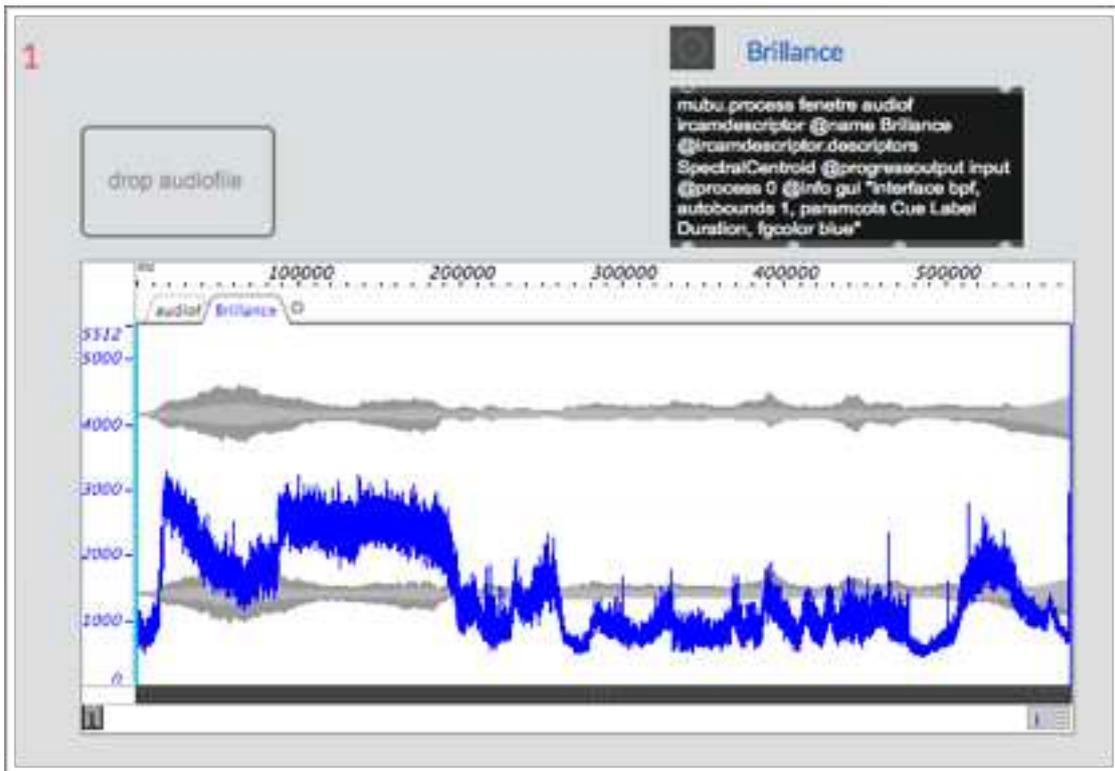
5.11 Description acoustique-structurelle
Airport Symphony, A Brief Life — Christopher Charles (2007)



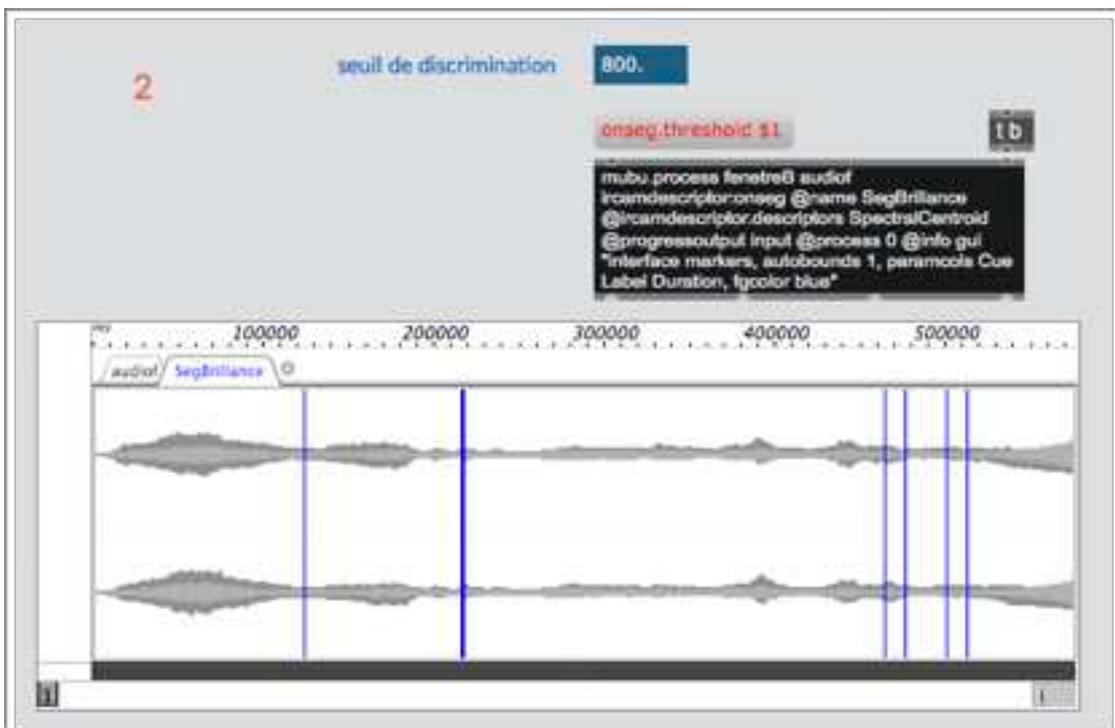
5.12 Description acoustique-structurale
Nous les Défunts — Yannick Dauby (2016)



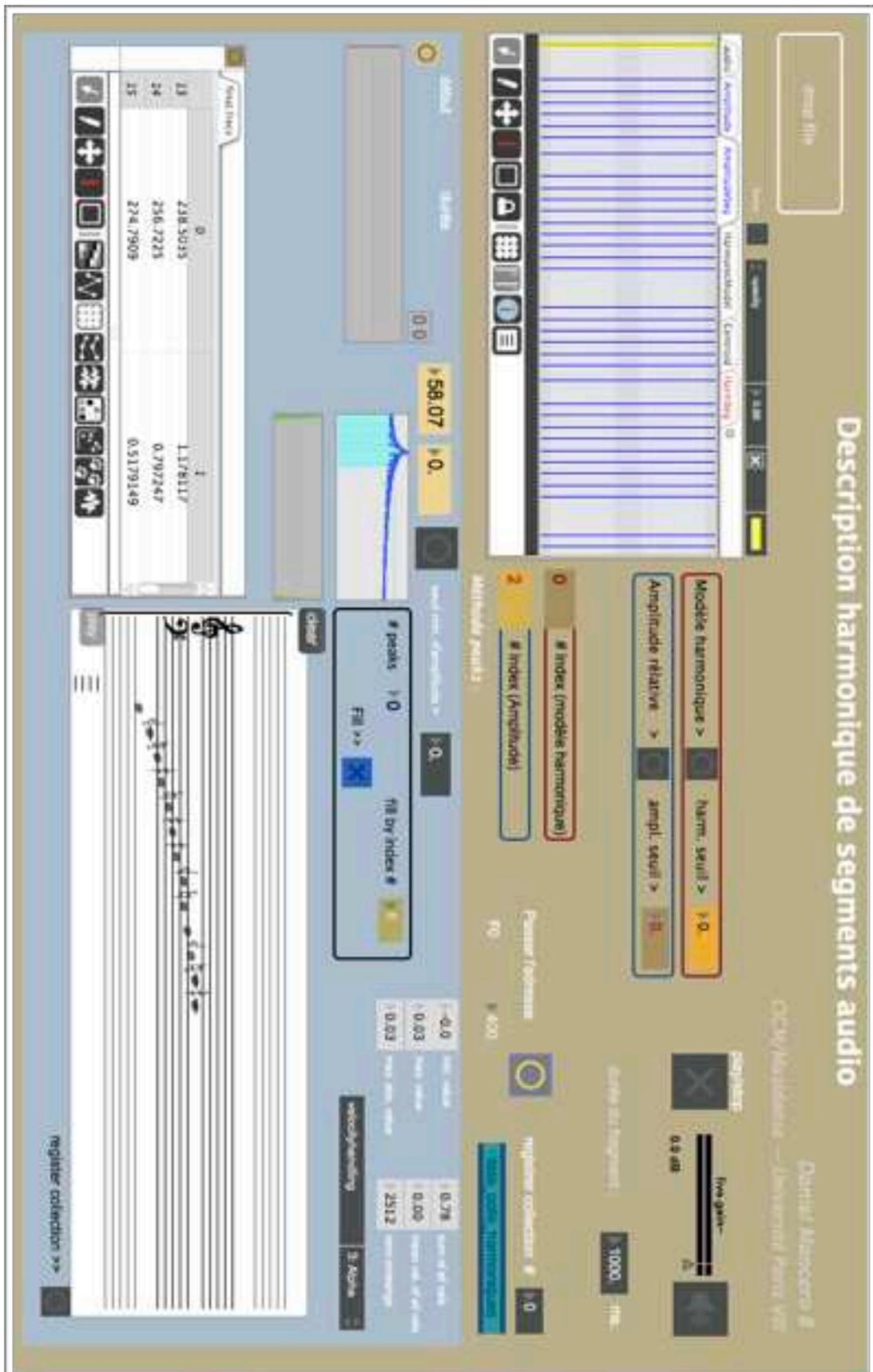
Annexe 5.13 Détail du dispositif de description acoustique



Annexe 5.14 Détail du dispositif de segmentation par description acoustique



Annexe 5.15 Analyse des pics de fréquence sur une fonction sinusoïdale courte (400Hz - 3 secondes)



Annexe 6

Banque d'outils développés en Max/MSP pour l'analyse comparative des saillances acoustiques

Annexe 6.1 Outil d'analyse comparative des saillances au niveau acoustique

Patch de lecture des fichiers Eanalysis d'analyse des CFPS

Daniel Minicero B
CICM/Mueldorse -- Université Paris VIII
Mars - 2018

Saillances ponctues

Index: 10

Instant: 0 56 71.1

typologie: (M)

seuil de segmentation

Loudness: 0.0 (r=0.1)

Sp.Kurtosis: 0.0 (r=100 x 500)

Index Amp: >0

Index Kurt: >0

temps: 0 0 0

1 drop audio file

2 drop text file

3 drop text file

p level_saillances

p adresse-structure

p FormatParque

Index: 0

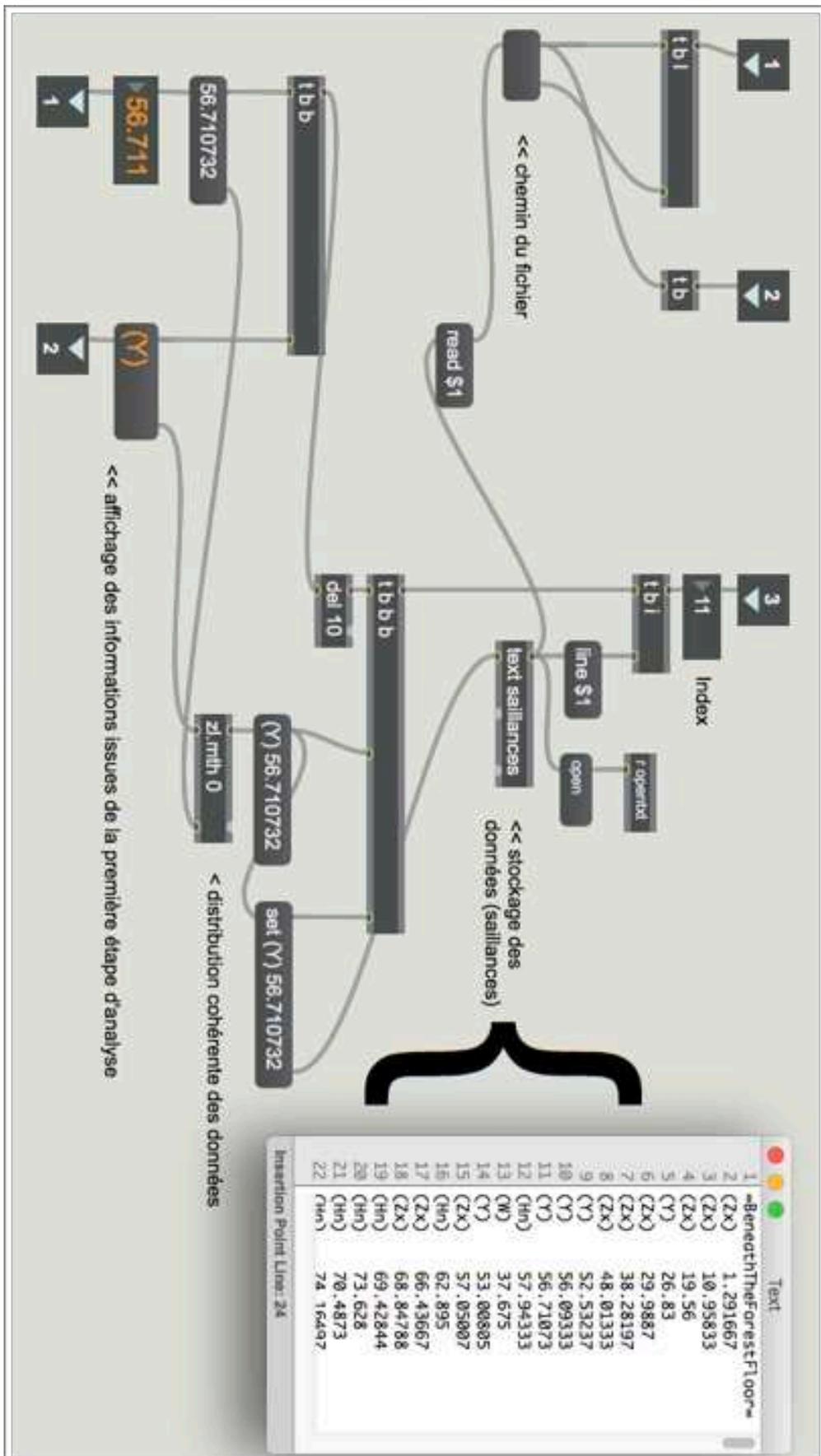
Instant: 0 0 0

section:

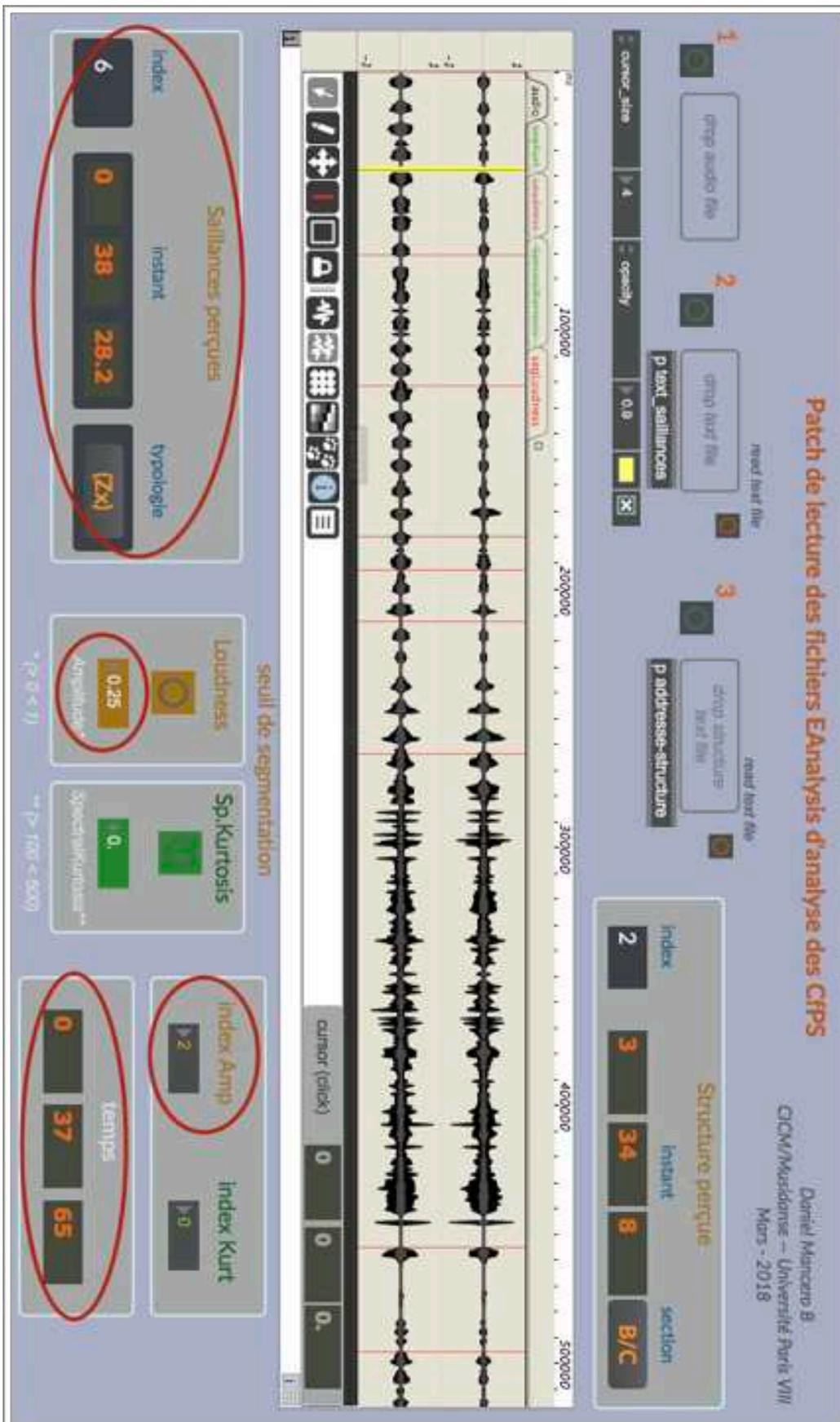
ouvrir SQUF-Structure file

cursor (each): 0 0 0.0

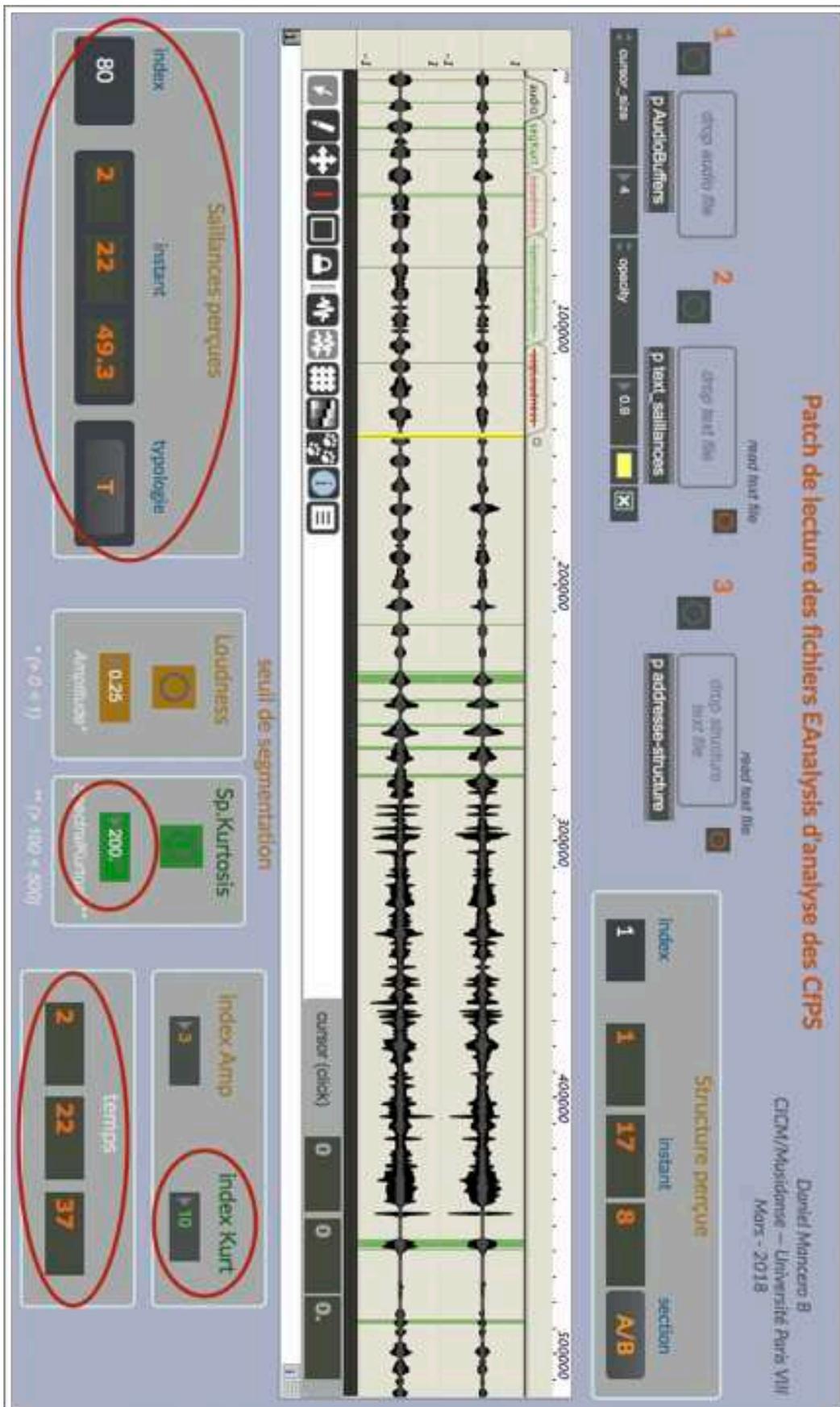
Annexe 6.2 Module de lecture des saillances perçues et annotées en EAnalysis
(Max/MSP)



Annexe 6.4 Exemple de correspondance (au niveau micro) entre un point d'articulation par amplitude et une saillance du type Zx

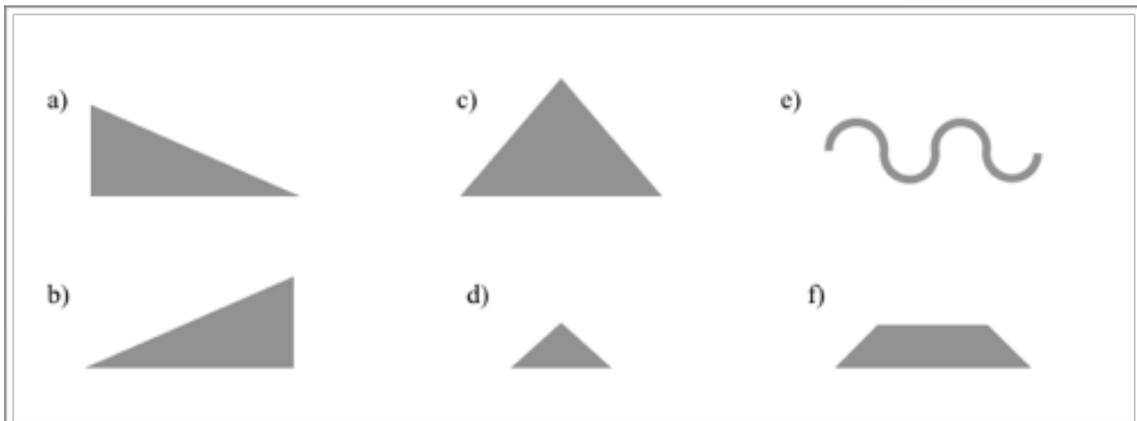


Annexe 6.5 Exemple de correspondance (au niveau micro) entre un point d'articulation par kurtosis et une saillance du type T

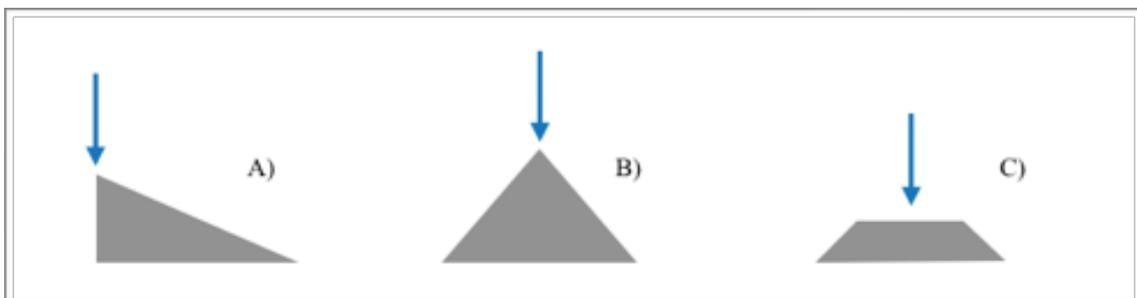


Annexe 7
Modèle à trois phases des CfPS

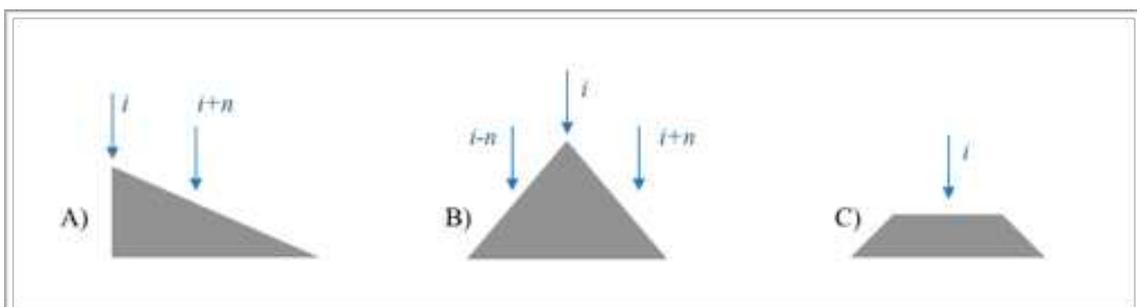
Annexe 7.1 Les six figures élémentaires du profil dynamique



Annexe 7.2 Les points angulaires caractéristiques



Annexe 7.3 Modèle référentiel d'instanciation



Annexe 8

*Notions mathématiques de base dans l'implémentation de la méthode d'analyse
harmonique par désagrégation en séries de Fourier*

Annexe 8.1 Principes de base de l'égalité de Parseval

Dans la théorie de désagrégation harmonique par séries de Fourier, le théorème de Parseval est une formule mathématique fondamentale. Il s'agit d'une extension théorique du théorème de Pythagore pour l'analyse des espaces de Hilbert. On peut l'interpréter comme suit : *l'énergie totale d'un signal correspond à la somme des contributions des différents harmoniques.*

L'égalité de Parseval permet d'affirmer que l'inverse de 2π , multipliée par l'intégrale de zéro à 2π de la valeur absolue de $f(t)$ au carré, vaut la somme des carrés des modules de coefficients de Fourier de f , c'est-à-dire :

$$\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |f(t)|^2 dt = \sum_{-\infty}^{+\infty} |C_n(f)|^2$$

Égalité de Parseval

Annexe 8.2 Algorithme de Cooley et Tukey : les deux suites de $N/2$ valeurs, selon la parité de la fonction :

$$X(k) = \sum_{n=0}^{\left(\frac{N}{2}\right)-1} x(2n) W_N^{k(2n)} + \sum_{n=0}^{\left(\frac{N}{2}\right)-1} x(2n+1) W_N^{k(2+1)}$$

TFD partagée dans le temps

Annexe 8.3 Les Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC)

Sur la base des préceptes régissant la transformée de Fourier, le *cepstre* indique une transposition du domaine temporel vers un domaine analogue. Lorsqu'on décompose un signal dans le domaine des fréquences — sans prendre en compte la phase temporelle des composantes élémentaires, le *cepstre* est dit *réel* et se définit ainsi comme le résultat de la transformée de Fourier appliquée au logarithme naturel d'une série dont la phase est ignorée.

Alors, les MFCC sont des coefficients cepstraux qui sectionnent le spectre acoustique logarithmiquement, « calculés par une transformée en cosinus discrète appliquée au spectre de puissance du signal⁹⁵⁰ ». Le calcul s'effectue en trois volets : 1) calcul de la transformée de Fourier ; 2) pondération de l'amplitude par un banc de filtres espacés en accord avec l'échelle de Mel, et 3) calcul de la transformée en cosinus discrète du logarithme du spectre de Mel.

Par ailleurs, l'échelle de Mel est un modèle de mesure de l'étendue subjective des intervalles musicaux, axée sur les variations perceptives à partir d'une fréquence centrale d'équivalence : 1000 Hz = 1000 mels. Plus précisément, la correspondance entre Hertz (f) et mels (m) peut être exprimée selon les formules suivantes :

$$m = 2595 * \log_{10}\left(1 + \frac{f}{700}\right) \quad [1]$$

$$f = 700 \left(10^{\frac{m}{2595}} - 1\right) \quad [2]$$

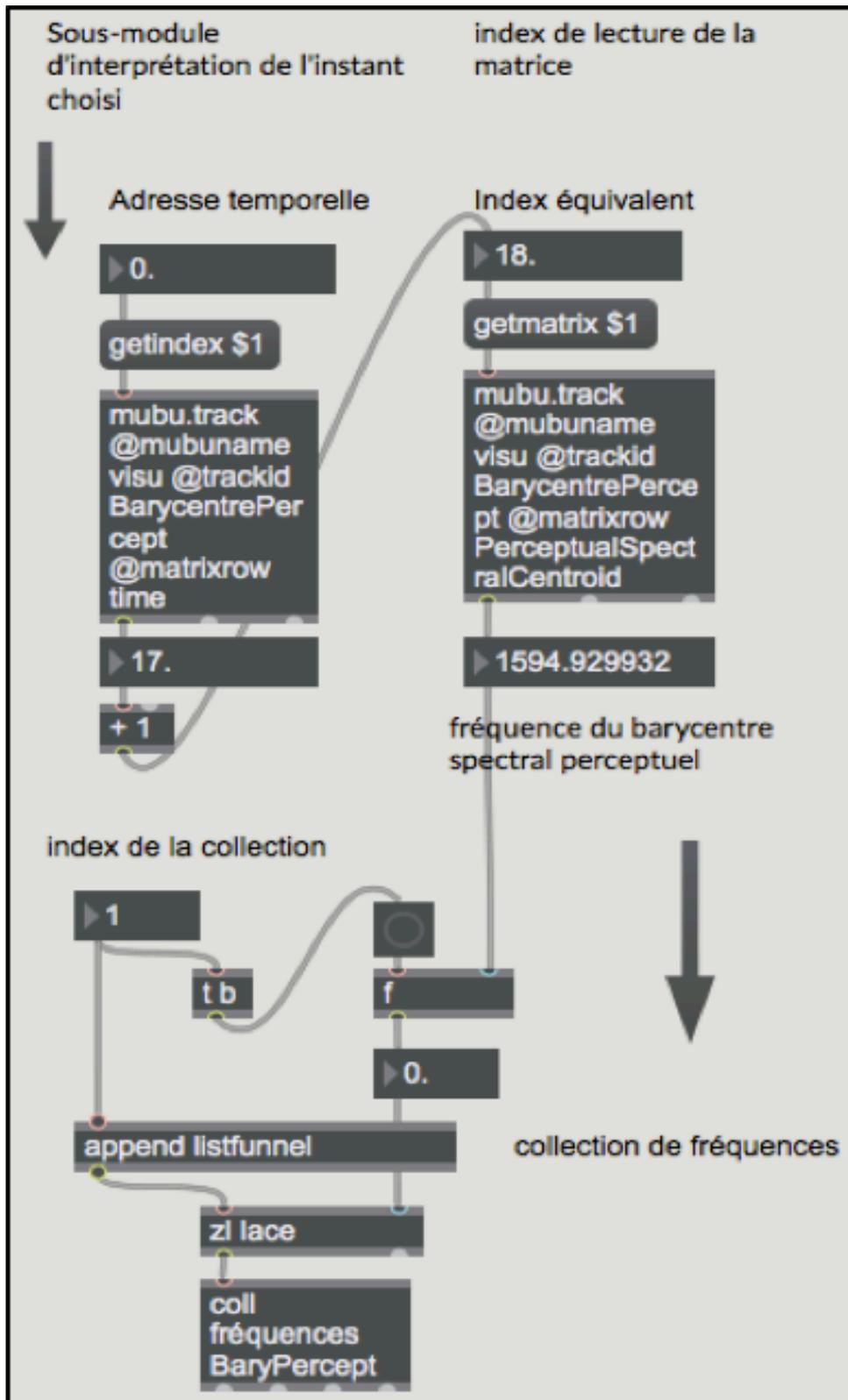
[1] O'Shaughnessy, D., *Speech communication: human and machine*, Mass: Addison-Wesley, 1987, p.150

[2] Dixon Ward, W., « Musical Perception » In Tobias, J., *Foundations of Modern Auditory Theory*, Vol.1., Academic Press, 1970, p.412

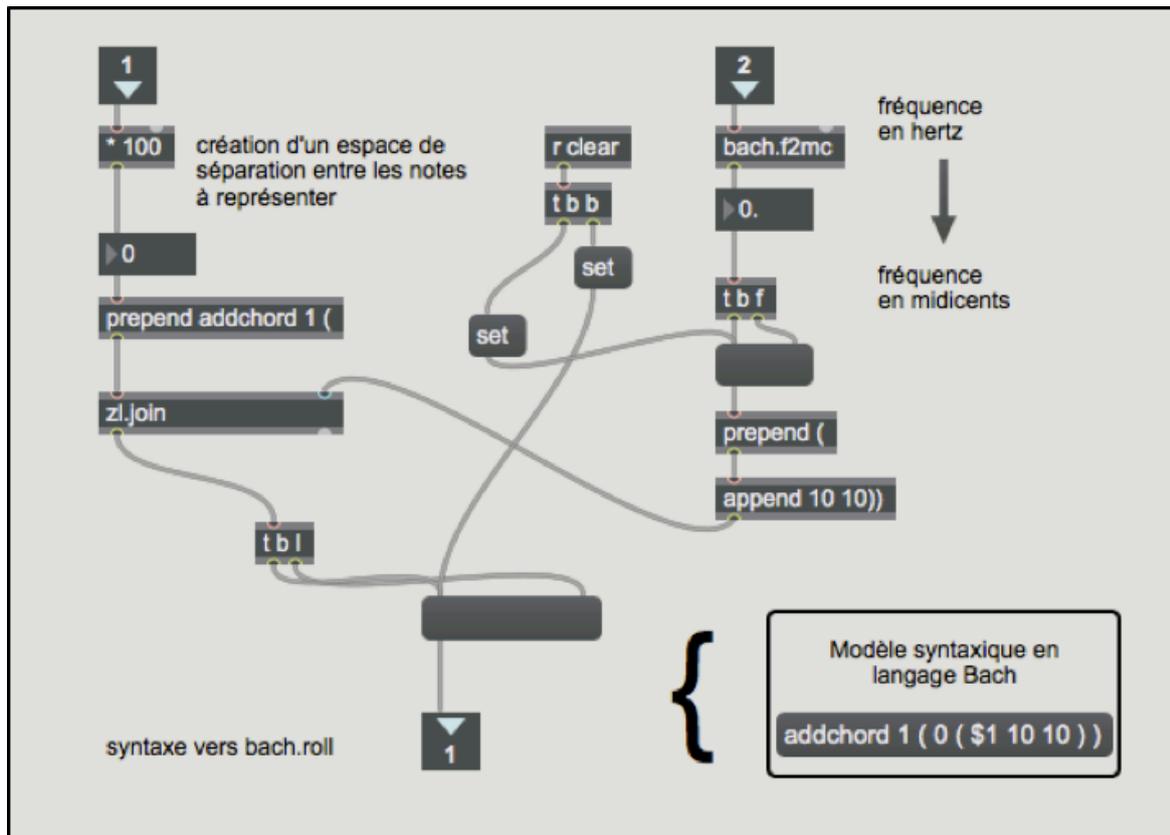
⁹⁵⁰ Source : <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Cepstre/fr-fr/>. Site web consulté le 31 janvier 2019

Annexe 9
Outils d'analyse harmonique pour la modélisation de l'espace
hétérophonique des CfPS

Annexe 9.1 Module de création d'une collection de fréquences instanciées et de synchronisation des indexes de lecture



Annexe 9.2 Processus d'acheminement des pics fréquentiels vers la fenêtre de visualisation



Annexe 9.3 Calcul des racines d'un polynôme par la méthode de Bairstow (LPC)

```

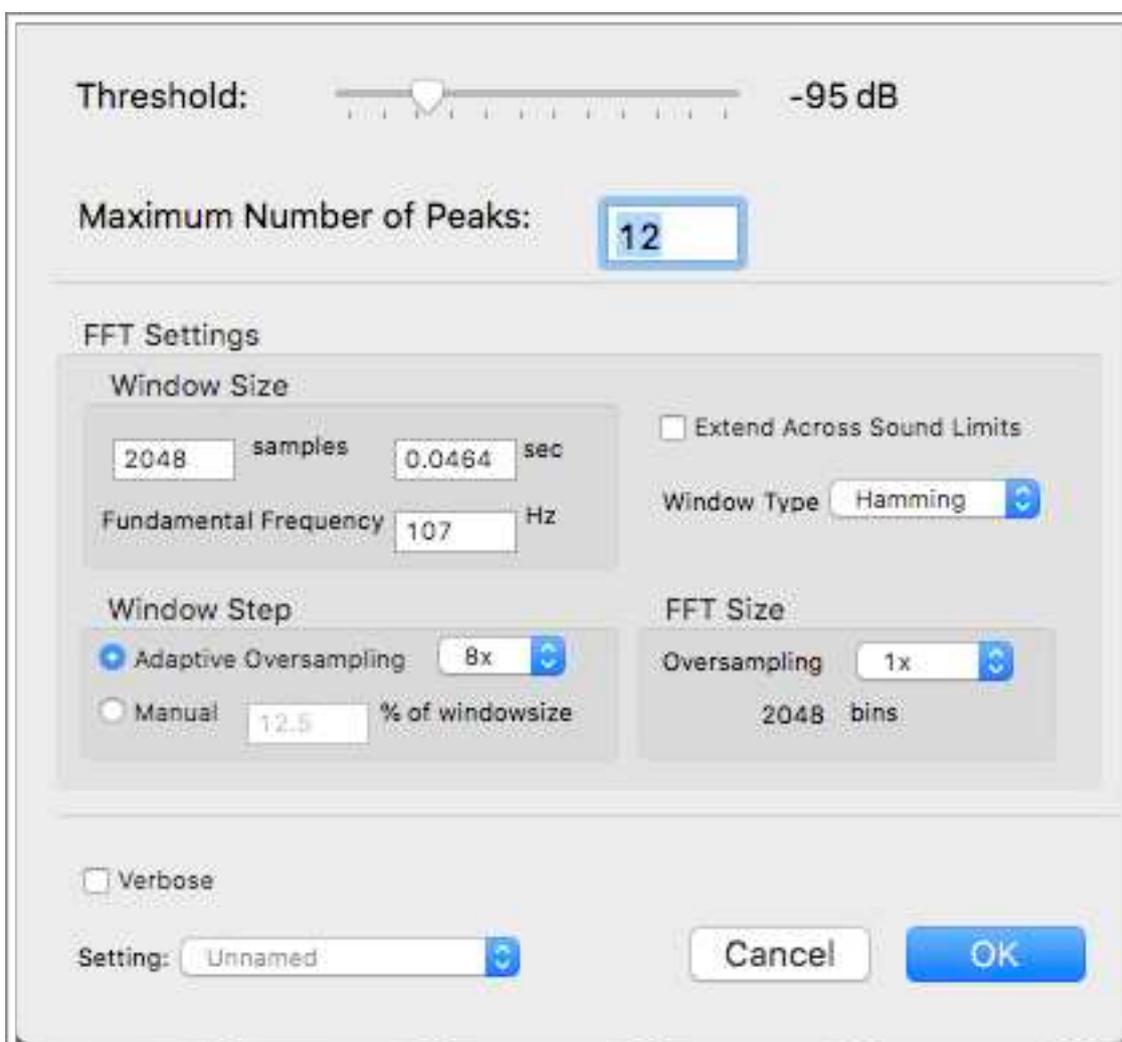
Fs – samplerate
For root_i {
  Angz – atan2( imag(root_i), real(root_i) )
  Frqs = angz*(Fs/2*pi);
}

```

Annexe 9.4 Calcul de la distance de prédiction linéaire (LPC)

$$-1/2*(Fs/(2*pi)) * \log(\text{abs}(\text{roots}_i)) ;$$

*Annexe 9.5 Fenêtre du réglage des paramètres d'analyse de l'effet de masquage —
Logiciel Audiosculpt 3.4.5*



Annexe 10

Composition musicale à partir de la modélisation de l'espace hétérophonique des CfPS

*Annexe 10.1 Partition de l'œuvre « Chant elliptique n°2 » pour harpe celtique et
dispositif électroacoustique*

Score

Chant Elliptique n°2

Pour harpe celtique et électronique

Daniel Mancero B

Harp

Accord

2/4

Lento, (40 - 48 bpm)

2/4

Hp.

Électronique

2/4

mf *mp* *p*

Hp.

Tacet (preset 0) /
2ème fois: "Bis"

3/4 2/4

mf *f* *p* *mp* *mf*

12 **3/4**

Hp. *f* *rit...* *mp*

Électronique *f* *mp* "A"

II **4/4** *Larghetto* (♩ = 64 - 68)

16 *mp* *fz* *mf* **3/4** *sp* *sp*

Hp. *p* *fz* *mf* *sp* *sp*

Électronique *p* *fz* *mf* *sp* *sp*

20 **4/4** *agitato* (86) *Con brio, poco a poco accel...*

L.V. *p* *pp* *p* *pp* *pp* *mp*

Hp. *p* *pp* *p* *pp* *pp* *mp*

Électronique *p* *pp* *poco a poco ral...* *pp* *mp*

B

Chant Elliptique n°2

3

Hp.

24

poco a poco rit. ...

agitato (86)

L.R.

accel...

mf

la b 2

mf

ff

III *leggiere,*
tempo primo

5/4

Hp.

28

agitato (86)

L.R.

5/4

2/4

mf

ff

3

3

3

Électronique

28

C

Hp.

32

mf

f

mf

mf

sfz

sfz

mp

p

3

3

3

Électronique

32

The musical score is divided into three systems, each with a piano (Hp.) and an electronic (Électronique) part. The Hp. part is written in a grand staff (treble and bass clefs), and the Électronique part is in a single treble clef. The score includes dynamic markings such as *mf*, *sp*, and *ff*, and a specific instruction 'C2' for the electronic part.

System 1 (Measures 36-39):
Hp.: Measures 36-39. Dynamics: *mf* (measures 36-37), *sp* (measures 38-39).
Électronique: Measure 36 starts with a whole note C2. Measures 37-39 are rests.

System 2 (Measures 40-43):
Hp.: Measures 40-43. Dynamics: *ff* (measures 42-43).
Électronique: Measures 40-43 are rests.

System 3 (Measures 44-47):
Hp.: Measures 44-47. Dynamics: *mf* (measures 45-47).
Électronique: Measures 44-47 are rests.

48

Hp.

Électronique

L.V. 4/4

mf *ff* *mp*

(sol # 2
sol # 3)

p *simile...*

D

3/4

52

Hp.

Électronique

f *mp*

(sol # 2
sol # 3)

pincer près de la caisse de résonance

toujours par tierces descendantes

D2

4/4 3/4

56

Hp.

Électronique

mf *sp*

sfz *sp*

59

Hp.

Électronique

L.V.

pp

f

ff

sfz

p

f

ff

E

63

Hp.

Électronique

mf

p

pp

pp

pp

67

Hp.

Électronique

morendo...

mf

pp

ppp

mp

L.V.

L.V.

"Fine"

Ne jamais étouffer
le son. La fin est donnée
par l'électronique

*Annexe 10.2 Partition de l'œuvre « La rugosité de la nuit » pour accordéon et dispositif
électroacoustique*

LA RUGOSITÉ DE LA NUIT

Pour accordéon et électronique

(2016)

Daniel Mancero Baquerizo

L'accordéon a été écrit sur trois portées. Celle disposée au centre suggère les changements de direction du soufflet. Les notes barrées indiquent l'endroit où un changement de registre doit être effectué :



« *Luft und klang* » : jouer la mélodie tout en produisant un bruit d'air discret, si possible.

« *Ohne luft* » : jouer normalement.

« *Luft* » : bruit d'air solo

2

La rugosité de la nuit

8

Acc

b.s

ff

accel...

b.s simile

ral...

al niente

5"



ausserhalb des C.

11

Acc

p luft und klang

12/16

12/16

12/16

Patch

11

2

p

14

Acc

immer piano

(ohne luft)

mf

8' Cassoto

12/16

2/4

3/2

La rugosité de la nuit

8' Cassoto $\text{♩} = 98$

18

Acc

Patch

20

Acc

23

Acc

Patch

4'  ($\text{♩}^3 = \text{♩}$) = 147

ausserhalb
des C.



28

Acc

28

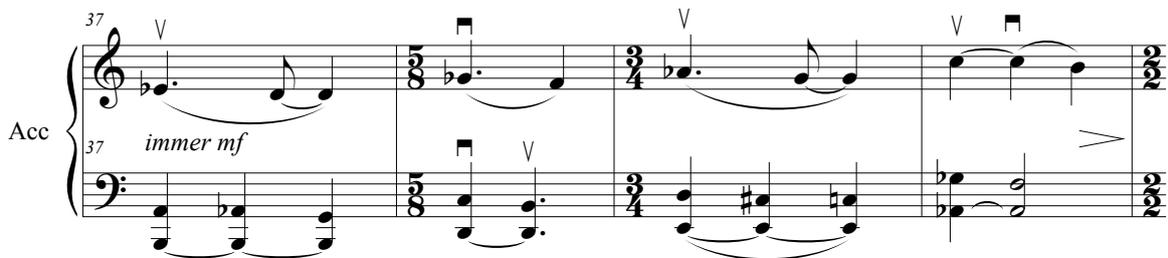
Patch



33

Acc

33



37

Acc

37 immer mf

La rugosité de la nuit

41

Acc

mp

Patch

43

Acc

ff

Patch

47

Acc

immer mf

f

p

f

Patch

6

La rugosité de la nuit

51

Acc

51

51

Patch

6

Poco a poco, rallentando jusqu'à la fin

55

Acc

55

mf

al niente

dal niente

59

Acc

59

ff

al niente

dal niente

ff

La rugosité de la nuit

7

63

Acc

al niente dal niente ff al niente

Detailed description: This system covers measures 63 to 66. The music is written for an accordion (Acc) in two staves. Measure 63 starts with a treble clef, a key signature of one sharp (F#), and a common time signature. The first measure (63) is marked 'al niente'. The second measure (64) is marked 'dal niente'. The third measure (65) is marked 'ff'. The fourth measure (66) is marked 'al niente'. The notes are sustained across measures with long horizontal lines.

67

Acc

dal niente ff al niente dal niente

Detailed description: This system covers measures 67 to 71. The music is written for an accordion (Acc) in two staves. Measure 67 starts with a treble clef, a key signature of one sharp (F#), and a common time signature. The first measure (67) is marked 'dal niente'. The second measure (68) is marked 'ff'. The third measure (69) is marked 'al niente'. The fourth measure (70) is marked 'dal niente'. The fifth measure (71) is marked 'dal niente'. The notes are sustained across measures with long horizontal lines.

72

Acc

ff al niente dal niente

Detailed description: This system covers measures 72 to 75. The music is written for an accordion (Acc) in two staves. Measure 72 starts with a treble clef, a key signature of one sharp (F#), and a common time signature. The first measure (72) is marked 'ff'. The second measure (73) is marked 'al niente'. The third measure (74) is marked 'dal niente'. The fourth measure (75) is marked 'dal niente'. The notes are sustained across measures with long horizontal lines.

8 La rugosité de la nuit

The score consists of three staves:

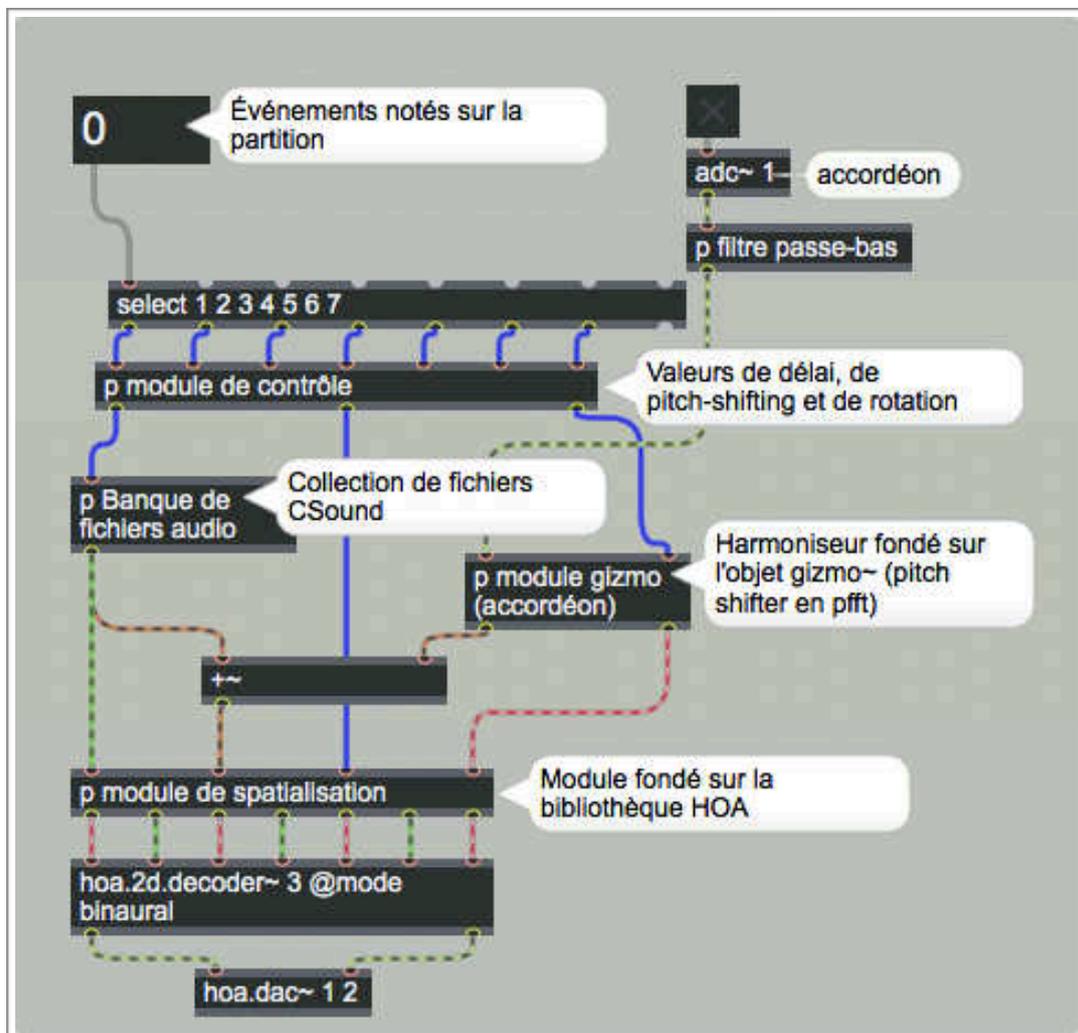
- Acc (Accordion):**
 - Measures 76-78: Treble and bass clefs with chords. Treble clef has a slur over measures 76-78.
 - Measure 79: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 80: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 81: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 82: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 83: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 84: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 85: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 86: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 87: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 88: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 89: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 90: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 91: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 92: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 93: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 94: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 95: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 96: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 97: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 98: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 99: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 100: Treble clef has a slur over a quarter note. Bass clef has a slur over a quarter note.
- Patch:**
 - Measure 76: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 77: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 78: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 79: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 80: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 81: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 82: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 83: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 84: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 85: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 86: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 87: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 88: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 89: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 90: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 91: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 92: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 93: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 94: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 95: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 96: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 97: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 98: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 99: Treble clef has a slur over a quarter note.
 - Measure 100: Treble clef has a slur over a quarter note.

Dynamic markings: *fff*, *f*, *al niente*, *luti :*, *fine*.

Performance markings: *10''*, *7*, *10''*.

Daniel Mancero Baquerizo
 avril 2016

Annexe 10.3 Schéma du dispositif de manipulation électroacoustique — « La rugosité de la nuit »



Annexe 10.4 Partition de l'œuvre « Turgescences » pour flûte, mandoline et guitare

Turgescences

Pour mandoline, flûte traversière et guitare

Daniel Mancero Baquerizo

2017

1. Mandoline

assourdir avec la palme :



doubler une note dans
les cordes 3 et 4 :



jouer avec le pouce,
près du chevalet :



2. Guitare

assourdir avec la palme :



Accords avec quelques
cordes à vide :



—> les cordes à vide

—> cordes 5 et 6, appuyées

Score

Turgescences

Pour mandoline, flûte traversière et guitare

Daniel Mancero Baquerizo

Adagietto (♩=72)

A

The score is written for three instruments: Flute, Mandolin, and Guitar. It is in 3/4 time and consists of three systems of staves. The first system (measures 1-5) begins with the Flute part marked *dal niente* and *p*, followed by *al niente* and *mf*. The Mandolin and Guitar parts start with *pp* and *mp* dynamics, with fingerings indicated by circled numbers (1, 2, 4, 5, 0). The second system (measures 6-8) features a *f* dynamic for all instruments. The third system (measures 9-12) includes a *rit.* marking, a change to 4/4 time, and a *subito p* dynamic, followed by a change to 2/4 time and a *a tempo* marking. The Flute and Mandolin parts end with triplets marked *mf*. The Guitar part includes a *L.V.* (Left Voice) marking and ends with a *ff* dynamic.

2

Turgescences

Fl. *f* *al niente*

Mdn. *f* *al niente*

Gtr. *mf* *ff* *sfz*

B

Fl. *dal niente* *mf* *al niente*

Mdn. *espress.* *dal niente* *mp* *al niente* L.V.

Gtr. *f* *espress.* *dal niente* *mp* *al niente*

Fl. *f*

Mdn. *mp*

Gtr. *ff*

H

Turgescences

The musical score is divided into three systems. The first system (measures 37-41) features a Flute (Fl.) part starting with a *mf* dynamic, a Mandolin (Mdn.) part with a *sfz* dynamic, and a Guitar (Gtr.) part with a *f* dynamic. The second system (measures 42-44) shows the Flute part with dynamics *ff*, *subito p*, and *f*; the Mandolin part with *subito p* and *f*; and the Guitar part with *dal niente* and *mf*. The third system (measures 45-48) is marked with a 'C' in a box and shows the Flute part with a *mp* dynamic, the Mandolin part with a *p* dynamic, and the Guitar part with a *mp* dynamic. The score includes various musical notations such as slurs, accents, and dynamic markings.

Turgescences

47

Fl. *mf* *subito p* *dolce*

Mdn. *mf* *subito p*

Gtr. *ff* *subito p*

49

Fl. *mp* *rubato*

Mdn. *mp* *p* *L.V.*

Gtr. *mp* *p* *L.V.*

52

Fl. *p* *meno mosso* *pp*

Mdn. *pp* *L.V.*

Gtr. *pp* *L.V.*

*** avec le pouce,
près du chevalet

6

Turgescences

Musical score for Flute (Fl.), Mandolin (Mdn.), and Guitar (Gtr.) for measures 57-60. The score is in 4/4 time and features a 'Turgescences' section. The Flute part begins with a circled note in measure 57, followed by a wavy line and an arrow pointing to a triangle in measure 58. The Mandolin and Guitar parts feature a long, sustained note in measure 58, marked with a circled note and a triangle, and a final note in measure 60. The Mandolin part includes a triple accent (***) in measure 57 and a 'L.V.' (Lento) marking in measure 58. The Guitar part is marked with a 'p' (piano) dynamic in measure 58. The Flute part is marked with a 'p' dynamic in measure 58 and 'al niente' in measure 60.

57

Fl.

57

Mdn.

L.V.

p

al niente

L.V.

Gtr.

L.V.

p

Annexe 10.5 Structure formelle de « Turgescences » pour flûte, mandoline et guitare

Section	A	B	C
Mesures	[1 — 18]	[19 — 44]	[45 — 60]
Collection Tn	Guitare + flûte	Mandoline	Mandoline + guitare
Collection Y	Mandoline	Flûte	/
Collection X'	/	Guitare	Flûte + guitare
Proportion (durée)	30	25	15

Annexe 10.6 Système d'engendrement harmonique — « Turgescences »

Moyenne entre le centroïde et l'une des fréquences extrêmes

The image displays three systems of musical notation for piano accompaniment, each illustrating a harmonic generation formula. Each system consists of a grand staff with a treble clef and a bass clef. The formulas are as follows:

- Section 1:** $[(Tn + f_{min}) / 2]$ and $[(Tn + f_{max}) / 2]$. The notation shows a half note in the treble clef and a whole note in the bass clef.
- Section 2:** $[(Y + Y_{min}) / 2]$ and $[(Y + Y_{max}) / 2]$. The notation shows a half note with a sharp sign in the treble clef and a whole note with a sharp sign in the bass clef.
- Section 3:** $[(X' + X'_{min}) / 2]$ and $[(X' + X'_{max}) / 2]$. The notation shows a half note with a sharp sign in the treble clef and a whole note with a sharp sign in the bass clef.

Moyenne entre deux centroïdes

Turgescences

$[(Tn + Y)/2]$ $[(Tn + X')/2]$ $[(Y + X')/2]$

Moyenne entre deux fréquences minimales

$$[(Tn_{\min} + Y_{\min})/2] = [(Tn_{\min} + X'_{\min})/2][(Y_{\min} + X'_{\min})/2]$$

Moyenne entre deux fréquences maximales

$$[(Tn_{\max} + Y_{\max})/2] \quad [(Tn_{\max} + X'_{\max})/2]$$

Transcription et transposition de 3 octaves des transitoires d'attaque

Groupe Tn Groupe Y Groupe X'

Annexe 10.7 Partition de l'œuvre « Estambre Urdido » pour ensemble de cinq percussionnistes

Estambre Urdido

Para ensamble de cinco percusiones

Daniel Mancero Baquerizo

Agosto - 2017

Efectivo instrumental

percusionista 1 — campanelli, 1 crash (crash “china”, de ser posible) ;

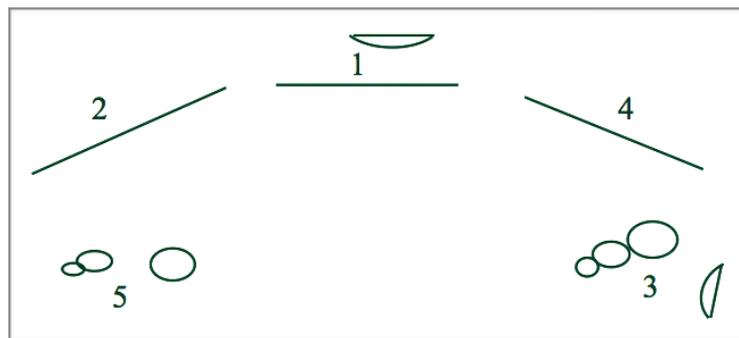
percusionista 2 — vibráfono

percusionista 3 — set de tres toms, 1 crash-ride

percusionista 4 — marimba sinfónica

percusionista 5 — tambor militar, bongos

Distribución sugerida



Notación

La utilización de baquetas se indica bajo el siguiente sistema de símbolos:



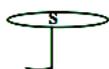
— Baquetas para campanelli



— Mallets

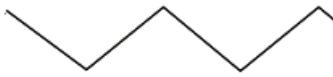


— Baquetas de batería (de preferencia, con punta de plástico)



— superbball friction mallet

Uno de los modos de ejecución propuestos consiste en la variación de velocidad del gesto de frotamiento (con el *superball-mallet*), sugerido de siguiente forma :



— gesto ligero y constante



— gesto en aceleración



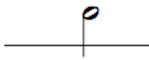
— gesto en desaceleración



— distribución de los toms, del más agudo al más grave



— borde del crash



— parte interna del crash



— *dead stroke*

Score

Estambre urdido

Daniel Mancero Baquerizo

Andante (♩ = c. 76)

8/4

Crash 1

Campanelli

sin motor

Vibraphone

mp *leggiero* *leg.* L.V. *

Toms

Crashride 2

Marimba

p *leggiero*

Bongos

Snare Drum

The score is for a piece in 8/4 time, marked Andante with a tempo of approximately 76 beats per minute. The Vibraphone part begins with a mezzo-piano (*mp*) dynamic and a *leggiero* (light) articulation. It features several triplet figures and a long, sustained melodic line that concludes with a *leg.* (leggiero) marking and a *L.V.* (Lento) instruction. The Marimba part starts with a piano (*p*) dynamic and also includes *leggiero* articulation. It contains triplet patterns and a melodic line that ends with a fermata. The percussion parts (Crash 1, Toms, Crashride 2, Bongos, Snare Drum) are indicated by vertical bar lines, suggesting they are to be played in a specific rhythmic pattern throughout the piece.

Estambre urdido

2
2

Cpl.

Vib.

Toms

Mrb.

S.Dr.

3
3

Cpl.

Vib.

Toms

Mrb.

S.Dr.

Estambre urdido 3

a tempo *con brio*

Cpl. *p* *al niente*

Vib. *mp* *al niente*

Toms *con brio* *dal niente* *mf*

Mrb. *mp* *al niente*

S.Dr. *mf* *al niente*

Crash 1 *sfz*

Cpl. *con los toms* *mp* *al niente*

Vib. *mf* *subito p*

Toms *con los campanelli* *sfz* *subito p* *mf*

Mrb. *mf* *subito p*

Estambre urdido

4
6

Cpl. *f* *subito p*

Vib. *mp* *Red.* *al niente*

Toms *mp*

Mrb. *mf* *con los toms* *al niente*

S.Dr. *pp*

7

Crash 1

Cpl.

Vib. *encender motor (rápido)*

Toms *f* *4*

S.Dr. *mf*

Estambre urdido

5

Crash 1

Vib. *con la marimba* *mf*

Toms *mf*

Mrb. *con el vibráfono* *mf* *pp*

S.Dr. *f*

Crash 1 *p* *mp* *f*

Vib. *p* *ff*

Toms *mp con la caja*

Mrb. *f*

S.Dr. *con los toms* *mf*

Estambre urdido

leg. rit.

6
10

Crash 1

Vib.

Toms

Mrb.

S.Dr.

L.V.

mp

p

mf

11

Crash 1

Cpl.

Vib.

Mrb.

S.Dr.

mf

mp

mp

Estambre urdido

7

Cpl. *mp* *mf*

Vib. *p con la marimba* *mf*

Toms *mf*

Mrb. *con el vibráfono* *mf* *p*

S.Dr. *dal niente* *mf*

Cpl. *mf*

Vib. *mf*

Toms *f*

Mrb. *mf* *p*

S.Dr. *dal niente* *mf*

Estambre urdido

8

Crash 1

14

pp
superball sobre plato

Vib.

Toms

p

Mrb.

mf

S.Dr.

p

15

Crash 1

p

Vib.

15 *con la marimba*

mp

Reo. *

Toms

15 *subito p con la caja*

5

Mrb.

15 *con el vibráfono*

mp

S.Dr.

15

p con los toms

3 3 3 3 3 3 5 5

Detailed description of the musical score: The score is for a percussion ensemble. It is divided into two systems. The first system starts at measure 8 and ends at measure 14. The second system starts at measure 15 and ends at measure 20. The instruments are Crash 1, Vibraphone (Vib.), Tom-toms (Toms), Maracas (Mrb.), and Snare Drum (S.Dr.). Dynamics range from *pp* to *mp*. Performance instructions include 'superball sobre plato', 'con la marimba', 'con la caja', 'con el vibráfono', and 'con los toms'. The Vibraphone part includes 'Reo.' (roll) and asterisks. The Tom-toms part includes 'subito p' and 'con la caja'. The Maracas part includes 'con el vibráfono'. The Snare Drum part includes 'con los toms'. The score includes various rhythmic patterns, including triplets and quintuplets, and a complex waveform for the Crash 1 instrument.

Estambre urdido

Crash 1

16 *f* let ring

Vib.

16 L.V. L.V.

Toms

16 *al niente* *mf*

Mrb.

16 *pp* *mp*

S.Dr.

16 *mp* *al niente*

con el vibráfono

Cpl.

18 *mp*

con los campanelli

Vib.

18 *mp* L.V.

Cym. 2

18

Mrb.

18

Estambre urdido

10
19

Cpl. *p*

Vib. *con la marimba*

Cym. 2 *con los bongos* *mf*

Mrb. *con el vibráfono*

Bgo. Dr. *mp*

20

Vib.

Cym. 2

S.Dr.

Bgo. Dr.

Estambre urdido

21

Vib.

Cym. 2

S.Dr.

Bgo. Dr.

mf

p

22

con la marimba

Vib.

p Leo. *

Cym. 2

22

con el vibráfono

Mrb.

mp

S.Dr.

22

Bgo. Dr.

pp

mf

Estambre urdido

12
24 *con la marimba*

Cpl. *mf* 6

Vib. *mp*

Mrb. *subito p* 3

Bgo. Dr. 3

25

Cpl. 3 *p*

Vib.

25 *con los bongos*

Toms *pp* 3

Mrb. *mp* 3

Bgo. Dr. *con los toms* *mp* 3

Estambre urdido

13

Musical score for measures 26-31. The score includes parts for Cpl., Vib., Toms, Cym. 2, Mrb., and Bgo. Dr. The Vib. part starts with a *pp* dynamic and includes a *Reo.* marking. The Cym. 2 part has a *pp* dynamic and the instruction *a la punta, apagando con la mano*. The Mrb. part features triplets. The Bgo. Dr. part starts with *mf* and *mp* dynamics, ending with *al niente*. A double slash indicates a section break after measure 31.

Musical score for measures 28-31. The score includes parts for Cpl., Vib., and Mrb. The Cpl. part starts with a *mp* dynamic. The Vib. part starts with a *mp* dynamic and includes *Reo.* markings. The Mrb. part starts with a *mp* dynamic. A double slash indicates a section break after measure 31.

Estambre urdido

15

Musical score for measures 31-32. The score is for four instruments: Cpl. (Cello), Vib. (Violin), Mrb. (Piano), and S.Dr. (Snare Drum). Measure 31 starts with a treble clef and a key signature of one flat. The Cpl. part has a dynamic of *mp* and a *sfz* marking. The Vib. part has a dynamic of *p* and a *sf* marking. The Mrb. part has a dynamic of *mf* and features triplets in both hands. The S.Dr. part has a dynamic of *ppp*. Measure 32 continues with similar dynamics and includes a *Rec.* marking and a *al niente* instruction.

Musical score for measure 33. The score is for four instruments: Cpl., Vib., Mrb., and S.Dr. Measure 33 starts with a treble clef and a key signature of one flat. The Cpl. part has a dynamic of *pp* and a *L.V.* marking. The Vib. part has a dynamic of *pp* and a *** marking. The Mrb. part has a dynamic of *pp* and features a *pp* marking. The S.Dr. part has a dynamic of *pp*.

*Annexe 10.8 Partition de l'œuvre « Épenhèse » pour clarinette basse et harpe à
pédales*

Épenthèse

pour harpe et clarinette

Daniel Mancero Baquerizo

♩ = 112

Bass Clarinet

Harpe

p *mp* *mf*

mp *mf*

mf

Detailed description: This system contains the first three measures of the piece. The Bass Clarinet part (top staff) begins with a quarter rest, followed by a series of eighth notes with a dynamic of *p*. It then moves to a melodic line with dynamics of *mp* and *mf*. The Harp part (bottom staves) features a series of chords in the right hand with a dynamic of *mp*, and a simple eighth-note accompaniment in the left hand with a dynamic of *mf*. A chord diagram is shown above the first measure of the harp part.

B. Cl.

Harpe

pp *mp* *p* *f* *p* *f* *p*

mp *pp*

Detailed description: This system contains measures 4 through 6. The Bass Clarinet part (top staff) starts with a quarter rest, then plays a melodic line with dynamics of *pp*, *mp*, and a series of notes with dynamics *p*, *f*, *p*, *f*, *p*. The Harp part (bottom staves) features chords in the right hand with a dynamic of *mp*, and a rhythmic accompaniment in the left hand with a dynamic of *pp*. Triplet markings are present in the harp part.

B. Cl.

Harpe

f *p* *f* *p* *mf* *f* *mp* *f*

f *mp* *f*

Detailed description: This system contains measures 7 through 9. The Bass Clarinet part (top staff) begins with a quarter rest, followed by notes with dynamics *f*, *p*, *f*, *p*, *mf*, *f*, *mp*, and *f*. It includes triplet markings and a key signature change to three flats. The Harp part (bottom staves) features chords in the right hand with dynamics *f*, *mp*, and *f*, and a rhythmic accompaniment in the left hand.

B. Cl. *mp* *mf* *mp*

Hp. *arp. ascendant* *pp* *f*

B. Cl. *p* *f* *f*

Hp. *f* *p*

B. Cl. *f*

Hp. *mf* *subito p*

f *(mf)*

L.V.

Épenthèse

19

B. Cl. *mf* *subito p*

Hp. *mp* *mp*

22

B. Cl. *mf* *mp* *solo*

Hp. *mf* *pp* *L.V.*

25

B. Cl. *mf*

Hp. *Xyl.*

B. Cl. *mf* *f*

Hp. *Xyl.* *p* *ff*

B. Cl. *ppp*

Hp. *p* *ppp*

tempo libre

B. Cl. *p* *ppp* *p*

Hp. *p* *pp*

37

B. Cl.

mp *ppp* *pp* *mf* *ppp*

f *subito p* *f* *subito p* L.V.

40

B. Cl.

mp *mf*

meno mosso

taper sur la caisse

mp *mf*

43

B. Cl.

mp *mf* *mp*

(mf)

6

Épenthèse

B. Cl.

46

mf *subito p* *mf*

Hp.

p *mf*

Detailed description: This system covers measures 46 to 48. The B. Cl. part starts with a treble clef and a 3/8 time signature. It features a melodic line with accents and dynamic markings of *mf*, *subito p*, and *mf*. A slur covers measures 47 and 48. The Hp. part consists of two staves (treble and bass clefs) with a 3/8 time signature. It provides harmonic support with chords and single notes, marked with *p* and *mf*.

B. Cl.

49

ppp

Hp.

(mf)

Detailed description: This system covers measures 49 to 51. The B. Cl. part continues with a treble clef and a 3/4 time signature. It features a melodic line with a *ppp* dynamic marking and a slur. The Hp. part consists of two staves (treble and bass clefs) with a 3/4 time signature. It features a melodic line with a *(mf)* dynamic marking and a slur, and a bass line with chords and single notes.

B. Cl.

52

p *pp* *p*

Hp.

52

Detailed description: This system covers measures 52 to 54. The B. Cl. part continues with a treble clef and a 3/4 time signature. It features a melodic line with dynamic markings of *p*, *pp*, and *p*, and a slur. The Hp. part consists of two staves (treble and bass clefs) with a 3/4 time signature. It features a melodic line with a slur and a bass line with chords and single notes.

55

B. Cl.

55

Hp.

pp *mp* *pp*

(mf)

Detailed description: This system covers measures 55 to 57. The B. Cl. part starts with a dynamic of *pp* (pianissimo) and features a melodic line with a slur over measures 55-56 and a fermata in measure 57. The dynamics change to *mp* (mezzo-piano) in measure 56 and back to *pp* in measure 57. The Hp. part consists of chords in the right hand and single notes in the left hand, with a dynamic of *(mf)* (mezzo-forte) throughout.

58

B. Cl.

58

Hp.

mp *mp*

(mf)

Detailed description: This system covers measures 58 to 60. The B. Cl. part has a dynamic of *mp* (mezzo-piano) and features a melodic line with a slur over measures 58-59 and a fermata in measure 60. The Hp. part consists of chords in the right hand and single notes in the left hand, with a dynamic of *(mf)* (mezzo-forte) throughout.

61

B. Cl.

61

Hp.

pp *mp* *pp* *ppp*

(mf)

Detailed description: This system covers measures 61 to 63. The B. Cl. part has dynamics of *pp* (pianissimo) in measure 61, *mp* (mezzo-piano) in measure 62, *pp* in measure 63, and *ppp* (pianississimo) in measure 64. The Hp. part consists of chords in the right hand and single notes in the left hand, with a dynamic of *(mf)* (mezzo-forte) throughout.

64

B. Cl.

64

Hp.

L.V.

mp

Tempo primo

68

B. Cl.

68

Hp.

pppp

p

mp

pp

72

B. Cl.

72

Hp.

mf

ppp

pp

Épenthèse

B. Cl. *mf* *pp*

Hp. *mf*

B. Cl. *mf* *subito p* *mf* *pp*

Hp. *mp*

B. Cl. *mp*

Hp. (*mp*)

B. Cl. *mf* 88

Hp. *mf* *al niente* *al niente*

B. Cl. *mp* 92

Hp. *Xyl.* *mf*

B. Cl. *(mp)* *mf* 96

Hp. *(Xyl.)* *p*

100

B. Cl.

Hp.

104

B. Cl.

Hp.

108

B. Cl.

Hp.

B. Cl. *mf*

Hp. *mp*

B. Cl. *pp* *mp*

Hp. *pp*

B. Cl. *pp* *mp* *pp*

Hp. *mp* *pp* *mp*

B. Cl. *mf* 3 3 3 *p*

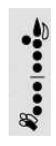
Hp. *mf*

B. Cl. *mf* *pp* *mp*

Hp. *mp* *pp* *p* *mp*

B. Cl. *pp* *mf* *f* * mult.

Hp. *mf* *mp*



14

Épenthèse

B. Cl.

136

pp *p* *mf*

Hp.

mp

(*mp*)

B. Cl.

140

f *mf*

Hp.

mf *p* *f*

B. Cl.

144

mp *f*

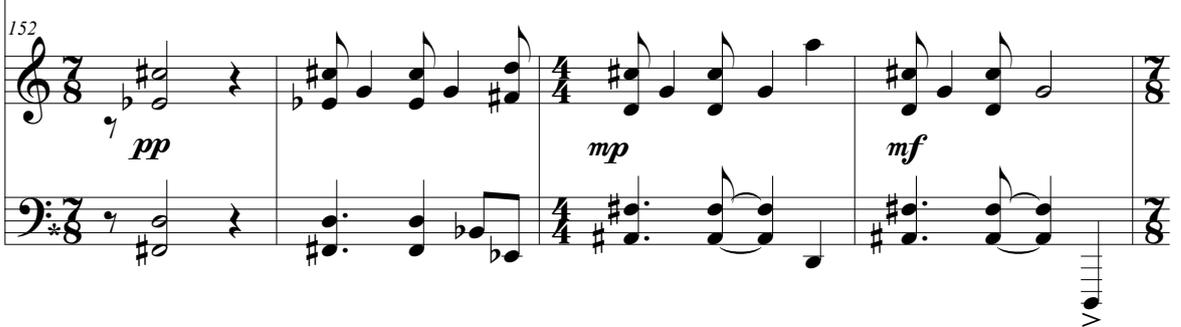
Hp.

mf

B. Cl. 

Hp. 

B. Cl. 

Hp. 

B. Cl. 

Hp. 

B. Cl. *160* *3* *f*

Hp. *160* *mp* *ff*

B. Cl. *164* *mf*

Hp. *164*

B. Cl. *168* *subito p* *mf* *f* *molto rit.*

Hp. *168* *f*

Épenthèse

17

B. Cl.

172

p *f* *al niente*

*arpéger en ralentissant
(emphase sur chaque note)*

172

ff L.V.

Hp.

Bibliographie

- Amblard, J., « Hétérophonie », *Théories de la composition musicale au XX^e siècle*, dir. N. Donin et L. Feneyrou, Symétrie, 2013
- Andean, J., « The Musical–Narrative Dichotomy: Sweet Anticipation and Some Implications for Acousmatic Music ». *Organised Sound*, 15(2), 2010
- Andler, D., « Progrès en situation d'incertitude », *Le Débat*, 5(47), 1987
- Arbo, A., « Comprendre la musique, entre esthétique(s) et sémiologie(s) » In Chouvel, J.-M et Hascher, X. (sous la direction de), *Esthétique & cognition*, Paris : Publications de la Sorbonne, 2013
- Arsac, J., *Transformation de Fourier et théorie des distributions*, Paris : Dunod, 1961
- Asselin, P.-Y., *Musique et tempérament*, Paris : éditions Jobert, 2000
- Ayari, M., *De la théorie de l'art de l'improvisation. Analyse de performances et modélisation musicale*, N°1, Paris : éditions Delatour France, 2005
- Baboni-Schilingi, J., *La musique hyper-systémique : une réponse possible*. Célia Houdart (trad.), Paris : Éd. Mix, 2007
- Bailhache, P. et al, *Helmholtz, du son à la musique*, Mathesis, Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 2011
- Baldinger, K., *Etymologien. The 2nd supplement to Volumes 21-23 of Walter von Wartburg's "Französisches Etymologisches Wörterbuch*. Coll : Beihefte zur Zeitschrift für romanische Philologie, 1998. [Site web] : <https://doi.org/10.1515/9783110930290>, consulté le 26 avril 2018
- Bally, C., *La Langage et la Vie*. Genève : Atar, 1913.
- Banywesize, E., *Le complexe. Contribution à l'avènement de l'organisation chez Edgar Morin*, Paris : L'Harmattan, 2007
- Barbanti, R., « Écologie sonore et technologies du son », *Sonorités N°6, Écologie sonore, Technologies, Musiques — Musique Environnement* (coll.), 2011, Nîmes, Champ Social Éditions
- Barbosa, R., « Musique et cognition, un rôle pour l'écoute dans l'analyse musicale » In Alexandre V. et Vial C., *Notions Esthétiques, la perception sensible organisée*, Actes du colloque international LANGARTS 2014, Paris : L'harmattan, 2015
- Barthet, M., *De l'interprète à l'auditeur : une analyse acoustique et perceptive du timbre musical*, Aix-en-Provence : Université de la Méditerranée — Aix-Marseille II, décembre 2008
- Bayer, F., *De Schönberg à Cage. Essai sur la notion d'espace sonore dans la musique contemporaine*, Paris : Klincksieck (éd.), 1987

- Bayle, F., « L'image de son, ou i-son. Métaphore/métamorphe » In McAdams, S. et Deliège, I., *La musique et les sciences cognitives : actes du Symposium sur la musique et les sciences cognitives, 14-18 mars 1988, Centre National d'Art et de Culture « Georges Pompidou »*, Bruxelles : Mardaga, 1989
- Bayle, F., *Musique acousmatique : propositions, positions*, Bibliothèque de recherche musicale. Bry-sur-Marne Paris : Institut national de l'audiovisuel Buchet-Chastel, 1993
- Beauchamp, J. (al.), « Effect of critical band data reduction of musical instrument sounds », In *Proc. 9th Int. Conf. On Music Perception and Cognition (ICMPC9)*, Bologna: Univ. Press of Bologna, 2006, pp. 52-58
- Beauchamp, J., « A Computer System for Time-Variant Harmonic Analysis and Synthesis of Musical Tones », in H.F. von Foerster and J.W. Beauchamp (eds.), *Music by Computers*, New York: John Wiley, 1969, pp. 19-62
- Bérard, J.-A., *L'Art du Chant, dédié à Madame de Pompadour*, 1755
- Berlyne, D., *Conflict, Arousal and Curiosity* (1960), Eastford: Martino Fine Books, 2014
- Berton, H.-M., *Jeu des préludes harmoniques ou Compas et boussole des deux échelles de la gamme musicale*, (2e édition), 1842. [Version online] : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k9634112w>, site consulté le 1 mars 2019
- Bertrand, D., *Précis de sémiotique littéraire*, Paris : Nathan, 2000
- Bogaards, N., « Analysis-assisted sound processing with audiosculpt » In *8th International Conference on Digital Audio Effects (DAFX-05)*, Madrid, 2005, pp. 269-272.
- Bouasse In Auger, L., « Les apports de J. Sauveur (1653-1716) à la création de l'Acoustique », *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications*, tome 1, n°4, 1948
- Boulez, P., *Leçons de musique. Points de repère III. Deux décennies d'enseignements au Collège de France (1976-1995)*, Christian Bourgois (éd.), Paris : Collection Musique / Passé / Présent, 2005
- Boulez, P., *Penser la musique aujourd'hui*, Collection Tel 124, Paris : Gallimard, 1987
- Boulez, P., *Relevés d'apprenti*, Paris : éd. Seuil, 1966
- Boulez, P., *Techniques d'écriture et enjeux esthétiques*, Jean-Louis Leleu et Pascal Decroupet (éds.), Genève : Éditions Contrechamps, 2006
- Bregman, A. S., « Primary Auditory Stream Segregation and the Perception of order in rapid sequences of tones », In *Journal of Experimental Psychology*, N° 89, 1971
- Bregman, A., *Auditory Scene Analysis: The Perceptual Organization of Sound*. Cambridge (Mass.), London: MIT press, 1990
- Bullock, J., « LibXtract: A lightweight library for audio feature extraction, » In *Proceedings of the 2007 International Computer Music Conference*, Sweden, 2007
- Buysens, E., (1969) In Nattiez, J.-J., *De la sémiologie à la musique*, Montréal : Université de Québec à Montréal, 1988

- Buysens, E., *Vérité et langue, langue et pensée*, Bruxelles : Éditions de l'Institut de sociologie Solvay, 1960.
- Camilleri, L., « Shaping sound, shaping spaces » In *Popular Music*, Vol. 29(2), Cambridge University Press, 2010
- Camilleri, L., *Il peso del suono: forme d'uso del sonoro ai fini comunicativi*, Milano: Apogeo, 2005
- Carpenter, E., *Eskimo Realities*, New York: Holt, Rinehart and Winston, 1973
- Cassagrande, C., *L'Énergétique musicale*, Paris : L'Harmattan, 2009
- Castellengo, M., *Écoute musicale et acoustique : avec 420 sons et leurs sonagrammes décryptés*, Paris : Éditions Eyrolles, 2015
- Catel, Ch.-S., *Traité d'harmonie : adopté par le Conservatoire pour servir à l'étude dans cet établissement, 1802*, [Version online] : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k11638831>, site consulté le 1 mars 2019
- Chailley, J., *Expliquer l'harmonie ?*, éditions rencontre, Paris : L'Harmattan, 1967
- Charles, D., *L'action de la postmodernité selon l'esprit de la musique*, Paris : PUF, 2001
- Charrak, A., *Raison et perception. Fonder l'harmonie au XIII^e siècle*, Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 2001
- Chion, M., *Guide des objets sonores : Pierre Schaeffer et la recherche musicale*, Bibliothèque de recherche musicale. Paris : Buchet-Chastel Institut national de la communication audiovisuelle, 1983
- Chowning, J. M., « Computer synthesis of the singing voice » In *Sound Generation in Winds, Strings, Computers*, Stockholm: Royal Swedish Academy of Music, Publ. No. 29, 1980
- Claude, O., *La recherche intelligente de sons* (Mémoire de recherche pour l'obtention du diplôme de Maîtrise), Université de Provence, 2006. [Version en ligne] : <http://architexte.ircam.fr/textes/Claude06a/index.pdf>, site consulté le 26 août 2018
- Colafrancesco, J., Guillot, P., Paris, E. et al., « La bibliothèque HOA, Bilan et Perspectives », In *Actes des Journées d'Informatique Musicale JIM*, 2013, pp. 187-198
- Colafrancesco, J., *Spatialisation de sources auditives étendues : applications musicales avec la bibliothèque HOA*, (mémoire de thèse), sous la direction de Anne Sèdes, Université Paris VIII, 2015
- Cooley, J. W. et Tukey, J. W., « An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series » In *Math. Comp.* **19**, 1965, pp. 297-301
- Coupré, P., *La musique électroacoustique : analyse morphologique et représentation analytique*, thèse de doctorat, Université de Paris IV, Sorbonne, 2003
- Coupré, P., *La visualisation du son et de ses paramètres pour l'analyse de la musique acousmatique* (Ouvrage original). *Dossier d'habilitation à diriger des recherches*, Paris : Institut de recherche en Musicologie, Université Paris-Sorbonne, 2015

Coussemaker, E., *L'art harmonique aux XIIe et XIIIe siècles / par E. de Coussemaker...*, 1865, [Version online] <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6207936k>, site consulté le 1 mars 2019

Criton, P., « Continuum sonore et schèmes de structuration » In Soulez, A. (al.), *Musique, Rationalité, Langage. L'harmonie : du monde au matériau*, Cahiers de philosophie du langage n°3, Paris : L'Harmattan, 1998

Criton, P., « Espaces Sensibles », In Chouvel, J.-M., *L'espace : Musique/Philosophie*, Paris : L'Harmattan, 1998

D'Adamo, D., « Enjeux esthétiques et enjeux techniques dans l'enseignement de la composition musicale », In *La fabrique de la musique — Rencontres Internationales de la tour de guet 4^{ème} édition* (colloque), Revue Musimédiane n°10, [Version en ligne] : <http://www.musimediane.com/numero10/>, site consulté le 6 décembre 2018

Dack, J., « Strategies in the analysis of Karlheinz Stockhausen's Kontakte für Elektronische Klänge, Klavier und Schlagzeug », In Camilleri, L. & Smalley, D. (éd), *Journal of New Music Research*, vol. XXVII, n.1-2, *Analysis of Electroacoustic Music*, 1998

Dal Molin, P., « Sans cause extérieure apparente, ni affluents, ni glaciers, ni orages... La construction de l'hétérophonie dans les versets de rituel » In Leleu, J.-L. et Decroupet, P. (éds.), *Pierre Boulez. Techniques d'écriture et enjeux esthétiques*, Genève : Éditions Contrechamps, 2006

Darrigol, O., « The Acoustic Origins of Harmonic Analysis », In *Archive for History of Exact Sciences* 61, n° 4 (4 juin 2007)

Dauby, Y., *Paysages sonores partagés*, (mémoire DEA), Université de Poitiers, 2004

Delalande, F., « La terrasse des audiences du clair de lune : essai d'analyse esthétique », In *Analyse musicale n°16* (1989)

Delalande, F., « Pertinence et analyse perceptive », In *La Revue Musicale : Recherche musicale au GRM*, Paris : Richard-Masse, 1986, pp. 158-173

Delalande, F., *Analyser la musique, pourquoi, comment ?*, Paris : INA Éditions, 2013

Demers, J., *Listening through the noise. The aesthetics of experimental electronic music*, New York: Oxford University Press, 2010

Deng, Z, Kang, J. et Wang, D., « Soundscape composition as new music genre », In *Proceedings of ICMEM*, 2015

Descartes, R., *Abrégé de Musique. Compendium Musicae*, Édition nouvelle, Frédéric de Buzon (trad.), Paris : PUF, coll. « Epiméthée », 1987

Di Scipio, A., « Objet sonore ? Événement sonore ! Idéologies du son et biopolitique de la musique » In Solomos, M., (sous la direction de), *Musique et écologies du son. Propositions théoriques pour une écoute du monde*, Paris : L'Harmattan, 2016

Discipio, A., « Émergence du Son, Son d'Émergence : Essai d'épistémologie expérimentale par un compositeur », In *Intellectica* 48-49, 2008, pp. 221-249.

- Dixon Ward, W., « Musical Perception » In Tobias, J., *Foundations of Modern Auditory Theory*, Vol.1., Academic Press, 1970
- Dortier, J.-F., « Holisme contre élémentarisme », In *Revue des sciences humaines N°7 : la grande histoire de la psychologie*, 2008
- Dufour, Hugues. *La musique spectrale : une révolution épistémologique*, Musique & philosophie (coll.), Sampzon : Éd. Delatour France, 2014
- Dufourt, H., « Les origines grecques du concept d'harmonie », In *Musique, Rationalité, Langage. L'harmonie : du monde au matériau*, Soulez, A. (al.), Paris : L'Harmattan, 1998
- Dufourt, H., « Musique, matoises et crises de l'antiquité de l'âge classique », In Loi, M. (sous la dir.) *Mathématiques et Art*, Paris : Hermann, 1995
- Dufourt, H., *La musique spectrale. Une révolution épistémologique*, Paris : DELATOUR France, 2014
- Duhautpas, F. Freychet, A., et Solomos, M., « Beneath the Forest Floor de Hildegard Westerkamp. Analyse d'une composition à base de paysages sonores », In *Analyse musicale N° 76(2)*, Société française d'analyse musicale, 2015
- Durutte, C., *Esthétique musicale. Technie, ou lois générales du système harmonique / par le Cte Camille Durutte,...*, 1855. [Version online] : <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k206499s>, site consulté le 1 mars 2019
- Eco U. *La structure absente*, Mercure de France, Paris, 1972
- Eco, U., *La structure absente : introduction à la recherche sémiotique*. Traduit par Uccio Esposito-Torrigiani, Paris : Mercure de France, 1984
- Emmerson, S., « Musical Space », In *Organised Sound* 3(2), 1999, pp. 135-40
- Erickson, R., *Sound Structure in Music*, Berkeley: University of California Press, 1975
- Escudié, B. (al.), *Des cordes aux ondelettes : l'analyse en temps et en fréquence avant et après Joseph Fourier. Un inverseur de l'équation de Fourier, le calorimètre à conduction*, Aix-en-Provence : Publications de l'Université de Provence, 2001
- Escudié, B., « L'informatique et l'évolution technique de l'analyse spectrale : la transformation de Fourier », In *Actes du colloque sur l'histoire de l'informatique en France*, Grenoble, 1988, pp. 123-133
- Espinoza, M., *Les mathématiques et le monde sensible. René Thom : de la théorie des catastrophes à la métaphysique* (essai N° VI), Paris : Ellipses, 1997
- Farina, A., et Gage, S., (éds.) *Ecoacoustics: The Ecological Role of Sounds*, Hoboken, NJ: John Wiley and Sons Inc., 2017
- Fétis, F.-J., *Esquisse de l'histoire de l'harmonie considérée comme art et comme science systématique*, Paris : Bourgogne et Martinet, 1840.
- Fétis, F.-J., *Traité complet de la théorie et de la pratique de l'harmonie*, Paris : Maurice Schlesinger (éd.), 1844.

- Fichet, L., *Les théories scientifiques de la musique aux XIXe et XXe siècles*. Musique et esthétique (coll.), Paris : J. Vrin, 1996
- Fletcher, N., « Animal bioacoustics », In Rossing, T., (éd.), *Springer Handbook of Acoustics*, 2nd Edition, Berlin : Springer-Verlag, 2007
- Fontenelle, « Sur l'application des sons harmoniques aux jeux d'orgues », In *Histoire de l'Académie Royale des sciences*, (1702), Paris : Boudot, 1704
- Fourier, J.-B.-J., *Théorie analytique de la chaleur*, par M. Fourier, Paris : F. Didot père et fils (éd.), 1822
- Francès, R., *Psychologie de l'Esthétique*, Paris : Presses Universitaires de France, 1968
- Freedman, M. D., « A method for analyzing musical tones », In *Journal of Audio Engineering Society*, No. 16, 1968, pp.119-125
- Freedman, M. D., « Analysis of musical instrument tones », In *Journal of the Acoustic Society of America*, No. 11, 1967, pp.793-806
- Galand, A., *Field-recording. L'usage sonore du monde en 100 albums*, Marseille : éditions le mot et le reste, 2012
- Genette, G., *Nouveau discours du récit*, Paris : Seuil, 1983
- Godefroy, F. (1826-1897). *Dictionnaire de l'ancienne langue française et de tous ses dialectes du IX^e au XV^e siècle : composé d'après le dépouillement de tous les plus importants documents manuscrits ou imprimés qui se trouvent dans les grandes bibliothèques de la France et de l'Europe.... Tome premier, A-Castaigneux*. Paris: F. Vieweg, 1881
- Goertzel, G., « An algorithm for the evaluation of finite trigonometric series », In *Am. Math Monthly* N° 65, 1958
- Golub, G. H., Robertson, T. N., *A generalized Bairstow Algorithm* — Technical Report n°. 54, Stanford: Computer Science Department – School of Humanities and Sciences, Stanford University, 1967
- Gordon, J. W., and Grey, J. M., « Perception of spectral modifications on orchestral instrument tones », In *Computer Music Journal*, 2, 1978, pp. 24-31
- Grey, J. M., *An exploration of Musical Timbre*, Center for Computer Research in Music and Acoustics, Department of Music Report No. STAN-M-2, Stanford University, 1975
- Grey, J. M., and Gordon, J. W., « Perceptual effects of spectral modifications on musical timbres », In *Journal of the Acoustic Society of America* N° 63, 1978, pp. 1493-1500
- Grey, J. M., and Moorer, J. A., « Perceptual Evaluation of synthesized musical instrument tones », In *Journal of the Acoustic Society of America* N° 62, 1977, pp.454-462
- Grey, J., « Multidimensional perceptual scaling of musical timbres » In *Journal of the Acoustic Society of America*, Vol. 61(5), May 1977
- Grey, J., *An Exploration of Musical Timbre Using Computer-Based Techniques for Analysis, Synthesis and Perceptual Scaling*, Stanford University, 1975

Grill, T., « Constructing high-level perceptual audio descriptors for textural sounds », In *Proceedings of the 9th Sound and Music Computing Conference SMC*, Copenhague, 2012

Grimshaw, M., Garner, T., *Sonic Virtuality. Sound as Emergent Perception*, New York: Oxford University Press, 2015

Guigue, D., *Une étude “pour les sonorités opposées” : pour une analyse orientée objet de l’œuvre pour piano de Debussy et de la musique du XX^e siècle* (thèse de doctorat), Paris : École des hautes études en sciences sociales, 1996

Guillemette L. et Lévesque C., *Gérard Genette : Narratologie / Signo – Théories sémiotiques appliquées*. Signosemio [en ligne], consulté le 26 avril 2018. URL : <http://www.signosemio.com/genette/narratologie.asp>

Guillot, P., Paris, E. et Deneu, M., « La bibliothèque de spatialisation HOA pour MasMSP, Pure Data, VST, Faust... », In *Revue Francophone d’Informatique Musicale*, 2013

Haeckel, E., *Generelle Morphologie der Organismen. Allgemeine Grundzüge der organischen Formen-Wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformirte Descendenz-Theorie*, Berlin: G. Reimer, 1866

Halbreich, H., *L’oeuvre d’Olivier Messiaen*. Paris : Fayard, 2008

Helmholtz, H., *Théorie physiologique de la musique fondée sur l’étude des sensations auditives*, Georges Guérout (traduit par), Paris : G. Masson, 1874

Hérolde, N., « La modélisation du timbre et du son. Organisation formelle dans les œuvres pour piano de la première moitié du dix-neuvième siècle » In Hascher, X (al.), *L’analyse musicale aujourd’hui*, Paris : Delatour France, 2015

Varèse, E., « Nouveaux instruments et nouvelle musique » In Hirbour, L. (textes réunis par), *Écrits*, Paris : Christian Bourgois, 1983

Hunter, J., « MPEG7 Behind the Scenes », In *D-Lib Magazine*, vol. 5(9), 1999. [Cité en] : Schwartz, D., & Schnell, N., « A modular sound descriptor analysis framework for relaxed-real-time applications », In *Proceedings of the International Computer Music Conference ICMC*, New York, 2010

Huron, D., *Sweet Anticipation: Music and the Psychology of Expectation*, A Bradford Book. Cambridge (Mass.): MIT Press, 2007

Husserl, E., *Idées directrices pour une phénoménologie et une philosophie phénoménologique pures*. Paris : Gallimard puis Presses universitaires de France, 1950

Husserl, E., *Logique formelle et Logique transcendantale : essai d’une critique de la raison logique* (6e éd.), (trad. par) Suzanne Bachelard, Paris : PUF, 2009

Hyoung-Gook, K, Moreau, N et Sikora. T., *MPEG-7 Audio and Beyond: Audio Content Indexing and Retrieval*, USA: John Wiley & Sons, 2005

Imberty, M. (éd.), *De l’écoute à l’oeuvre : études interdisciplinaires*, Actes du colloque tenu en Sorbonne (1999), Centre de recherche en psychologie, sociologie et didactique de la musique, Observatoire musical français, et Centre de recherches Langages musicaux, Paris : l’Harmattan, 2001.

Ingold, T., « Against soundscape » In Carlyle, A., (Ed.), *Autumn leaves: sound and the environment in artistic practice*, Paris: Double Entendre, 2007

J. Krimphoff (al.), « Caractérisation du timbre des sons complexes. Analyses acoustiques et quantification psychophysique », In *Journal de Physique IV Colloque*, 1994

Jackendoff, R., *Semantics and Cognition*, London: MIT Press, 1983

Jekosch, U., « Assigning meaning to Sounds-semiotics in the context of product-sound design » In Jens Blauert (Ed.) *Communication acoustics*, New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005, pp. 193-222

Jensen, K.-K., *Timbre Models of Musical Sound: From the model of one sound to the model of one instrument*, København : DIKU, University of Copenhagen, 1999

Karydis , A. Nanopoulos , A. Papadopoulos , Y. Manolopoulos: « Audio Indexing for Efficient Music Information Retrieval », In *Proceedings of the 11th International Multimedia Modeling Conference*, 2005, pp.22-29

Katz, D., *Gestalt Psychology. Its Nature and Significance*, New York: The Ronald Press Company, 1950

Kelkel, M., *Alexandre Scriabine : un musicien à la recherche de l'absolu*, Paris : Fayard, 1999

Keller, D. et Capasso, A., « New concepts and techniques in eco-compositon », In *Organised Sound* Vol. 11(1), pp.55-62.

Keller, D., *Touch'n'go : Ecological Models in Composition* (Master of Fine Arts Thesis), Burnaby, BC : Simon Fraser University, 1999

Klein, E. et Lachièze-Rey, M., *La quête de l'unité. L'aventure de la physique*, Paris : Éditions Albin Michel S.A., 1996

Koffka, K., « Zur Grundlegung der Wahrnehmungspsychologie », In *Eine Auseinandersetzung mit V. Benussi*, Zts. F. ; Psych., 1915

Krause, B., « Bioacoustics: habitat ambience in ecological balance », *Whole Earth Rev* Vol. 57, 1987, pp.14–18

Krause, B., « The Niche Hypothesis: A virtual symphony of animal sounds, the origins of musical expression and the health of habitats », In *The Soundscape Newsletter* n°6, 1993. [Version en ligne] : <https://www.researchgate.net/publication/269278107>, site consulté le 14 janvier 2019

Krause, B., *Chansons animales et cacophonie humaine. Manifeste pour la sauvegarde des paysages sonores*, Londres : éditions Gallmeister, Yale University Press, 2015

Krause, B., *The Great Animal Orchestra. Finding the Origins of Music in the World's Wild Places*, New York : Little, Brown and Company, 2012

Kunt, M., *Traitement numérique des signaux* », Paris : Dunod, 1981

Küpper, L., « Le temps audionumérique », In C. Clozier and F. Barrière, (éds), *Les actes d'académie de musique électroacoustique*, Bourges : Institute International de Musique Electroacoustique de Bourges, 2000, pp. 94-115

LaBelle, B., *Background noise* (2006), New York: Continuum International Publishing Group, 2^{ème} édition, 2012

Laloy, L., *Aristoxène de Tarente et la musique de l'antiquité*, Paris : Société française d'imprimerie et de librairie, Ancienne Librairie Lecène, 1904 [version digitalisée] The internet archive — Université de Toronto, site web www.archive.org/details/aristoxnedetar00lalo, site consulté le 22 octobre 2018

Landy, L., *Understanding the Art of Sound Organization*, London: MIT Press, 2007

Lartillot, O. et Assayag, G., « Modélisation et simulation du système complexe de perception de structures musicales », In Ayari, M. (éd. scientifique), *De la théorie de l'art de l'improvisation. Analyse de performances et modélisation musicale*, N°1, Paris : Delatour France, 2006

Lartillot, O., « Analyser sans réduire : un modèle cognitif d'induction d'analogies », In Jean Marc Chouvel, et Fabien Lévy (éd.), *Observation, Analyse, Modèle : Peut-on parler d'art avec les outils de la science ?*, Paris : L'Harmattan / Les cahiers de l'Ircam, 2002

Lartillot, O., Toiviainen, P., « A Matlab Toolbox for Musical Feature Extraction from Audio », In *Proc. of the 10th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx-07)*, Bordeaux, 2007

Leclère, F., *Harmonie et courbure du temps*, Paris : Éditions TUM/Michel de Maule, 1994

Le Moigne, J.-L., *La modélisation des systèmes complexes* (1990), Deuxième édition, Paris : Dunod, 1999

Leleu, J.-L. et Decroupet, P. (éds.), *Pierre Boulez. Techniques d'écriture et enjeux esthétiques*, Genève : Éditions Contrechamps, 2006

Léothaud, G., *Cours d'acoustique musicale* (1993), Cité par Lévy, F., *Le compositeur, son oreille et ses machines à écrire : déconstruire les grammatologies du musical pour mieux les composer*. 1 vol. Musicologies. Paris: Vrin, 2013

Lerch, A., *An Introduction to Audio Content Analysis. Applications in Signal Processing and Music Informatics*, NJ: Wiley-Hoboken, 2012

Lerdahl, F. « Structure de prolongation dans l'atonalité », In McAdams, S. et Deliège, I. (éds.), *La musique et les sciences cognitives : actes du Symposium sur la musique et les sciences cognitives, 14-18 mars 1988, Centre National d'Art et de Culture « Georges Pompidou »*, Bruxelles : Éditions Mardaga, 1989

Lerdahl, F., « Prolonging the Inevitable », In *Revue Belge de Musicologie / Belgisch Tijdschrift Voor Muziekwetenschap* Vol. 52, 1998. [Version en ligne] : <https://doi.org/10.2307/3686931>

Lerdahl, F., et Ray Jackendoff. *A Generative Theory of Tonal Music*. Cambridge, Mass. London: the MIT press, 1983

Leroux, P. et Bruno, C., « Musique Contemporaine : Une solution de continuité », In Cohen-Levinas, D. (textes réunis par), *La Création après la musique contemporaine*, Paris : L'Harmattan, 1999

Lévy, F., *Le compositeur, son oreille et ses machines à écrire. Déconstruire les grammatologies du musical pour mieux les composer*, Paris : Librairie Philosophique Vrin, 2013

Licklider, J.C.R., « A duplex theory of pitch perception », In *Experientia* (Basel), N° 7(4), 1951, pp.128-134

Lidov, D., *Is Language a Music? : Writings on Musical Form and Signification. Musical Meaning and Interpretation*, Bloomington : Indiana University Press, 2005.

Ligeti, G., *Neuf essais sur la musique*, traduit de l'allemand par Catherine Fourcassié, Genève : Contrechamps, 2001

Logan, B., « Mel Frequency Cepstral Coefficients for Music Modeling », In *ISMIR 2000 Conference Proceedings*, 2000

Lotman, J., Uspenskij, B., Ivanov, V., Toporov V. et Pjatigorskij, A., « Theses on the Semiotic Study of Cultures (as Applied to Slavic Texts) », In Sebeok, Th.-A. (éd.), *The Tell-Tale Sign: A Survey of Semiotics*, Lisse: Peter de Ridder Press., 1975, pp. 57-84

Loy, G., *Musimathics* Vol.2, Cambridge: The MIT Press, 2011

Luce, D.A., *Physical correlates of nonpercussive musical instrument tones* (Ph. D. dissertation), Massachusetts: MIT, 1963 (unpublished)

Mach, E. (1886), « Introduction à la théorie de la musique de Helmholtz. Présentation populaire pour les musiciens », In Bailhache (al.), *Helmholtz, du son à la musique*, Coll. Mathesis, Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 2011

Mâche, F.-B., *Musique au singulier*, Paris : éditions Odile Jacob, 2001

Malt, M. et Jourdan, E., « La « BSTD – Une représentation graphique de la brillance et de l'écart type spectral, comme possible représentation de l'évolution du timbre sonore », dans le cadre de l'édition des textes du colloque international *L'ANALYSE MUSICALE AUJOURD'HUI, Crise ou (r)évolution ?*, Université de Stransbourg/SFAM, 2009

Malt, M. et Jourdan, E., « Zsa.Descriptors: a library for real-time descriptors analysis ». In *5th Sound and Music Computing Conference, Berlin, Germany*, 5th Sound and Music Computing Conference, Berlin, 2008, pp. 134-37 [Version en ligne] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01580326>

Malt, M., *Descripteurs sonores et écriture musicale*, conférences dans le cadre du colloque *État de l'art / état d'alerte*, coordonné par Philippe Manoury, Paris : Collège de France, 6 Juin 2017. [Site web] : <https://www.college-de-france.fr/site/philippe-manoury/symposium-2017-06-06-10h15.htm>, consulté le 10 juillet 2018

Mancero, D., Bonardi, A. et Solomos, M., « Composer à partir de la modélisation harmonique des Soundscape Compositions : quels enjeux pour l'analyse fonctionnelle des objets sonores ? » In *Actes des Journées d'Informatique Musicale JIM*, 2017, Paris. [Version en ligne] : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01652361>

Marmaroli, P., *Catégorisation des sons de matériaux frappés : approche perceptive et statistique* (Mémoire de fin d'études), Toulon : Institut Supérieur de l'Électronique et du Numérique, 2008

Marty, N., *Identification sonore, stratégies d'écoute et narrativités. L'exemple de Journey into Space (1972) de Trevor Wishart* (mémoire de Master Recherche), Paris : Université de Paris Sorbonne, 2012

Matthews, M. & Pierce, J. R., « Harmony and non harmonic partials », In *Journal of the Acoustic Society of America*, No. 68, 1980, pp.1252-1257

Maturana, H., Varela, F., *The Tree of Knowledge: Biological Roots of Human Understanding*, Boston: Shambala, 1992

McAdams, S et Bigand, E., *Penser les sons. Psychologie cognitive de l'audition*, Paris : Presses Universitaires de France, 1994

McAdams, S., « Contraintes psychologiques sur les dimensions porteuses de forme en musique », In McAdams, S. (al.), *La musique et les sciences cognitives : actes du Symposium sur la musique et les sciences cognitives, 14-18 mars 1988, Centre National d'Art et de Culture « Georges Pompidou »*, Bruxelles : Mardaga, 1989, pp.257-283

McAdams, S., Bigand, E., *Penser les sons. Psychologie cognitive de l'audition*, Paris : Presses Universitaires de France, 1994

McAdams, S., et Deliège, I. (éds.), *La musique et les sciences cognitives : actes du Symposium sur la musique et les sciences cognitives, 14-18 mars 1988, Centre National d'Art et de Culture « Georges Pompidou »*, Bruxelles : Mardaga, 1989

McAdams, S., *Perception et cognition de la musique*, Paris : Librairie Philosophique J. VRIN, 2015

Meeùs, N., « Les rapports associatifs comme déterminants du style » In *Analyse Musicale* 32, 2^e édition, juillet 1993

Meeùs, N., *Heinrich Schenker: une introduction. Musique musicology* (coll.), Liège : Mardaga, 1993

Meric, R. et Solomos, M., « Analysing Audible Ecosystems and Emergent Sound Structures in Di Scipio's Music », In *Contemporary Music Review*, Taylor & Francis (Routledge), 2014.

Mersenne, M., *Harmonie universelle contenant la théorie et la pratique de la musique... par F. Marin Mersenne...* 2 vol. Paris : S. Cramoisy, 1636

Meyer-Eppler, W., « Zur Systematik der elektrischen Klangtransformation », In *Darmstadter Beiträge zur Neuen Musik III*, Mainz : Schott, 1960

Miereanu, C. « Stratégies du discontinu. Vers une forme musicale accidentée », In *Les universaux en musique : actes du quatrième Congrès international sur la signification musicale*, Paris: Publications de la Sorbonne, 1998

Miereanu, C., *Fuite et conquête du champ musical*, Paris : Méridiens Klincksieck, 1995

Mill, J.S., *A System of Logic*. New York: Harper (2nd edition), 1874

Miller, J., et Carterette, E., « Perceptual Space for Musical Structures », In *Journal of the Acoustic Society of America*, Vol. 58, No. 3, 1975, pp. 711-720

- Molino, J., *Le singe musicien. Sémiologie et anthropologie de la musique*. Paris : Actes Sud/INA, 2009
- Moore, A., *Rock: the Primary Text*, Buckingham: Open University Press, 1992
- Moore, B, Glasberg, B and Baer, T. « A Model for Prediction of Thresholds, Loudness, and Partial Loudness Model », In *Journal of the Audio Engineering Society*, Vol. 45, 1997
- Moorer, J. A., « On the transcription of musical sound by computer », In *Computer Music Journal*, 1(4), 1977, pp. 32-38
- Morin, E., *La méthode*, Tome I, Paris : Éd. Du Seuil, 1977-2004
- Morin, E., *La vie de la vie*, Paris : Seuil, 1980
- Morris, C., *Signs, Language and Behavior*, New York: Prentice-Hall, 1946
- Narmour, E. *Beyond Schenkerism: The Need for Alternatives in Music Analysis*, London: the University of Chicago press, 1977
- Narmour, E., « Some Major Theoretical Problems Concerning the Concept of Hierarchy in the Analysis of Tonal Music » In *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, Vol. 1(2), 1983
- Nattiez, J.-J., *De la sémiologie à la musique*. Les Cahiers du Département d'études littéraires n° 10, Montréal : Université du Québec à Montréal, 1988
- Nattiez, J.-J., *Musicologie générale et sémiologie*. Collection Musique passé-présent, Paris : C. Bourgeois, 1987.
- Nicolas, F., « Variations hétérophoniques sur l'idée de révolution », *Les enjeux du projet hétérophonies/68*, communication à l'IRCAM, 29 avril 2017. [Version en ligne] : <http://www.entretiens.asso.fr/2016-2017/> site consulté le 22 octobre 2018
- Nordmark, J., « Time and Frequency Analysis » In Tobias, J., *Foundations of Modern Auditory Theory, Vol 1*, New York: Academic Press Inc., 1970, pp.57-84
- Ogden, C., Richards, I., Crookshank, F. and Malinowski, B., *The Meaning of Meaning: A Study of the Influence of Language upon Thought and of the Science of Symbolism*, London: Kegan Paul, Trench, Trubner and Co, 1923
- Oliveros, P., *Deep Listening: A Composers's Sound Practice*. New York Shanghai: iUniverse, 2005
- O'Shaughnessy, D., *Speech communication: human and machine*, Mass: Addison-Wesley, 1987
- Osmond-Smith, S., « Entre la musique et le langage : vue depuis le pont ». In McAdams, S. (al.), *La musique et les sciences cognitives : actes du Symposium sur la musique et les sciences cognitives, 14-18 mars 1988, Centre National d'Art et de Culture « Georges Pompidou »*, Bruxelles : Mardaga, 1989
- Paget, A., et Cartier, E., *Examen et défense du système de Fourier, par Amédée Paget et E. Cartier*. Paris : Librairie sociétaire, 1844

Palisca, C., « Consonance », In *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*, Stanley Sadie (Éd.), London: McMillan Publishers, 1980, t. IV

Pardo Salgado, C., *Approche de John Cage. L'écoute oblique*, Paris : L'Harmattan, 2007

Parncutt, R. et Strasburger, H., « Applying Psychoacoustics in Composition: “Harmonic” Progressions of “Nonharmonic Sonorities” », In *Perspectives of New Music*, Vol. 32(2), 1994, pp.88-129

Parncutt, R., *Harmony: A Psychoacoustical Approach*, Berlin: Springer-Verlag, 1989

Peeters, G., *A large set of audio features for sound description (similarity and classification) in the CUIDADO project*, Report –Audio Description, Paris : Ircam, 2004

Petitot, J., « Perception, cognition et objectivité morphologique » In McAdams, S. (al.), *La musique et les sciences cognitives : actes du Symposium sur la musique et les sciences cognitives, 14-18 mars 1988, Centre National d'Art et de Culture « Georges Pompidou »*, Bruxelles : Mardaga, 1989

Pijanowski, B. (al.) « What is soundscape ecology? An introduction and overview of an emerging science », In *Landscape Ecology*, vol. 26(9), 2011

Pistrick, E., Isnart, C., « Landscapes, soundscapes, mindscapes: introduction », In *Etnográfica, Revista do Centro em Rede de Investigação em Antropologia*, vol. 17(3), 2013

Plomp, R. and Levelt, W.J.M., « Tonal Consonance and Critical Bandwidth », In *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 38, 1965, pp. 548-560

Plomp, R., and Steenecken, H. J. M., « Pitch versus timbre », In *Proceedings of the 7th International Congress on Acoustics* Vol. 3, Budapest, 1971, pp. 377-380

R. Plomp, « Detectability threshold for combination tones », In *The Journal of the Acoustical Society of America*, n° 37, 1965

Rabaoui, A. (al.), « Sélection de descripteurs audio pour la classification des sons environnementaux avec SVMs mono-classe », In Actes du *Colloque GRETSI*, Troyes, 2007. [Version en ligne] : http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/17470/GRETSI_2007_173.pdf?sequence=1, site consulté le 31 juillet 2018

Rameau, J.-Ph., *Génération harmonique, ou traité de musique théorique et pratique*, Paris : Prault fils (éd.), 1737.

Rameau, J.-Ph., *Traité de l'harmonie réduite à ses principes naturels ; divisé en quatre livres*, Paris : Jean-Baptiste-Christophe Ballard (éd.), 1722

Resch, B., *On Prosodic Modification of Speech* (thèse), Stockholm: Sound and Image Processing Laboratory – School of Electrical Engineering KTH, Royal Institute of Technology, 2006

Réti, Rudolph. *Rudolphe Reti. The Thematic Process in Music*, Nex York, Macmillan Company, 1951.

Riotte, A., *Formalismes et modèles musicaux*, Paris : Collection musique et Science, 2006

- Risset, J.-C. & Wessel, D., « Exploration du timbre par analyse et synthèse », In Barrière, J.-B., *Le timbre. Métaphore pour la composition*, Paris : Christian Bourgois, 1991, pp.102-133
- Risset, J.-C., « Composer le son, expériences avec l'ordinateur 1964-1989 », In *Contrechamps N°11*, 1990
- Risset, J.-C., « Hauteur, timbre, harmonie, synthèse » In Soulez, A. (al.), *Musique, Rationalité, Langage. L'harmonie : du monde au matériau*, Cahiers de philosophie du langage n°3, Paris : L'Harmattan, 1998
- Risset, J.-C., « Timbre et synthèse des sons », In Barrière, J.-B., *Le timbre. Métaphore pour la composition*, Paris : Christian Bourgois, 1991, pp.239-260
- Roads, C., & de Reydellet, J., *L'audio numérique - 3e éd., Musique et informatique*, Paris : Dunod, 2016
- Roads, C., *Microsound*, Massachusetts: The MIT Press, 2001
- Robinson, D., *Perceptual Model for Assessment of Coded Audio* (thèse doctorale), Department of Electronic Systems Engineering, University of Essex, 2002
- Rodaway, P., *Sensuous Geographies*, London: Routledge, 1994
- Rousseau, J.-J., *Dictionnaire de musique*, Paris : Chez la veuve Duchesne libraire, 1768.
- Rossignol, S. (et al.), « Automatic characterisation of musical signals: feature extraction and temporal segmentation », In *Journal of new music research*, Vol. 28(4), 1999
- Rothenberg, D., et Ulvaeus, M., *The Book of Music and Nature: An Anthology of Sounds, Words, Thoughts*. Middletown : Wesleyan University Press, 2001
- Rousseau, J.-J., *Dissertation sur la Musique moderne*, Paris : Quillau (éd.), 1743.
- Roy, S., « Analyse des œuvres acousmatiques : quelques fondements et proposition d'une méthode », In *Circuit*, 4(1-2), 1993, pp. 67-92
- Roy, S., *L'analyse des musiques électroacoustiques : modèles et propositions*, Paris : L'Harmattan, 2003
- Ruwet, N., *Langage, musique, poésie*, Collection Poétique, Paris : Ed. du Seuil, 1992
- Saussure (de), F., *Cours de Linguistique Générale*, Paris : Éd. Payot, réédition 2005
- Schaeffer, P., Reibel G., *Solfège de l'objet sonore* (1967), Paris : Ina/GRM, réédition 1998
- Schaeffer, P., *Traité des objets musicaux : essai interdisciplines*. Nouvelle édition. Pierres vives, Paris : Éditions du Seuil, 1966
- Schafer, M. (éd.), « The music of the environment N°1 of an Occasional Journal devoted to Soundscape Studies » In *Cultures I, 1*, Wien : Les éditions de la Bacconnière, 1973
- Schafer, M., « Acoustic Space » In *Circuit : musiques contemporaines*, vol. 17, n° 3, 2007
- Schafer, M., *Le son, bien entendu! Appréhender le sonore en 98 activités*, traduit par Lola Milhem, SCÉRÉN-CNDRP, Ontario : Éditions Arcana, 2011

Schafer, M., *Our Sonic Environment and the soundscape. The Tuning of the World*, Rochester: Destiny Books, 1977

Schafer, M., *The Book of Noise*, Ontario: Arcana Editions, 1998

Schafer, M., *The New Soundscape*, Ontario: BMI Canada Limited, 1969

Schafer, M., *The New Soundscape. A Handbook for the Modern Music Teacher*, Scarborough: Berandol Music Limited, 1969

Schafer, M.(al.), *A survey of Community Noise By-Laws in Canada*, World Soundscape Project Sonic Research Studio, Communication Studies, Simon Fraser University, 1972

Schafer, M., *Le paysage sonore : le monde comme musique*. Traduit par Sylvette Gleize, Collection Domaine sauvage. Paris : Éd. Wildproject, 2010.

Scheffers, M., *Sifting Vowels. Auditory pitch analysis and sound segregation*, Groningen – Pays Bas : UMCG - University of Groningen, 1983

Schensul, S. (1971), « Unethical Experimentation », In *Anthropology News*, Vol. 12(3), 2009

Schnell N., « Pipo. Plugin Interface for (Afferent Stream) Processing Objects » (communication), In *IMTR - Real Time Musical Interactions Proceedings*, Paris: IRCAM – Centre Pompidou, 2013. [Version en ligne] : <http://ismm.ircam.fr/pipo/> , site consulté le 8 août 2018

Schnell, N. et al., « Mubu & Friends. Assembling Tools for Content Based Real-Time Interactive Audio Processing in Max/MSP », In *International Computer Music Conference (ICMC)*, Montreal, 2009. [Version en ligne] : <http://ismm.ircam.fr/mubu/> , site consulté le 8 août 2018

Schnell, N. et al., « PiPo, A Plugin Interface for Afferent Data Stream Processing Modules », In *International Symposium on Music Information Retrieval (ISMIR)*, Suzhou, Chine, 2017. [Version en ligne] <https://ismir2017.smcnus.org/>, site consulté le 9 août 2017

Schoer, H. (al.), « The Sounding Museum: Towards an Auditory Anthropology », In *Soundscape. Music and Ecologies of Sound. Theoretical & practical projects for a listening of the world*. Vol.13(1), Winter/Spring 2013-2014

Schwarz, D. et Wright, M., « Extensions and Applications of the SDIF Sound Description Interchange Format », In *ICMC: International Computer Music Conference*, 1-1. Berlin, Germany, 2000. [Version en ligne] : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01161232>, site consulté le 26 octobre 2018

Schwarz, D., *New Developments in Data-Driven Concatenative Sound Synthesis*, Paris: Ircam— Centre Pompidou, Analysis-Synthesis Team, 2003

Sèdes, A., « Approche musicale de la décorrélation microtemporelle dans la bibliothèque HOA », IN *Actes des Journées d'Informatique Musicale JIM*, 2015. [version en ligne] : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01199014>, site consulté le 14 janvier 2019

Sethares, W. (1999), *Tuning, Timbre, Spectrum, Scale*, 2nd edition, London: Springer-Verlag, 2005

Simondon, G., *L'invention dans les techniques : cours et conférences*. Édité par Jean-Yves Château, Traces écrites. Paris : Éd. du Seuil, 2005.

Smalley, D., « Defining Timbre, Refining Timbre » In *Contemporary Music Review* Vol. 10(2), London: Harwood, 1994

Smalley, D., « Spectro-morphology: Explaining sound-shapes » In *Organised Sound*, 2, 1997, pp.107-126.

Smalley, D., « Spectro-morphology and Structuring Processes » In Emmerson, S. (éd.), *The Language of Electroacoustic Music*, New York: MacMillan Press, 1986

Smalley, D., *La Spectromorphologie. Une explication des formes du son* (trad. par Suzanne Leblanc et Louise Poissant, révisée par Daniel Charles), In Poissant, L., (sous la dir.), *Esthétique des arts médiatiques*, Tome 2, Québec : Presses de l'Université du Québec, 1995

Smalley, Denis. « The listening imagination: Listening in the electroacoustic era », In *Contemporary Music Review* 13, 1996

Solomos, M. (al.), *Du son aux espaces, environnement, paysage, milieu, ambiance... sonores*, 2017. [Version en ligne] : hal.archives-ouvertes.fr/hal-01537609

Solomos, M. (et al.), *Musique et écologies du son. Propositions théoriques pour une écoute du monde*, Paris : L'Harmattan, 2016

Solomos, M., « Le devenir du matériau musical au XX^{ème} siècle » In Soulez, A. (al.), *Musique, Rationalité, Langage. L'harmonie : du monde au matériau*, Cahiers de philosophie du langage n°3, Paris : L'Harmattan, 1998

Solomos, M., *De la musique au son. L'émergence du son dans la musique des XXe et XXIe siècles*, Rennes : Presses Universitaires de Rennes, 2013.

Soulez, A. et Vaggione, H., « Composer, écouter », In Solomos, M. (sous la dir.), *Espaces composites. Essais sur la musique et la pensée musicale d'Horacio Vaggione*, Paris : L'Harmattan, 2007

Stefani, G., *Introduzione alla semiotica della musica*. Coll. Prisma, Palermo: Sellerio, 1976.

Steven Turner, « The Ohm-Seebeck dispute, Hermann von Helmholtz, and the origins of physiological acoustics », In *The British Journal for the History of Science*, 10 (1977), pp. 1–24

Sturm, B., « A Survey of Evaluation in Music Genre Recognition », In *Adaptive Multimedia Retrieval: Semantics, Context, and Adaptation*, édité par Andreas Nürnberger, Sebastian Stober, Birger Larsen, et Marcin Detyniecki, Cham: Springer International Publishing, 2014. [Version online] https://doi.org/10.1007/978-3-319-12093-5_2, site visité le 17 juillet 2018

Tarasti, E. (éd.) *Musical Signification: Essays in the Semiotic Theory and Analysis of Music*. Coll. Approaches to Semiotics 121, Berlin: Mouton de Gruyter, 1994.

Terhardt, E., « The Concept of Musical Consonance: A Link between Music and Psychoacoustics », In *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, Vol. 1, N° 3

(Spring, 1984), pp.276-295

Terhardt, E., « Music Perception and Sensory Information Acquisition, Relationships and Low-Level Analogies », In *Music Perception : An Interdisciplinary Journal*, Vol. 8, N° 3 (Spring, 1991), pp.217-239

Thom, R., *Esquisse d'une Sémiophysique. Physique aristotélicienne et Théorie des Catastrophes*, Paris : InterEditions, 1988

Thoresen, L. and Hedman, A., *Emergent Musical Forms: Aural Explorations*, Ontario : University of Western Ontario, Department of Music Research and Composition, 2015

Truax, B. et Barrett, G., « Soundscape in a context of acoustic landscape ecology », In *Landscape Ecology*, Springer Science+Business Media B.V., n° 26, 2011, pp. 1202-1207

Truax, B., « Composition and diffusion: Space in sound in space », In *Organised Sound*, 3(2), 1998, pp.141-146

Truax, B., « Electroacoustic Music and the Soundscape: The Inner and Outer World », In J. Paynter, T. Howell, R. Orton & P. Seymour (eds.), *Companion to Contemporary Musical Thought*, London: Routledge, 1992

Truax, B., « Genres and Techniques of Soundscape Composition as developed at Simon Fraser University » In *Organised Sound*, 7(1), 2002

Truax, B., « Sound, Listening and Place: The aesthetic dilemma » In *Organised Sound* 17(3): 1-9, Cambridge University Press, 2011

Truax, B., « Soundscape composition as global music », In *Organised Sound*, 17(3), 2012

Truax, B., *Acoustic Communication*, Simon Fraser University, Ablex Publishing Corporation, New Jersey, 1984

Truax, B., *Soundscape Composition* (HTML Documentation), DVD-ROM #2, Cambridge Street Publishing (CSR-DVD 0901), 2009

Vaggione, H. « Représentations musicales numériques : temporalités, objets, contextes » In Soulez, A (al.), *Manières de faire des sons : musique-philosophie*, Collection Musique-philosophie, Paris : l'Harmattan, 2010

Vaggione, H., « Composition musicale et moyens informatiques : questions d'approche » In Solomos, M. (al.), *Formel/Informel : musique-philosophie*, Paris : l'Harmattan, 2003

Van Noorden, L.P.A.S., *Temporal coherence in the perception of tone sequences* (Ph.D. thesis), Eindhoven University of Technology, 1975

Vautrin, C., « Du bon usage de la science pour la théorie musicale. Les hommages rendus à Helmholtz » In Bailhache, P. (al.), *Helmholtz. Du son à la musique*, Paris : Librairie Philosophique J. Vrin, 2011

Velly, J.-J. (textes réunis par), *Le Dessous des notes. Voies vers l'ésosthétique. Hommage au professeur Manfred Kelkel*, Paris : Presses de l'Université de Paris-Sorbonne, 2001

Von Bismark, G., « Timbre of steady sounds: a factorial investigation of its verbal attributes », In *Acustica*, 30, 1974, pp.146-159

Von Helmholtz, H., *Théorie physiologique de la musique fondée sur l'étude des sensations auditives*. Traduit par Georges Guérout, [nouvelle édition] Paris : G. Masson, 1874

Vrabie, V. et *a.l.*, « Spectral Kurtosis: from definition to application », In *6th IEEE International Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing*, Grado-Trieste : 2003

Warren, W. H., and Verbrugge, R. R., « Auditory perception of breaking and bouncing events: A case study of ecological acoustics », In *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Vol. 10, 1984, pp. 704-712

Wedin, L. and Goude, G., « Dimension Analysis of the Perception of Instrumental Timbre » , In *Scandinavian Journ. Psych.*, Vol. 13, 1973, pp. 228-240

Wersinger, A., *L'usage des amphibologies dans les dialogues de Platon, l'interprétation pré-philosophique de la différence*, Lille : A.N.R.T, 1992

Wersinger, A., *La sphère et l'intervalle : le schème de l'harmonie dans la pensée des anciens Grecs d'Homère à Platon*, Grenoble : Éditions Jérôme Million, 2008

Wessel, D., « Psychoacoustics and music: A Report from Michigan State University », In *Bulletin of the Computers Arts Society*, 1973

Wessel, D., « Space as Musical Control Structure », In *Computer Music Journal*, Vol. 3, No. 2, 1979, pp. 45-52

Westerkamp, H., *Listening and soundmaking: a study of music-as-environment* (thèse), British Columbia : Simon Fraser University Master of Arts, 1988

Winckel, F., *Music, Sound, and Sensation*, New York: Dover Publications, 1967

Wishart, T., *Audible design*, York: Orpheus The Pantomime, 2000

Wyschnegradsky, I., *La loi de la pansonorité*, Genève : éditions Contrechamps, 1996

Zils, A., *Extraction de descripteurs musicaux : une approche évolutionniste* (Thèse de Doctorat), Université Paris 6, 2004

Zwicker, E. & Terhardt, E., « Analytical expressions for critical-band rate and critical bandwidth as a function of frequency », In *The Journal of the Acoustical Society of America*, Volume 68(5), November 1980, pp.1523-1525

Webographie

Agostini, A. et Ghisi, D., Librairie Bach [en ligne], consulté le 4 octobre 2018. URL : <http://www.bachproject.net/bach/>

Audition - Oreille – Cochlée. Cochlea [en ligne], consulté le 13 avril 2018. URL : <http://www.cochlea.eu>

Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales [en ligne], consulté le 27 avril 2018. URL : <http://www.cnrtl.fr/lexicographie/armon>

Dauby, Y., Nous les défunts [en ligne], site consulté le 21 août 2018. URL : <https://www.douban.com/group/topic/4243634/>

Dictionnaire « Sensagent » [en ligne], consulté le 31 janvier 2019. URL : <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Cepstre/fr-fr/>

Encyclopedia of Mathematics — définition scientifique du terme « moment » : <http://www.encyclopediaofmath.org/index.php?title=Moment&oldid=25957>

Encyclopédie fracademic [en ligne], consulté le 21 septembre 2018. URL : http://encyclogpedie_universelle.fracademic.com/9304

Guillemette L. et Lévesque C., *Gérard Genette : Narratologie / Signo – Théories sémiotiques appliquées*. Signosemio [en ligne], consulté le 26 avril 2018. URL : <http://www.signosemio.com/genette/narratologie.asp>

Identité de Rayleigh, Encyclopédie *Academic* [en ligne], consulté le 6 février 2018. URL : <http://fracademic.com/dic.nsf/frwiki/809270>

L'orthogonalité dans l'espace, keepschool [en ligne], consulté le 6 février 2018. URL : <http://keepschool.com/fiches-de-cours/lycee/math/orthogonalite-dans-espace.html>

Librairie de traitement de structures de données complexes développée par l'équipe d'interactions musicales temps réel de l'Ircam, Ftm&Co [en ligne], site consulté le 7 janvier 2019. URL : http://ftm.ircam.fr/index.php/Main_Page

Malt, M., « Descripteurs sonores et écriture musicale », conférences dans le cadre du colloque *État de l'art / état d'alerte*, coordonné par Philippe Manoury, Paris : Collège de France, 6 Juin 2017 [en ligne], consulté le 10 juillet 2018. URL : <https://www.college-de-france.fr/site/philippe-manoury/symposium-2017-06-06-10h15.htm>

MEAPsoft — Computers Doing Strange Things with Audio [en ligne], consulté le 10 juillet 2018. URL : www.meapsoft.com

Mxj Java in Max [en ligne], site consulté le 10 juillet 2018. URL : <https://docs.cycling74.com/max5/refpages/max-ref/mxj.html>

Peter McCullagh, department of Statistics – University of Chicago [en ligne], consulté le 25 avril 2018. URL : <http://www.stat.uchicago.edu/~pmcc/courses>

Pierre Couprie, EAnalysis [En ligne], consulté le 24 avril 2018. URL : <http://logiciels.pierrecouprie.fr/>

Pierre Couprie, Glossaire, Ears – ElectroAcoustic Resource Site [en ligne], consulté de 6 février 2018. URL : <http://ears.pierrecouprie.fr>

Pipo, Plugin API pour le traitement et pour l'analyse multimodale de données multidimensionnelles, PiPo [en ligne], consulté le 9 octobre 2018. URL : <http://ismm.ircam.fr/PiPo/>

Place, T., Tutoriaux java for Max/MSP [en ligne], consulté le 12 janvier 2017. URL : <https://cycling74.com/author/77/#.WHdvypLtuRs>

SDIF, Sound Description Interchange Format [en ligne], consulté le 8 août 2018. URL : <http://sdif.sourceforge.net/>

Terhardt, E., Virtual Pitch [en ligne], consulté le 18 octobre 2018. URL : <http://www.mmk.ei.tum.de/fileadmin/w00bqn/www/Personen/Terhardt/ter/top/virtualp.html>

Truax, B., Pendlerdrøm [en ligne], consulté le 12 janvier 2016. URL : <http://www.sfu.ca/sonic-studio/excerpts/Pendler1A.mp3>

Westerkamp, H., Beneath the Forest Floor [en ligne], consulté le 21 août 2018. URL : https://www.sfu.ca/~westerka/program_notes/forestfloor.html

Westerkamp, H., Gently Penetrating Beneath the Sounding Surfaces of Another Place [en ligne], consulté le 29 juin 2018. URL : https://www.sfu.ca/~westerka/program_notes/penetrate.html

Table des matières

RESUME	3
ABSTRACT	5
REMERCIEMENTS	6
I. INTRODUCTION	9
PREMIERE PARTIE	15
II. LE TERRITOIRE DES « SOUNDSCAPE COMPOSITIONS »	16
II.1 LES PRECEPTES DE L'ÉCOLOGIE ACOUSTICO-SONORE.....	18
II.1.1 <i>Les rudiments de l'écologie acoustico-sonore</i>	19
II.1.2 <i>The World Soundscape Project</i>	23
II.1.3 <i>« Clairaudience » et les principes du design acoustique</i>	26
II.1.4 <i>Le paysage sonore</i>	29
II.1.5 <i>Les spécificités de l'écologie acoustico-sonore</i>	40
II.2 SOUNDSCAPE COMPOSITIONS : ENTRE LA MUSIQUE ET LES ARTS SONORES.....	42
II.2.1 <i>L'espace sonore</i>	43
II.2.2 <i>La communauté acoustique</i>	51
II.2.3 <i>Le modèle de transfert d'énergie</i>	54
II.2.4 <i>L'espace sonore et le timbre</i>	55
II.2.5 <i>L'espace de timbres</i>	58
II.2.6 <i>Les représentations auditives</i>	59
II.3. LES ELEMENTS CARACTERISTIQUES DU PAYSAGE SONORE.....	62
II.4 DEFINIR LES CfPS SELON LA GESTALT-THEORIE.....	67
II.5 OBJET SONORE, EVENEMENT SONORE ET MORPHOLOGIE.....	74
II.5.1 <i>La typomorphologie de l'objet sonore</i>	76
II.5.2 <i>La spectromorphologie de l'événement sonore</i>	79
II.5.3 <i>Les modes relationnels spectromorphologiques</i>	81
II.5.4 <i>La morphologie des événements sonores au sein de la CfPS</i>	82
CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE	84
PREMIER INTERLUDE	87
DEUXIEME PARTIE	88
III. L'ANALYSE DES COMPOSITIONS FONDEES SUR LE PAYSAGE SONORE	89
III.1 SOURCE SONORE ET MORPHOLOGIE. ENTRE LE CONTINU ET LE DISCONTINU	92
III.2. METHODOLOGIE D'ANALYSE ET PERTINENCE.....	95
III.2.1 <i>Saillances perceptives et prégnances. Une proposition pour l'analyse des CfPS</i> ..	98
III.2.2 <i>Repérage et caractérisation des matériaux de base de la CfPS</i>	101
III.2.3 <i>Dispositif de caractérisation des CfPS</i>	103
III.3 CLASSIFICATION MORPHOLOGIQUE DES EVENEMENTS SONORES SAILLANTS	108
III.3.1 <i>Le paradoxe de l'objet sonore</i>	108
III.3.2 <i>Les limitations sémiologiques de la classification typomorphologique et la notion de hiérarchie</i>	110
III.3.3 <i>L'analyse paradigmatique des événements sonores</i>	113

III.4 METHODOLOGIE DE CATEGORISATION TYPOMORPHOLOGIQUE DES <i>CFPS</i>	118
III.4.1 Morphologie et principe de double organisation : l'analyse fonctionnelle du paysage sonore	118
III.4.2 La notion fonctionnelle de « hiérarchie ».....	121
III.4.3 Système de catégorisation typomorphologique et d'analyse fonctionnelle	123
III.5 CONSOLIDATION D'UN CORPUS REPRESENTATIF DES <i>CFPS</i>	127
III.5.1 Recensement bibliographique de <i>CfPS</i>	127
III.5.2 Recensement discographique de <i>CfPS</i> et processus de sélection	128
III.6 SEGMENTATION DES FLUX AUDIO : UN PREMIER OUTIL POUR MODELISER L'ARTICULATION AU SEIN DES <i>CFPS</i>	131
III.6.1 Développement d'outils de segmentation audio	133
III.6.2 Les conditions de saillance.....	139
III.6.3 La pertinence des spécificités acoustiques	142
CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE.....	147
DEUXIEME INTERLUDE	150
TROISIEME PARTIE	151
IV. LES CRITERES D'ARTICULATION MUSICALE AU SEIN DE LA <i>CFPS</i>	152
IV.1 LES SPECIFICITES ACOUSTIQUES COMME CRITERES D'ARTICULATION.....	155
IV.1.1 Les descripteurs acoustiques	156
IV.2 SELECTION DE DESCRIPTEURS ACOUSTIQUES ADEQUATS POUR L'ETUDE DES <i>CFPS</i> ...	159
IV.3 SEGMENTATION MULTIDIMENSIONNELLE ET STRATEGIES DE <i>CFPS</i>	169
IV.3.1 Trois analyses structurel-fonctionnelles	173
IV.4 SCHEMA DE MODELISATION FONCTIONNELLE DES <i>CFPS</i>	208
IV.4.1 La phase temporelle et le profil dynamique des événements sonores saillants.....	209
IV.4.2 Les dimensions paramétriques de la masse sonore	211
IV.4.3 Le champ hétérophonique et les modes relationnels spectromorphologiques	212
CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE	215
TROISIEME INTERLUDE	218
QUATRIEME PARTIE	219
V. LA NATURE HETEROPHONIQUE DES <i>CFPS</i> : ANALYSE HARMONIQUE ET MODELISATION POÏETIQUE	220
V.1 LA NOTION D'HETEROPHONIE	224
V.2 HARMONIE, HARMONICITE ET THEORIE HARMONIQUE	227
V.2.1 Le sens étymologique d'harmonie.....	229
V.2.2 Nature physique et nature esthétique : la notion de consonance.....	232
V.2.3 Perception acoustique et analyse harmonique.....	237
V.3 ANALYSE HARMONIQUE ET SERIES DE FOURIER	240
V.3.1 La transformation de Fourier	241
V.3.2 La transformation de Fourier discrète.....	243
V.3.3 La transformation de Fourier rapide (FFT)	245
V.4 ANALYSER LE CARACTERE HETEROPHONIQUE DES EVENEMENTS SONORES	249
V.5 DE L'HARMONIE A L'HETEROPHONIE : LA MODELISATION POÏETIQUE DES <i>CFPS</i>	282
CONCLUSION DE LA QUATRIEME PARTIE	290
QUATRIEME INTERLUDE	293

CINQUIEME PARTIE	294
VI. MODELISER LE SYSTEME HETEROPHONIQUE DES CFPS	295
VI.1 MODELISATION POÏETIQUE ET ECRITURE MUSICALE	298
VI.1.2 <i>Modèle poïétique du champ hétérophonique</i>	299
VI.1.2 <i>Le paysage sonore en tant que système complexe</i>	302
VI.1.3 <i>Modélisation poïétique à partir d'une grille de distribution hétérophonique : Chant Elliptique n°2 pour harpe celtique et électronique</i>	304
VI.1.4 <i>Modèle hétérophonique par engendrement harmonique et synthèse sonore : « la rugosité de la nuit » pour accordéon et dispositif électroacoustique</i>	314
VI.2 REPRESENTATION SYNTAXIQUE DES MODES DE RELATION SPECTROMORPHOLOGIQUE : LE SYSTEME HETEROPHONIQUE ET LA NOTION D'ORGANISATION	321
VI.2.1 <i>Modèle d'écriture hétérophonique par alternance et superposition de collections sonores typologiques : « Turgescences » pour flûte, mandoline et guitare</i>	322
VI.2.2 <i>Représentation des modes relationnels par superposition de collections sonores typologiques</i>	327
VI.3 L'INSTANCIATION DU CONTINUUM SONORE COMME STRATEGIE DE MODELISATION DU PAYSAGE SONORE : LES REPRESENTATIONS AUDITIVES A COURT TERME	330
VI.3.1 <i>« Estambre Urdido » pour ensemble de cinq percussionnistes</i>	331
VI.3.2 <i>Implémentation d'un module de contrôle automatisé de la fréquence d'analyse harmonique</i>	338
VI.3.3 <i>Retracer le profil dynamique du paysage sonore à partir de la variation spectrale</i>	342
VI.4 ÉCRITURE HETEROPHONIQUE ET REPRESENTATION SYNTAXIQUE DES MODES D'INTERACTION SPECTROMORPHOLOGIQUE.	345
VI.4.1 <i>Une interprétation syntagmatique de la théorie des niches écologiques</i>	346
VI.4.2 <i>« Épenthèse » pour clarinette basse et harpe à pédales</i>	346
VI.4.3 <i>Considérations de composition musicale soulevées par quelques aspects issus de la théorie de niches</i>	350
VI.4.4 <i>Phases temporelles et instanciation analytique</i>	356
VI.4.5 <i>« FluxAnalyzer » : dispositif d'instanciation à deux niveaux</i>	358
CONCLUSION DE LA CINQUIEME PARTIE	364
CONCLUSION	366
ANNEXES	375
ANNEXE 1 DOUZE ANALYSES TYPOLOGIQUES / STRUCTURELLES DE LA CFPS	376
ANNEXE 2 ANALYSE TYPOLOGIQUE-DESCRIPTIVE DE DOUZE CFPS REPRESENTATIVES	389
Annexe 2.1 <i>Sud (partie 1) — Jean Claude Risset (1985)</i>	390
Annexe 2.2 <i>Beneath the Forest Floor — Hildegard Westerkamp (1996)</i>	394
Annexe 2.3 <i>Pacific Fanfare — Barry Truax (1996)</i>	397
Annexe 2.4 <i>Pendlerdrøm — Barry Truax (1997)</i>	398
Annexe 2.5 <i>Untitled Music for Geography — Francisco López (1997)</i>	401
Annexe 2.6 <i>Gently Penetrating Beneath the Sounding Surfaces of Another Place — Hildegard Westerkamp (1998)</i>	404
Annexe 2.7 <i>Island — Barry Truax (2000)</i>	406
Annexe 2.8 <i>Metrophonie — Damián Keller (2005)</i>	409
Annexe 2.9 <i>Double Glazed — Camille Hannan (2007)</i>	411
Annexe 2.10 <i>Untitled #203 — Francisco López (2007)</i>	413
Annexe 2.11 <i>Airport Symphony, 1 Brief Life — Christopher Charles (2007)</i>	414
Annexe 2.12 <i>Nous, les défunts — Yannick Dauby (2016)</i>	416

ANNEXE 3 LISTES BIBLIOGRAPHIQUES ET DISCOGRAPHIQUES DU REPERTOIRE DE CFPS	420
<i>Annexe 3.1 Liste d'ouvrages théoriques — recensement bibliographique des CfPS</i>	421
<i>Annexe 3.2 Liste d'ouvrages théoriques — recensement bibliographique des CfPS</i>	422
<i>Annexe 3.3 Terminologie de recherche bibliographique</i>	423
<i>Annexe 3.4 Liste liminaire de compositeurs fondés sur le paysage sonore</i>	423
<i>Annexe 3.5 Liste d'œuvres de Barry Truax et de Hildegard Westerkamp</i>	424
<i>Annexe 3.6 Liste d'œuvres étudiées pendant le processus de sélection</i>	425
ANNEXE 4 OUTILS ET DISPOSITIFS D'ANALYSE ET DE SEGMENTATION POUR L'ETUDE MUSICALE DES CFPS.....	427
<i>Annexe 4.1 Patch de calcul des pics de Dirac en corrélation avec l'adresse temporelle des saillances repérées</i>	428
<i>Annexe 4.2 Code java — module de lissage et d'atténuation des hautes fréquences</i>	429
<i>Annexe 4.3 Module de normalisation et d'analyse par calcul de pics d'amplitude</i>	430
<i>Annexe 4.4 Module de déclaration des variables d'analyse</i>	430
<i>Annexe 4.5 Dispositif (module) de localisation de pics d'amplitude</i>	431
<i>Annexe 4.6 Patch de segmentation des événements sonores selon leur densité et amplitude (adaptation de l'outil Meapsoft 4)</i>	432
<i>Annexe 4.7 Liste détaillée des descripteurs LibXtract</i>	433
ANNEXE 5 DOUZE ANALYSES COMPARATIVES AXEES SUR L'INCIDENCE DES SPECIFICITES ACOUSTIQUES DANS LA STRUCTURE MUSICALE DES CFPS.....	435
<i>Annexe 5.13 Détail du dispositif de description acoustique</i>	448
<i>Annexe 5.14 Détail du dispositif de segmentation par description acoustique</i>	448
<i>Annexe 5.15 Analyse des pics de fréquence sur une fonction sinusoïdale courte (400Hz - 3 secondes)</i>	449
ANNEXE 6 BANQUE D'OUTILS DEVELOPPES EN MAX/MSP POUR L'ANALYSE COMPARATIVE DES SAILLANCES ACOUSTIQUES.....	450
<i>Annexe 6.1 Outil d'analyse comparative des saillances au niveau acoustique</i>	451
<i>Annexe 6.2 Module de lecture des saillances perçues et annotées en EAnalysis (Max/MSP)</i>	452
<i>Annexe 6.3 Routage des données concernant la structure globale des CfPS</i>	453
<i>Annexe 6.4 Exemple de correspondance (au niveau micro) entre un point d'articulation par amplitude et une saillance du type Zx</i>	454
<i>Annexe 6.5 Exemple de correspondance (au niveau micro) entre un point d'articulation par kurtosis et une saillance du type T</i>	455
ANNEXE 7 MODELE A TROIS PHASES DES CFPS	456
<i>Annexe 7.1 Les six figures élémentaires du profil dynamique</i>	457
<i>Annexe 7.2 Les points angulaires caractéristiques</i>	457
<i>Annexe 7.3 Modèle référentiel d'instanciation</i>	457
ANNEXE 8 NOTIONS MATHÉMATIQUES DE BASE DANS L'IMPLEMENTATION DE LA METHODE D'ANALYSE HARMONIQUE PAR DESAGREGATION EN SERIES DE FOURIER.....	458
<i>Annexe 8.1 Principes de base de l'égalité de Parseval</i>	459
<i>Annexe 8.2 Algorithme de Cooley et Tukey : les deux suites de N/2 valeurs, selon la parité de la fonction</i> :	459
<i>Annexe 8.3 Les Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC)</i>	460
ANNEXE 9 OUTILS D'ANALYSE HARMONIQUE POUR LA MODELISATION DE L'ESPACE HETEROPHONIQUE DES CFPS	461
<i>Annexe 9.1 Module de création d'une collection de fréquences instanciées et de synchronisation des indexes de lecture</i>	462
<i>Annexe 9.2 Processus d'acheminement des pics fréquentiels vers la fenêtre de visualisation</i>	463
<i>Annexe 9.3 Calcul des racines d'un polynôme par la méthode de Bairstow (LPC)</i>	463

<i>Annexe 9.4 Calcul de la distance de prédiction linéaire (LPC)</i>	464
<i>Annexe 9.5 Fenêtre du réglage des paramètres d'analyse de l'effet de masquage — Logiciel Audiosculpt 3.4.5</i>	464
ANNEXE 10 COMPOSITION MUSICALE A PARTIR DE LA MODELISATION DE L'ESPACE HETEROPHONIQUE DES CFPS	465
<i>Annexe 10.1 Partition de l'œuvre « Chant elliptique n°2 » pour harpe celtique et dispositif électroacoustique</i>	466
<i>Annexe 10.2 Partition de l'œuvre « La rugosité de la nuit » pour accordéon et dispositif électroacoustique</i>	473
<i>Annexe 10.3 Schéma du dispositif de manipulation électroacoustique — « La rugosité de la nuit »</i>	483
<i>Annexe 10.4 Partition de l'œuvre « Turgescences » pour flûte, mandoline et guitare</i>	484
<i>Annexe 10.5 Structure formelle de « Turgescences » pour flûte, mandoline et guitare...</i>	493
<i>Annexe 10.6 Système d'engendrement harmonique — « Turgescences »</i>	493
<i>Annexe 10.7 Partition de l'œuvre « Estambre Urdido » pour ensemble de cinq percussionnistes</i>	495
<i>Annexe 10.8 Partition de l'œuvre « Épenthèse » pour clarinette basse et harpe à pédales</i>	514
BIBLIOGRAPHIE	532
WEBOGRAPHIE	550
TABLE DES MATIERES	552